



Facultad Geología y Minas
Departamento de Geología

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

Ingeniero Geólogo

Título: Evaluación de la vulnerabilidad de geositios
en Santiago de Cuba frente a riesgos geológicos y
antropogénicos.

Autor: Oneidis Calunga La O

Tutores: Dr. C. Yurisley Valdes Mariño

PENSAMIENTOS

‘La libertad, Sancho, es uno de los más preciosos dones que a los hombres dieron los cielos; con ella no pueden igualarse los tesoros que encierran la tierra y el mar: por la libertad, así como por la honra, se puede y debe aventurar la vida’.

‘Don Quijote de La Mancha’



DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a todos aquellos que valoran y aprecian la belleza y el significado de los geositios. A aquellos que trabajan incansablemente para preservar la integridad de estos lugares únicos en nuestro planeta. A los científicos, conservacionistas y defensores del patrimonio natural y cultural que desempeñan un papel vital en la protección de los geositios para las generaciones futuras. También dedicamos este trabajo a las comunidades locales cuyo compromiso y sabiduría son fundamentales para la conservación de estos tesoros geológicos. Que esta investigación impulse aún más la conciencia y la acción en la preservación de nuestros geositios, asegure su belleza y valor para las generaciones venideras.

AGRADECIMIENTOS

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

RESUMEN

El patrimonio geológico, representado por los geositos, constituye una invaluable fuente de conocimiento e inspiración. Sin embargo, estos lugares se encuentran expuestos a diversos riesgos geológicos y amenazas antropogénicas que comprometen su integridad. En este contexto, surge la presente investigación que determina y evaluar la vulnerabilidad de geositos seleccionados en la provincia de Santiago de Cuba, con el objetivo de comprender y abordar los factores que afectan su fragilidad intrínseca.

Los resultados revelan amenazas críticas, como erosión y actividades humanas, que impactan la integridad de estos lugares. Se identifican factores clave, como la exposición geológica y la presión antropogénica, que contribuyen a su fragilidad intrínseca, además se proponen acciones clave, desde programas de monitoreo continuo hasta alianzas con instituciones locales, con el objetivo de garantizar la protección y preservación a largo plazo de estos valiosos geositos, permitiendo que las futuras generaciones conserven el patrimonio geológico de la región.

SUMMARY

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO- GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
1.1. Introducción	6
1.2. Marco teórico conceptual.....	6
1.3. Antecedentes históricos de la investigación	10
1.4. Ubicación geográfica	17
1.5. Relieve	17
1.6. Hidrografía.....	18
1.7. Geomorfología.....	20
1.8. Tectónica.....	21
1.9. Características geológicas de la región	22
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS	23
2.1 Introducción.	23
2.2 Etapa I. Recopilación de la información y revisión bibliográfica	24
2.3 Etapa II. Trabajo de campo.....	31
2.4 Etapa III. Procesamiento de la Información.	31
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	33
3.1. evaluación de la vulnerabilidad de los sitios de interés geológico en la provincia de Santiago de Cuba.	33
Punto 1. Calizas Tobáceas del Caney.....	33
Punto 2. Tobas calcáreas del poblado El Sapo.	34
Punto 3. Margas de la Fm. San Luis.	35
Punto 4. Dacitas De Chivirico.	36
Punto 5. Tobas calcáreas en las afueras de Chivirico.....	37
Punto 6. Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago.	38
Punto 7. Calizas de Alto del Mosquito.	39
Punto 8: Poza los Morones	41
Punto 9: Conglomerados del río Turquino.....	42
Punto 10: Calizas del río Turquino	43
Punto 11: Granitoides de la Plata	44
Punto 12: Túnel de La Plata.....	45

Punto 13: Tobas del cruce de Peladero.....	46
3.2. Análisis de los principales factores de riesgo que podrían llevar a la destrucción de los geositos.....	47
3.3. Acciones de preservación de los geositos.....	58
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA	62

INTRODUCCIÓN

El estudio de la geodiversidad y el patrimonio geológico constituye una disciplina de investigación emergente en el ámbito de la Geología. Su finalidad es destacar las características geológicas específicas de una región determinada, estableciendo un marco de gestión que permita su adecuada clasificación y preservación, con el objetivo de lograr un equilibrio didáctico entre el entorno ambiental y la sociedad. La evaluación, clasificación y diagnóstico del patrimonio geológico se erige como una estrategia de gestión ambiental y social en diversos países, fundamentada en los principios del desarrollo sostenible y la producción más limpia, en consonancia con las normativas ambientales vigentes.

El patrimonio geológico, concebido como un bien compartido, constituye una parte integral de la riqueza natural de nuestro planeta. Los geositios, en particular, ofrecen valiosas pistas para descifrar la historia geológica de una región y proporcionan perspectivas sobre su evolución futura. En consecuencia, representan un auténtico legado para la comunidad, ofreciendo oportunidades tanto para la educación de adultos y estudiantes como para la difusión de este conocimiento entre turistas y visitantes interesados en comprender la evolución del paisaje.

En la última década, impulsado por el creciente interés en la conservación del medio ambiente y la globalización del conocimiento, hemos presenciado una atención renovada hacia los lugares de mayor relevancia en la herencia geológica del planeta, comúnmente denominados geositios. Este resurgimiento ha llevado a la propuesta y obtención de diversas categorías y denominaciones para estos sitios, respaldadas por el apoyo tanto de organismos nacionales e internacionales gubernamentales como no gubernamentales, destinados a su preservación.

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

El patrimonio geológico está compuesto por elementos geológicos que poseen singularidad y revisten un gran interés desde el punto de vista científico y educativo. Surge como resultado

de una nueva perspectiva sobre la relación entre la humanidad y la Tierra. Con el paso del tiempo, la sociedad ha cambiado su forma de percibir el entorno, considera como un derecho, una necesidad y una responsabilidad la protección del medio ambiente y la promoción de un desarrollo sostenible (Penagos, 2009)

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

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

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

Este enfoque permitirá identificar áreas vulnerables, evaluar la probabilidad y magnitud de los peligros naturales y desarrollar estrategias de preparación, mitigación y respuesta ante desastres.

En Santiago de Cuba se encuentran sitios naturales singulares, denominados geositios según (Betancourt & Elías, 2019). Estos lugares son de gran relevancia debido a sus características geológicas, geomorfológicas y petrologicas, lo que los convierte en un valioso patrimonio y un recurso para el desarrollo de actividades sustentables.

Los geositios son ejemplos de formaciones rocosas, formas de relieve y procesos naturales únicos o representativos a nivel regional, nacional e incluso mundial, que permiten ilustrar y reconstruir la historia natural del territorio en el que se ubican (UNESCO, 2007). En la zona costera mencionada se han identificado varios geositios de interés para la geomorfología, la geología y la paleontología, gracias a la singularidad de su paisaje característico del sistema

montañoso. Estos geosítios, junto con otras áreas de protección en la provincia de Santiago de Cuba, están respaldados por diferentes instrumentos normativos como la ley de patrimonio geológico (Gaceta Oficial de la República de Cuba, 2020) que regula y establece la metodología de inventarios de sitios de interés geológica en Cuba.

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

Los peligros naturales, como terremotos, deslizamientos de tierra y eventos de inundación, representan una amenaza latente en los geosítios de la provincia de Santiago de Cuba (Galbán-Rodríguez et al., 2021a). Estos fenómenos naturales pueden tener un impacto directo en las formaciones geológicas, paisajes y entornos naturales, genera modificaciones significativas y pone en riesgo la infraestructura y la seguridad de las personas que visitan estos lugares.

Otros estudios realizados definen los factores geológicos y geomorfológicos que contribuyen a la ocurrencia de estos peligros, así como su frecuencia y magnitud histórica (Cordoví & Deulofeu, 2021; Domínguez et al., 2019; Fernández & Madian, 2019; Galbán-Rodríguez et al., 2021b; Morejón-Blanco et al., 2021; Rosabal-Domínguez et al., 2022; Rosabal-Domínguez et al., 2021). Donde no se consideran la vulnerabilidad de los geosítios ante los diferentes peligros naturales identificados, excluyendo los aspectos como la fragilidad intrínseca de las formaciones geológicas, la infraestructura construida en los alrededores y la exposición de las áreas.

El conocimiento de los peligros naturales presentes en los geosítios de la provincia de Santiago de Cuba es fundamental para implementar medidas de gestión y planificación adecuadas que permitan minimizar los riesgos y conservar estos valiosos recursos geológicos. Asimismo, ayuda a promover un turismo responsable, donde la seguridad de los visitantes y la preservación del entorno natural sean prioridades clave.

Actualmente en la provincia de Santiago de Cuba no se han llevado investigaciones referentes al cuidado y protección del patrimonio geológico, por esta razón surge la necesidad de

evaluar el estado de conservación y vulnerabilidad que presentan los geositos a partir de parámetros predefinidos que permita la elaboración de estrategias para su conservación.

Problema científico:

La falta de evaluación de la vulnerabilidad de los geositos seleccionados en la provincia de Santiago de Cuba frente a los riesgos geológicos y los impactos antropogénicos, así como la ausencia de medidas efectivas para su gestión y conservación, representa una amenaza para la integridad y preservación de estos importantes sitios naturales y geológicos.

Objeto de estudio:

Sitios de interés geológico

Campo de acción:

Vulnerabilidad de los geositos.

Objetivo general:

El objetivo general de esta investigación es evaluar la vulnerabilidad de los geositos seleccionados en la provincia de Santiago de Cuba frente a los riesgos geológicos y los impactos antropogénicos, con el fin de identificar y comprender los factores que influyen en su fragilidad intrínseca y proporcionar medidas de preservación.

Hipótesis:

La correcta caracterización de los sitios de interés geológico en la provincia de Santiago de Cuba permitirá evaluar su vulnerabilidad, identificar factores de riesgo y proponer medidas de preservación.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar los sitios de interés geológico en la provincia de Santiago de Cuba.
2. Evaluar la vulnerabilidad de los geositos seleccionados frente a los riesgos geológicos y los impactos antropogénicos.
3. Identificar los principales factores de riesgo que podrían llevar a la destrucción de los geositos.

4. Proponer medidas efectivas para preservar la integridad de los geositos y garantizar su conservación a largo plazo.

Impactos esperados:

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

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.1. Introducción

El estudio de la geodiversidad y del patrimonio geológico figura entre las áreas de investigación más recientemente incorporadas al ámbito de la Geología. Su ejecución a nivel internacional ha tenido un impacto relevante en la sociedad.

Relacionado con este tema existen innumerables definiciones y consideraciones sobre el patrimonio geológico y minero a nivel internacional. Cada criterio y acción de los grupos u organizaciones, siempre van a estar encaminadas a la protección, conservación y puesta en valor de esta herencia.

1.2. Marco teórico conceptual

Patrimonio Geológico

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

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

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

procesos que la han modelado, con su correspondiente valor científico, cultural, educativo, paisajístico o recreativo (Inga, 2018).

Geodiversidad

Una de las definiciones más integradoras se debe a Kozłowski, para quien la geodiversidad es la: “variedad natural en la superficie terrestre, referida a los aspectos geológicos, geomorfológicos, suelos, hidrología, así como otros sistemas generados como resultado de procesos naturales (endógenos y exógenos) y la actividad humana”. Desde esta misma perspectiva integradora, Serrano et al., (2009) han definido la geodiversidad como “la variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre y los mares y océanos, junto a sistemas generados por procesos naturales, endógenos y exógenos, y antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares” (Cañadas & Flaño, 2007). Aunque son conceptos diferentes, el término ‘geodiversidad’ se encuentra en estrecha relación con el ‘patrimonio geológico’, ya que mientras la geodiversidad se refiere a la variedad de elementos, el patrimonio geológico se refiere al valor de los mismos.

Geositio o Lugar de Interés Geológico (LIG)

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

Geoconservación

El término geoconservación fue acuñado y comenzó su uso en la década de 1990. Autores como Sharples, (2002) y Brocx & Semeniuk, (2007) consideran que la geoconservación es la conservación o preservación de las características de la ciencia de la tierra para fines de patrimonio, ciencia o educación. Otros autores utilizan el término de forma similar. Etimológicamente, combina la acción de conservación con "geos" (la Tierra), lo que implica la conservación específicamente de características que son geológicas. La geoconservación implica la evaluación del patrimonio geológico con fines de conservación y manejo de la tierra, lo que lleva a la protección de sitios importantes por ley. En la literatura internacional,

la geoconservación tiene un alcance más amplio del que se trata aquí, que involucra la conservación de sitios de importancia geológica, pero también trata y está involucrado en asuntos de gestión ambiental, riesgos geológicos, sostenibilidad y patrimonio natural en relación con el mantenimiento de hábitats, biodiversidad y ecosistemas en general (Brocx & Semeniuk, 2007).

Georecurso

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

- Que tengan un elevado valor científico y/o didáctico y, por tanto, deban ser objeto de una protección adecuada y de una gestión específica.
- Que sean utilizables como recurso para incrementar la capacidad de atracción del territorio en el que se ubican y, en consecuencia, de mejorar la calidad de vida de la población de su entorno.

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

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

Riesgo Geológico

Movimiento de masas

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

En Santiago de Cuba, los movimientos de masas son un problema importante debido a la presencia de zonas de inestabilidad geológica y a la urbanización en áreas de alto riesgo. En

algunas zonas de la ciudad, la construcción de viviendas y edificios en laderas inestables ha aumentado el riesgo de deslizamientos y derrumbes.

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

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

Deslizamiento

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

Erosión

La erosión es un proceso natural que afecta el suelo y las rocas en Santiago de Cuba, y es el resultado de la acción del agua, el viento y la actividad biológica. En general, la erosión en Santiago de Cuba es alta debido a su clima tropical húmedo y la presencia de laderas empinadas y suelos inestables.

La erosión del suelo en Santiago de Cuba es un problema grave, ya que puede provocar la pérdida de suelo fértil, la degradación del medio ambiente y la disminución de la calidad del agua. Además, la erosión puede contribuir a la ocurrencia de movimientos de masas, como deslizamientos y derrumbes, que pueden ser peligrosos para las personas que viven en la región.

Las actividades humanas, como la agricultura intensiva, la deforestación y la urbanización, pueden aumentar la tasa de erosión en Santiago de Cuba. Por esta razón, las autoridades locales han implementado medidas para reducir la erosión del suelo, como la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, la construcción de terrazas y muros de contención, y la reforestación de áreas deforestadas.

Es importante que las personas que viven en Santiago de Cuba comprendan los riesgos asociados con la erosión del suelo y tomen medidas para proteger el medio ambiente y la

calidad de vida en la región. Esto puede incluir la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, la conservación de áreas naturales y la promoción de la educación ambiental.

Intemperismo

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

El intemperismo puede tener un impacto significativo en la calidad del suelo y la capacidad de la región para sustentar la agricultura y la vida silvestre. En Santiago de Cuba, las prácticas agrícolas y la urbanización pueden aumentar la tasa de intemperismo y la erosión del suelo, lo que puede tener consecuencias negativas para la salud ambiental y la sostenibilidad a largo plazo de la región.

1.3. Antecedentes históricos de la investigación

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

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

El acontecimiento que suscitó una verdadera toma de conciencia internacional fue la decisión de construir la gran presa de Asuán, en Egipto, con lo que se inundaría el valle donde se

encontraban los templos de Abú Simbel, tesoros de la civilización del antiguo Egipto. En 1959 la UNESCO decidió lanzar una campaña internacional a raíz de un llamamiento de los gobiernos de Egipto y Sudán, y los templos de Abú Simbel y Filae fueron desmontados, trasladados y montados de nuevo. Con ayuda del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), la UNESCO inició la elaboración de un proyecto de convención sobre la protección del patrimonio cultural (Domínguez-González, 2005).

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

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

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

Fue después de este momento que la geoconservación adquirió importancia a escala mundial, especialmente después del Primer Simposio Internacional para la Conservación del Patrimonio Geológico y la creación de la Asociación Europea para la Conservación del

Patrimonio Geológico (ProGEO), en 1992 (Pâmella Moura, Maria Da Glória M. Garcia & Amaral, 2017).

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

Posteriormente, en 1993 la International Union of Geological Sciences (IUGS) decide formar un grupo de trabajo para crear un soporte científico a la iniciativa de la geoconservación; se origina así el proyecto “Geositios”. Dicho proyecto propone realizar un inventario y una base de datos compilados en forma sistemática y continuamente actualizados de Sitios de Interés Geológico a nivel mundial. Este proyecto tiene una utilidad potencial para la educación, la investigación y la promoción del conocimiento de la Geología (Piacente & Giusti, 2000).

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

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

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

En este mismo año, se crea un nuevo Grupo de Trabajo de la Asociación Internacional de Geomorfólogos (IAG), denominado “Geomorphosites”. El objetivo principal de este grupo

es mejorar el conocimiento y la evaluación de sitios geomorfológicos, con énfasis en la conservación, la educación y atractivo turístico relacionados con esos sitios. Como resultado de ello, se han publicado las “Actes de la Réunion annuelle de la Société Suisse de Géomorphologie” (2003) con una serie de artículos reunidos bajo el título “Geomorphologie et Tourisme” (Martinez, 2008).

Con el fin de reflejar más de cerca los desafíos sociales de las Ciencia de la Tierra y proporcionar un estatus internacional a una antigua red de sitios de importancia geológica, el 17 de noviembre de 2015, los 195 Estados Miembros de la UNESCO ratificaron la creación de una nueva etiqueta, los Global Geoparks de la UNESCO, durante la 38ª Conferencia General de la Organización, donde se aprobó la creación del Programa Internacional de Geociencias y Geoparques (IGGP); el IGGP comprende el Programa Internacional de Geociencias (IGCP), que durante más de 40 años ha reunido a geocientíficos de todas las regiones del mundo para estudiar la Tierra y los procesos geológicos bajo temas que tienen una relevancia social cada vez mayor, y los Geoparques mundiales de la UNESCO, que promueven sitios de valor geológico internacional y son la base del desarrollo sostenible local.

Trabajos Precedentes

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

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

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

No es hasta la década del sesenta que se desarrollan investigaciones profundas de carácter regional, destacándose los trabajos de los especialistas soviéticos (Quintas-Caballero, 1988) que constituyeron un paso fundamental en el conocimiento geológico del territorio oriental y esencialmente para las zonas de desarrollo de cortezas de intemperismo ferroniquelíferas. En 1972 se inician investigaciones de carácter regional del territorio oriental cubano por especialistas del Departamento de Geología de la Universidad de Oriente, luego la Universidad de Moa y ya en 1976 se estableció que la tectónica de sobre empuje afecta también a las secuencias sedimentarias dislocadas fuertemente, donde se detectan en numerosas localidades la presencia de mantos alóctonos constituidos por rocas terrígenas y volcánicas del Cretácico superior, yacen sobre secuencias terrígenas del Maestrichtiano-Paleoceno superior, además observaron el carácter alóctono de los conglomerados-brechas de la formación La Picota. Con estos nuevos elementos es reinterpretada la geología del territorio y se esclarecen aspectos de vital importancia para la acertada valoración de las reservas minerales.

En el período 1972 -1976 se realiza el levantamiento geológico de la antigua provincia de oriente a escala 1: 250 000 por la brigada cubano-húngara de la Academia de Ciencias de Cuba, es el primer trabajo que generaliza la geología de Cuba oriental. El mapa e informe final de esta investigación constituyó un aporte científico a la geología de Cuba al ser la primera interpretación geológica regional de ese extenso territorio basada en datos de campos, obteniéndose resultados interesantes expresados en los mapas geológicos, tectónicos y de yacimientos minerales, columnas y perfiles regionales, así como el desarrollo de variadas hipótesis sobre la evolución geológica de la región. En este trabajo la región oriental se divide en cinco unidades estructuro faciales: Caimán, Auras, Tunas, Sierra de Nipe-Cristal-Baracoa y Remedios y tres cuencas superpuestas: Guacanayabo-Nipe, Guantánamo y Sinclinorio Central (Gyarmati & Leyé, n.d.).

Desde el punto de vista tectónico de carácter regional adquieren importancia relevante las investigaciones realizadas en su estudio tectónico de la porción oriental de las provincias

Holguín y Guantánamo, donde propone siete unidades tectono-estratigráficas para el territorio, describe las características estructurales de cada una de ellas y establece los períodos de evolución tectónica de la región (Campos-Dueñas, 1983).

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

Por lo que se tiene como base la descripción de los principales rasgos geológicos-geomorfológicos existentes en el territorio de la región oriental del país, se han definido investigaciones como: (Castellanos, 2016) desarrolló la “Evaluación de los sitios de interés geológicos más importantes de los municipios Sagua de Tánamo y Moa, Holguín”, donde se identificaron 18 geositios, de los cuales 2 fueron propuestos como Monumento Local y 2 como Monumento Nacional. De igual forma se plantearon medidas para su conservación.

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

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

(Gamboa, 2017) particularizó la “Caracterización de geositios para la protección y conservación del patrimonio geológico del municipio Baracoa”, donde se evaluaron 14 sitios

de interés geológicos, de los cuales 4 fueron propuestos como patrimonio nacional, 8 como patrimonio local y 2 fueron propuestos para el cuidado de las autoridades locales. Al igual que en trabajos anteriormente citados se propusieron medidas para la conservación.

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

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

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

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

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

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

(María Caridad García Fabr , Maricela Ramírez Al , Alina Teresa Yasell Rosales) “Actualización de los geositos existentes en la provincia Santiago de Cuba” se realizó la identificación, documentación y actualización de algunos geositos existentes que reflejan las singularidades geológicas, mineras y geomorfológicas de esta región (SCG, 2019).

1.4. Ubicación geográfica

La Provincia Santiago de Cuba se encuentra situada al sur de la región oriental de Cuba, entre los 19 53', 20 12' de latitud norte y los 75 22', 77 02' de longitud oeste, limita al oeste con la provincia Granma, al norte con la provincia Holguín, al este con la provincia Guantánamo y al sur con el Mar Caribe. Su capital es la ciudad de Santiago de Cuba, segunda urbe más poblada del país con más de 510 665 habitantes (Datos: ONEI Santiago de Cuba, cifras de 2015) Este territorio ocupa el décimo lugar en extensión entre las provincias cubanas con una superficie total de 6234,16 km  representa el 5,7% del total del país. Se divide en 9 municipios: Guamá, Santiago de Cuba, Palma Soriano, II Frente, III Frente, Songo la Maya, Contramaestre, San Luis y Julio A. Mella (Figura 1).

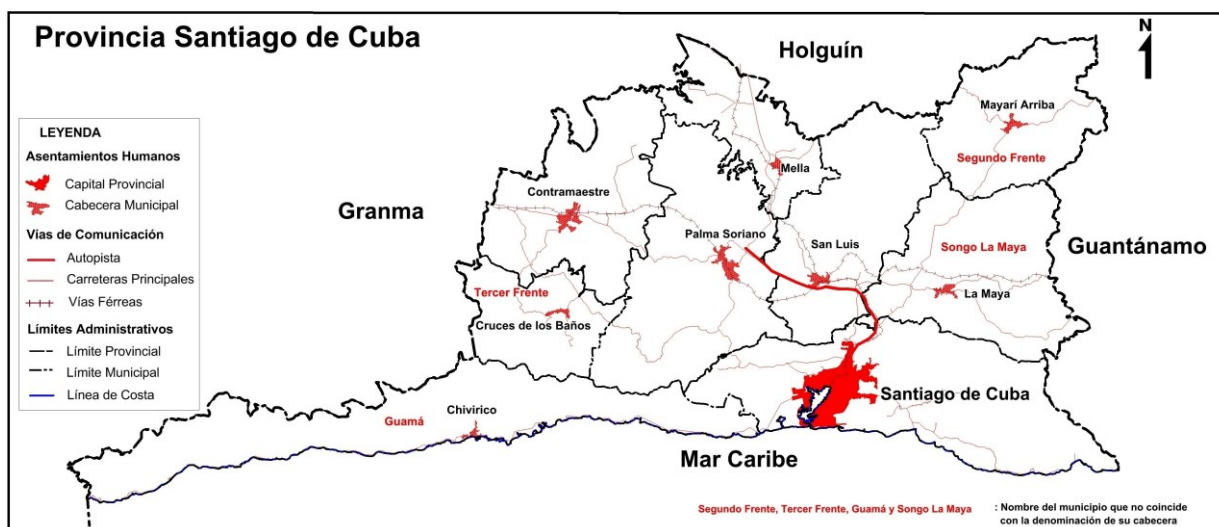


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio Santiago de Cuba. Disponible en <https://www.inotu.gob.cu/es/content/mapas>.

1.5. Relieve

Santiago de Cuba es una provincia situada en el extremo suroriental de Cuba, y su relieve está marcado por una serie de montañas y valles que se extienden desde la costa hasta el interior de la isla.

En la región costera, se encuentran playas y acantilados que se elevan sobre el mar. Hacia el interior, hay una serie de sierras que atraviesan la provincia, como la Sierra Maestra, la Sierra del Cristal y la Sierra de la Gran Piedra. Estas montañas son el hogar de una gran cantidad de ríos y arroyos que fluyen hacia el mar.

La Sierra Maestra es la cordillera más grande de Cuba y se extiende por toda la provincia de Santiago de Cuba. Es conocida por su impresionante paisaje montañoso y por ser el lugar donde se estableció la base de la revolución cubana en los años 50. La cima más alta de la Sierra Maestra es el Pico Turquino, que se eleva a una altura de 1.972 metros sobre el nivel del mar.

En resumen, el relieve de Santiago de Cuba está caracterizado por una combinación de montañas, valles y costa, lo que lo convierte en una provincia con una gran diversidad paisajística (Figura 2).

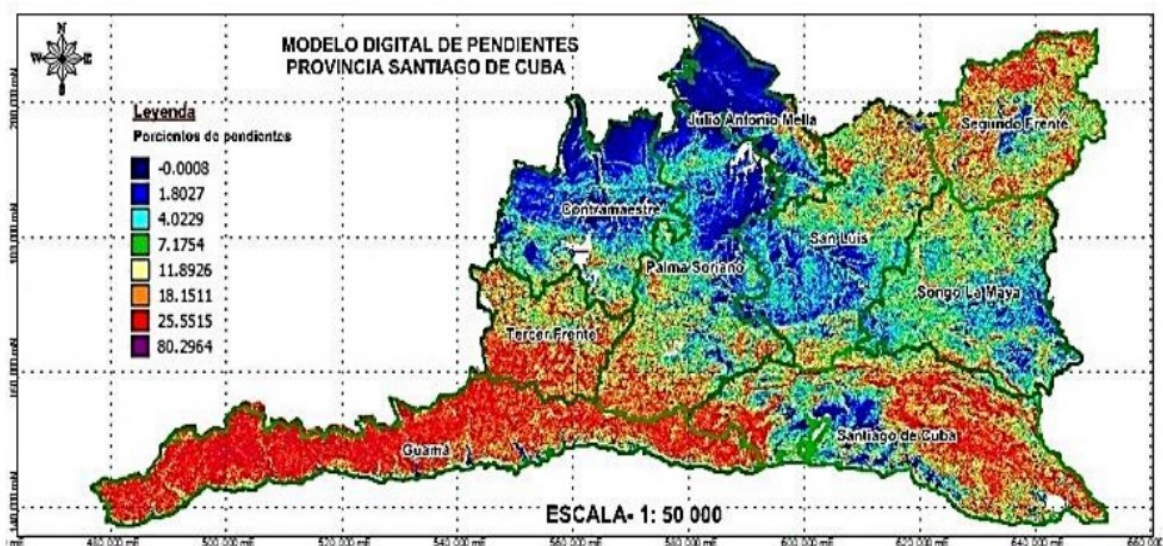


Figura 2. Imagen del modelo de pendientes de la provincia Santiago de Cuba a escala 1:50 000. Fuente (Galbán-Rodríguez et al., 2021a).

1.6. Hidrografía

Las aguas subterráneas en el área de estudio se encuentran asociadas a diferentes complejos y horizontes acuíferos; en tal sentido se diferencian las relacionadas con las secuencias del paleógeno (Grupo El Cobre), del neógeno (Formación La Cruz) y las cuaternarias. (Guardado, 1985) En las rocas del Grupo El Cobre se encuentran aguas de grietas o fisuras y filonianas. La profundidad del manto freático está en función de la morfología que presente

el área donde se encuentren estas secuencias; como caso general alcanza valores mayores a los 10 metros, al oeste del área y en toda la parte norte. Ahora bien, en aquellas zonas donde aparecen estas rocas, corteza de meteorización pequeña y las cotas del terreno son muy bajas, como es el caso de la zona de la Refinería “Hermanos Díaz”; la profundidad varía entre 1 y 4 metros. Los complejos acuíferos relacionados con estas rocas se alimentan a través de las precipitaciones fundamentalmente y por las aguas fluviales a través de las grietas. Los complejos acuíferos que se encuentran en las rocas de la Formación La Cruz ocupan la mayor parte del área de estudio, prácticamente todo el borde sudeste y centro de la cuenca, son aguas estrato- fisurales, de grietas y cárnicas. Su profundidad es variable comienza a parecer a menos de 4 metros, pero en el caso específico de las rocas margosas y calcáreas supera los 10 metros. Por las características ingeniero-geológicas de las rocas que integran esta formación (calizas, calizas arcillosas, margas, entre otras) estos complejos presentan poca o ninguna interrelación hidráulica con otros horizontes.

Por último, los complejos acuíferos de los sedimentos cuaternarios resultan los más distribuidos. A ellos están asociados todas las aguas dentro del espesor del material terrígeno con diferentes propiedades. La profundidad del manto freático varía de 0-10 metros. Las secuencias cuaternarias están representadas por depósitos eluviales, aluviales, marinos, artificiales y transiciones fundamentalmente con granulometrías variadas desde arcillas, gravas, arenas y puntos donde se dan combinaciones heterogéneas entre ellas (desembocadura de ríos, arroyos y en las zonas que bordean la bahía en su parte norte). La alimentación de estos horizontes acuíferos es a cuenta de las precipitaciones, infiltración de las aguas fluviales y en menor proporción por la incidencia de las aguas subterráneas de zonas más elevadas a través del agrietamiento. La profundidad de las aguas subterráneas en la cuenca de Santiago de Cuba varía en un rango de 0-10 metros por lo que se definen como superficiales, en algunos sectores puede ser mayor en las zonas donde se encuentren las rocas margosas y calcáreas de la Formación La Cruz, así como para la parte norte del área donde afloran las secuencias del Grupo El Cobre (Figura 3).

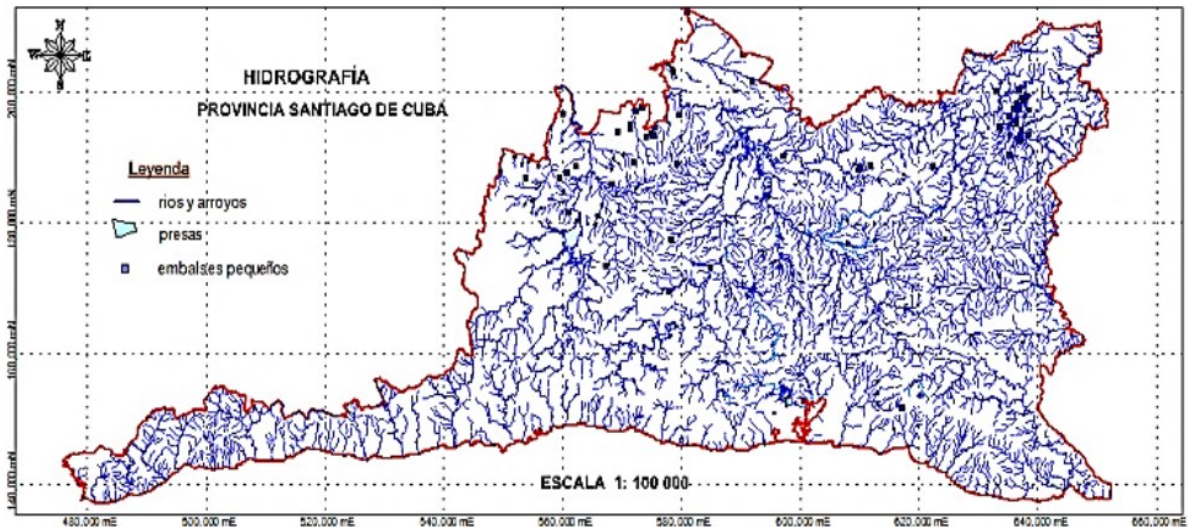


Figura 3. Imagen del mapa de peligro a inundaciones fluviales de provincia Santiago de Cuba (Galbán-Rodríguez et al., 2021a).

1.7. Geomorfología

En el municipio de Santiago de Cuba el relieve es accidentado y variado 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 suaves predomina sobre las costeras en forma de mesetas alargadas y forma hacia la cercanía de las costas terrazas escalonadas. En la bahía la costa es escarpada y se desarrollan elevaciones de aspecto terraciforme. 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 (Figura 4).

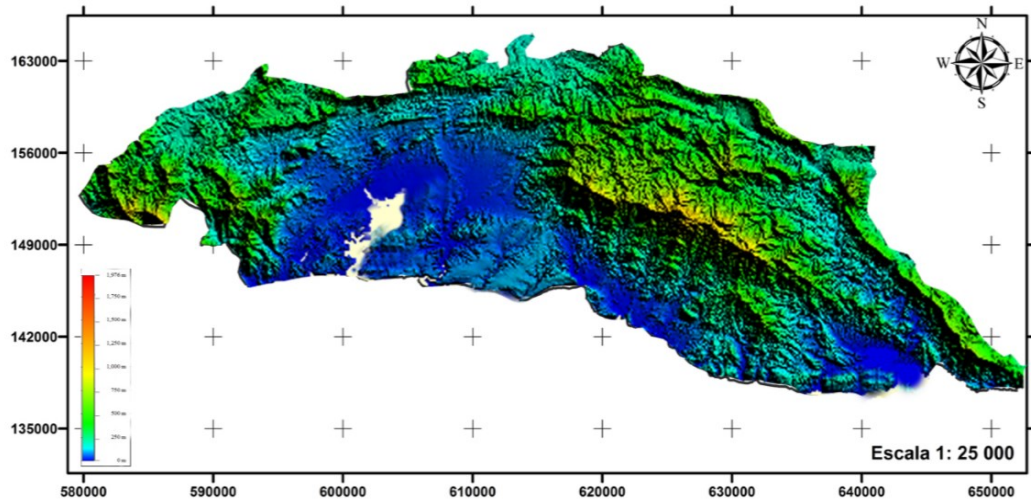


Figura 4 . Modelo digital del terreno del municipio Santiago de Cuba. Fuente (Geocuba, 2010).

1.8. Tectónica

La provincia de Santiago de Cuba se encuentra en una zona de alta actividad sísmica y es una de las regiones más tectónicamente activas de Cuba. Esto se debe a que la región se encuentra en la convergencia de dos placas tectónicas: la placa de Norteamérica y la placa del Caribe. La actividad tectónica en la región de Santiago de Cuba se manifiesta en la presencia de varias fallas geológicas importantes, como la falla Septentrional, la falla Oriente y la falla de Cauto. Estas fallas son responsables de los terremotos que se producen en la región y de la formación de las montañas y valles característicos de la provincia (Figura 5).

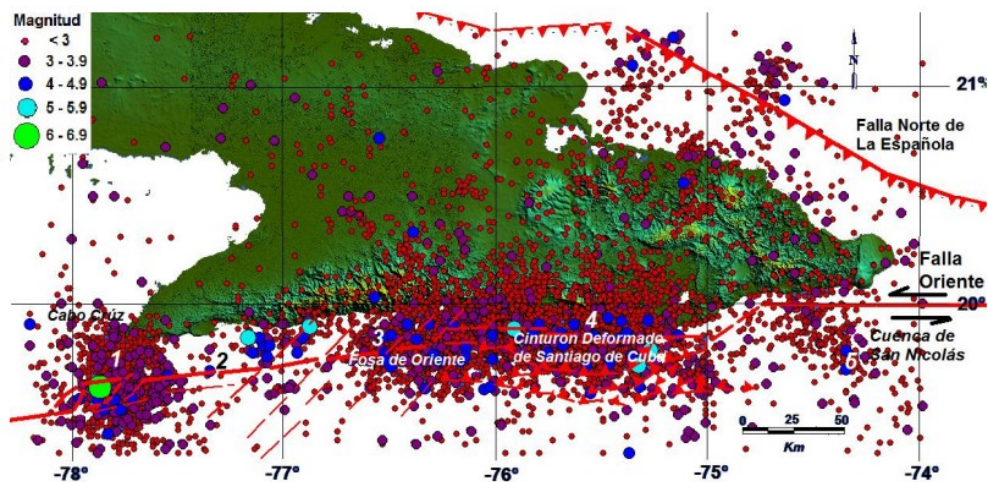


Figura 5. Ubicación de la falla Oriente y los principales elementos geodinámicos que la caracterizan en las inmediaciones de la región oriental de Cuba (Colmenero Rielo, 2015).

1.9. Características geológicas de la región

La provincia de Santiago de Cuba es una región rica en geología y cuenta con una gran variedad de formaciones geológicas y minerales. La región se encuentra en el extremo sureste de la isla de Cuba y es una zona de intensa actividad tectónica, lo que ha influido en la formación de su relieve y su geología.

La geología de la provincia de Santiago de Cuba está marcada por la presencia de dos grandes sistemas montañosos: la Sierra Maestra y la Sierra del Cristal. Estas montañas están compuestas principalmente por rocas metamórficas y volcánicas, incluyendo esquistos, gneises, basaltos y andesitas. También hay evidencia de actividad volcánica en la región, como la presencia de conos volcánicos y depósitos de ceniza volcánica.

Además de las montañas, la región también cuenta con una serie de valles y llanuras aluviales que han sido formados por la erosión de las montañas y la sedimentación de los ríos que atraviesan la región. Estas llanuras aluviales son ricas en suelos fértiles y son importantes para la agricultura de la región.

La provincia de Santiago de Cuba también es conocida por su rica variedad de minerales, incluyendo cobre, hierro, oro, plata, plomo, zinc y níquel. La región cuenta con varias minas en operación, incluyendo la mina El Cobre, una de las minas de cobre más grandes de Cuba. En resumen, la provincia de Santiago de Cuba es una región rica en geología y cuenta con una gran variedad de formaciones geológicas y minerales. La presencia de montañas, valles y llanuras aluviales, así como la actividad tectónica y volcánica, han dejado su huella en la geología de la región (Figura 6).

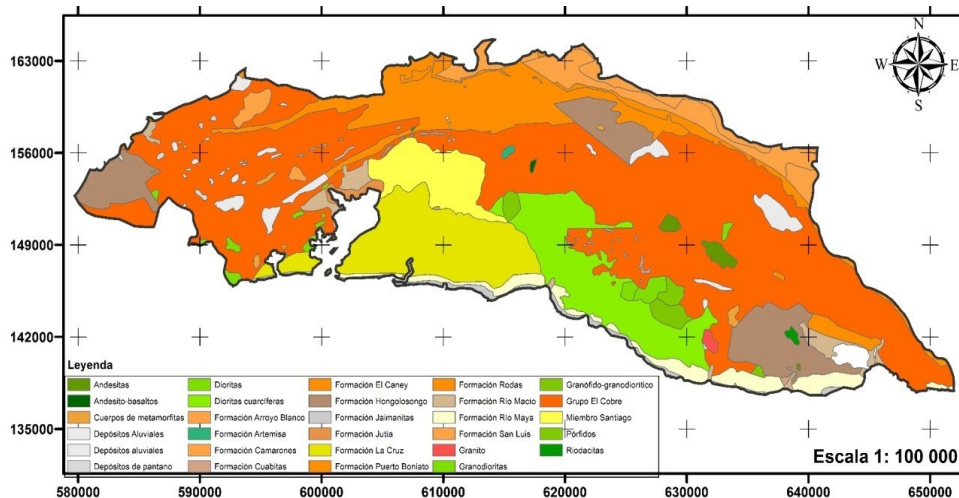


Figura 6. Esquema geológico de Santiago de Cuba. Fuente. I.G. P, 2008.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

2.1 Introducción.

El presente capítulo, contiene la metodología aplicada en la investigación realizada para la evaluación de los peligros naturales en los geositios de la provincia de Santiago de Cuba y se plantean medidas para mitigar, proteger y conservar el patrimonio geológico de la región. El trabajo se realizó en tres etapas fundamentales (Figura 7):

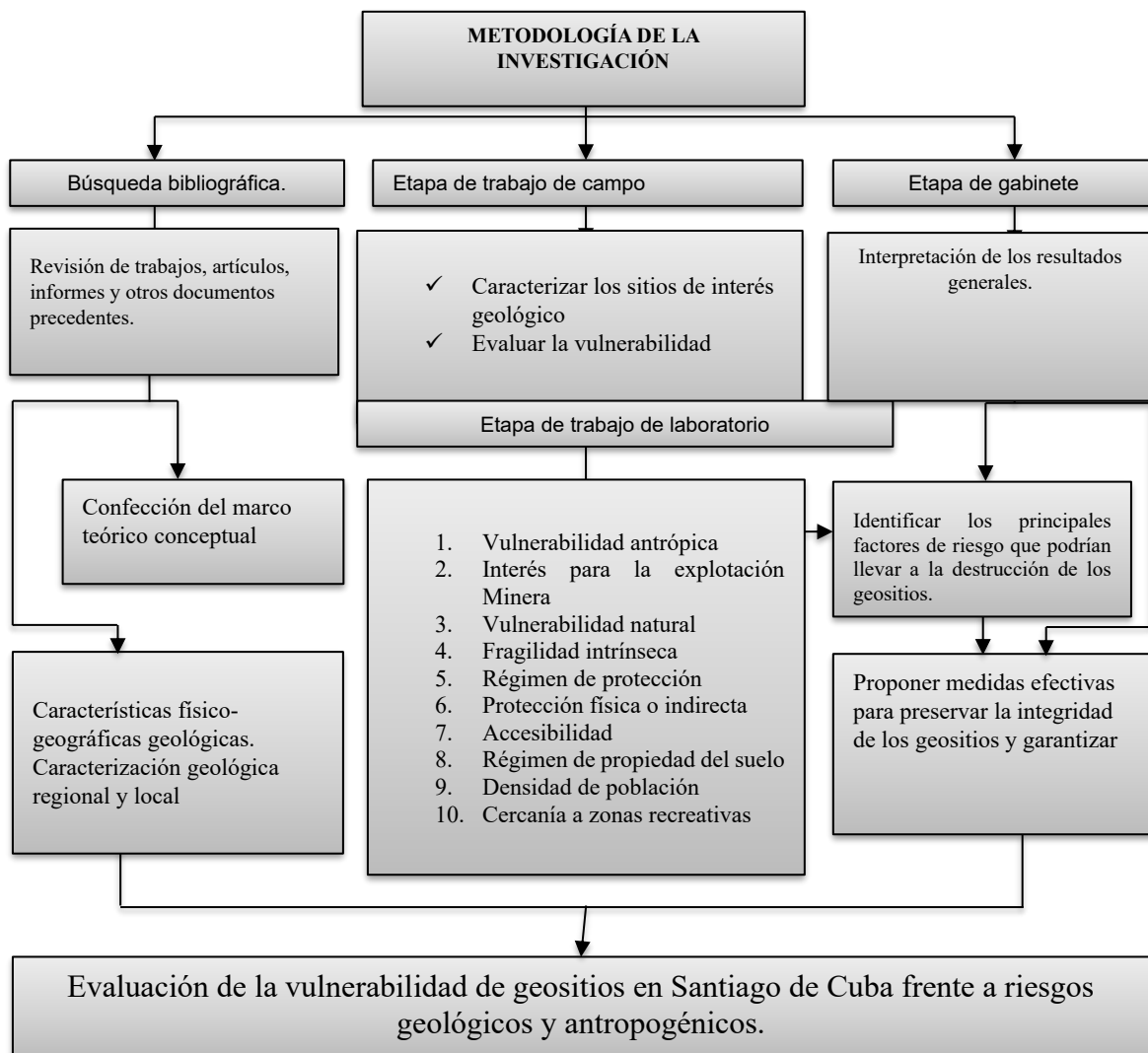


Figura 7. Flujograma de la Investigación.

2.2 Etapa I. Recopilación de la información y revisión bibliográfica

Durante la primera etapa de la investigación, se llevó a cabo la identificación de las zonas con mayor peligro de deslizamiento. Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el tema y el lugar de estudio, se consultaron 57 artículos científicos, 12 trabajos de diplomas, 3 tesis de maestría y 2 doctorales, revistas y libros. Además, se revisaron investigaciones previas relacionadas y se buscaron datos actualizados y confiables en sitios web especializados. Dado que los deslizamientos de terreno suelen estar relacionados con fenómenos como fuertes lluvias, terremotos o intervención humana, se recopiló toda la información disponible sobre eventos pasados en estas áreas.

Para recopilar información histórica, se buscaron materiales de archivo relevantes. Además, se realizaron entrevistas a personas con conocimientos locales y se utilizaron fotos aéreas como fuentes adicionales de datos. El trabajo de campo desempeñó un papel crucial en esta etapa, ya que se realizaron recorridos de reconocimiento en los sectores para verificar la ubicación de los deslizamientos y determinar sus características.

Método de evaluación de los geositios

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

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

Tabla 1. Parámetros, calidad y puntuación ponderada.

No	Parámetro	Calidad	Puntuación
1	Representatividad y valor científico	Alta	15
		Media	10
2	Valor histórico	Alto	10
		Medio	7
3	Valor estético para la enseñanza y el turismo	Alto	10
		Bajo	7
4	Importancia didáctica	Alta	12

		Media	8
5	Rareza	Notable	12
		Escasa	8
		Común	4
6	Irrepetibilidad	Irrepetible	12
		Repetible	8
7	Estado físico del geosítio	Apropiado	3
		Poco apropiado	4
		Inapropiado	5
8	Vulnerabilidad	Muy vulnerable	12
		Vulnerable	8
		Poco vulnerable	2
9	Tamaño	Grande	2
		Medio	4
		Pequeño	6
		Muy accesible	6
10	Accesibilidad	Accesible	5
		Poco accesible	4
		Inaccesible	2

Descripción de los parámetros.

1) Representatividad y valor científico.

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

2) Valor histórico.

- Alto. Si está relacionado con el trabajo de los precursores o representa un punto de inflexión en el desarrollo de las geociencias.

- Medio. Si solo representa un geositio donde se ha descrito una unidad lito o bioestratigráfica, se ha identificado una especie, género o grupo de fósiles o se ha señalado la existencia de un fenómeno geológico.

3) Valor estético para la enseñanza y el turismo

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

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

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

5) Rareza, por la dificultad en encontrar algún 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.

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

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 irrecuperable.

- Repetible, Si pueden designarse otros lugares que tengan características similares y que representen iguales situaciones, estructuras, formas o fenómenos que lo definen como un geosítio de importancia.

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

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

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

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

9) Tamaño. Depende del área que abarca.

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

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

10) Accesibilidad. Atiende a las posibilidades de aproximación

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

Método de evaluación del estado de conservación de los geositios.

La evaluación de los geositios se procedió a la revisión y consulta de toda la información disponible, que incluyeron los informes de levantamiento geológico a escala 1:50 000 realizados en la región (Gyarmati & O’Conor, 1990), informes de las investigaciones hidrogeológicas realizadas en el área y demás investigaciones sobre el patrimonio geológico (Abreu Fernández, 2019) y (Betancourt & Elías, 2019).

Todo este trabajo inicial posibilitó la selección de una serie de puntos o lugares de interés (en total 14), que después de haber sido sometidos al proceso de valoración, según una clasificación supervisada a partir de la ponderación de un conjunto de parámetros (Domech, 2007).

Se seleccionaron todos aquellos lugares que fueron declarados geositios por Abreu Fernández, (2019) y Betancourt & Elías, (2019). Todos los lugares fueron visitados, donde se realiza una evaluación del estado de conservación y los peligros naturales a que se encuentra expuestos, no solo en lo relativo a los elementos geológicos, sino también se recogieron aspectos relacionados a su estado de conservación, ubicación, área, estudios realizados con anterioridad, posibilidad de realizar actividades recreativas y posible interés científico y/o didáctico. Toda esta información está debidamente registrada en una ficha descriptiva la que se anexa al informe general y formará parte de una base de datos de fácil acceso y que puede ser consultada por los interesados en el tema, ya sea para futuras investigaciones o para cultura general.

Valoración de la vulnerabilidad y de la prioridad de protección.

Después de seleccionados los geositios y calculados por separado sus valores científicos, didácticos o turísticos/recreativos, se evaluó su prioridad de protección sobre la metodología establecida por (Torres et al., 2020) y modificada por el autor. Para esto se utilizaron 10 parámetros de valoración dirigidos, a establecer la vulnerabilidad de cada lugar atribuyendo

a cada uno una puntuación objetiva y ordena el conjunto de acuerdo con estas puntuaciones. En la tabla 2 se exponen los parámetros para la valoración de la vulnerabilidad. Algunos de ellos, como la accesibilidad, la densidad de población o la fragilidad, han sido también considerados, en nuestro caso, como parámetros de valoración del interés, pero aquí juegan un distinto papel y, en algunos casos, como en el parámetro de la fragilidad, influyen en sentido contrario: a mayor fragilidad menos potencialidad de uso recreativo o turístico, pero más vulnerabilidad y, por tanto, más prioridad de protección.

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

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	Alta	Media	Baja
Vulnerabilidad antrópica	Informa sobre la existencia de amenazas antrópicas	15	10	5
Interés para la explotación minera	Informa acerca de la vulnerabilidad del lugar por el interés que pueden tener para la actividad minera los materiales aflorantes	15	10	5
Vulnerabilidad natural	Informa sobre la existencia de amenazas naturales (procesos activos)	15	10	5
Fragilidad intrínseca	Indica la vulnerabilidad intrínseca del lugar, bien por sus dimensiones o por su naturaleza (yacimientos paleontológicos o mineralógicos)	15	10	5
Régimen de protección	Informa de la posible protección del lugar en función de su ubicación dentro o fuera de un área protegida			10
Protección física o indirecta	Informa de las dificultades físicas de acceso al lugar	10	7	5
Accesibilidad	Ligado a la necesidad de protección por la mayor facilidad para los actos de vandalismo que otorga una mayor accesibilidad	10	7	5
Régimen de propiedad del suelo	Informa sobre el régimen de propiedad del lugar (privado, público de acceso libre y público de acceso restringido)	5		5
Densidad de población	Ligado a la necesidad de protección por aumentar, con la densidad de población, la probabilidad de actos vandálicos			5
Cercanía a zonas recreativas	Indica la presencia de zonas de recreo o turísticas cerca del lugar. Ligado a la necesidad de protección (mayor posibilidad de actos de vandalismo)	5	3	2
				100

En la misma tabla se proponen los pesos de cada uno de estos parámetros para evaluar la Vulnerabilidad (V) del geosito, dada por la sumatoria de todos los valores atribuidos a cada parámetro de Alto, Medio y Baja ponderados cada uno de ellos por los mencionados

coeficientes de ponderación. Es importante hacer notar que estos parámetros pueden evolucionar con el tiempo, por lo que es recomendable actualizar periódicamente la vulnerabilidad de los lugares. La actualización periódica del inventario, permitirá la incorporación de nuevos geositos al inventario, pero es insuficiente para hacer el seguimiento del estado de conservación de los lugares ya inventariados. Por ello, el valor **V**, correspondiente a la valoración de la vulnerabilidad de cada geosito, puede permitir priorizar, ante la previsible insuficiencia de medios, el seguimiento del estado de conservación, en los geositos más vulnerables.

De igual forma a la valoración del interés de cada lugar, se propone que aquellos que alcancen valores de PPG superiores a 90 necesitarán una protección urgente, si PPG se sitúa entre 70 y 90 la protección será recomendable a medio plazo, si los valores se sitúan entre 75 y 89 la protección será a largo plazo y para los valores inferiores a 75, el lugar no necesitaría, en principio, figuras específicas de protección por el momento.

No siempre será necesario aplicar figuras legales de protección. En este sentido, los geositos que resultaron de protección prioritaria deberán ser objeto de especial atención por parte de las administraciones competentes, para poder estudiar y aplicar rápidamente las medidas de conservación más adecuadas. A veces estas medidas pueden consistir (en lugar o además de la declaración de una figura de protección) en obras de drenaje para evitar la erosión de un talud interesante, modificación del planeamiento, modificación de un programa de restauración, retirada de vegetación, retirada de residuos, o cualquier otra medida que se considere pertinente, dentro del marco legal correspondiente.

El riesgo es un parámetro ligado directamente al entorno y aunque la vulnerabilidad no resulta alta para algunos, si se conoce que están bajo el accionar de destrucción para su comercialización, lo que resulta vital para su preservación adoptar de inmediato las medidas de protección pertinentes. Así tenemos que, se incorporaron dos geositos a prioridad de protección urgente, para un total de tres, mientras que para los tres restantes la protección será a mediano plazo.

Clasificación de la vulnerabilidad

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

1. Para una puntuación entre 90 y 100 puntos los sitios de consideran con alta vulnerabilidad.
2. Entre 75 y 89 puntos los sitios de consideran con vulnerabilidad media.
3. Entre 50 y 74 puntos los sitios de consideran con vulnerabilidad baja.

2.3 Etapa II. Trabajo de campo.

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



Figura 8. Esquema de ubicación geográfica de los geositios en la provincia de Santiago de Cuba.

2.4 Etapa III. Procesamiento de la Información.

Dadas las etapas mencionadas previamente en el diseño de investigación, las acciones propuestas se definen la identificación de los principales factores de riesgo que podrían llevar

a la destrucción de los geositos seleccionados. Esto incluiría la evaluación de factores geológicos, como movimientos de masas o erosión, así como factores antropogénicos, como la urbanización, la explotación minera o la deforestación.

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

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

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. evaluación de la vulnerabilidad de los sitios de interés geológico en la provincia de Santiago de Cuba.

Punto 1. 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, agrietadas, generalmente en capas finas, en muchas partes hay visible agrietamiento ver Tabla 3 y Figura 9.

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

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre.	15
Interés para la explotación minera	Se considera como material de relleno de caminos.	10
Vulnerabilidad natural	El sitio se encuentra sin cobertura vegetal, con un talud de pendiente 45, se encuentra agrietado y existe evidencia de desprendimiento de bloques.	15
Fragilidad intrínseca	El sitio presenta alta fragilidad debido al tipo de roca que afloran en el área del geositio, presenta poca resistencia a la erosión.	10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales, que deben de proteger y conservar el geositio.	10
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido	7
Accesibilidad	Es de fácil acceso lo que incrementa su vulnerabilidad.	10
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geositio	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra en zonas recreativas o turísticas.	5



Figura 8. Vista Panorámica del Punto 1, Calizas Tobáceas del Caney.

Punto 2. Tobas calcáreas del poblado El Sapo.

El punto de estudio se localiza en la localidad de El Sapo, con las coordenadas X: 618 953,66 y Y: 149 670,91. En términos de litología, se pueden identificar tobas calcáreas y granodiorita en contacto con traquiandesitas, lo cual lo convierte en un sitio propicio para el estudio de la petrología. Sin embargo, el afloramiento se encuentra en un estado físico inapropiado, rodeado de malezas y afectado por actividades humanas, lo que lo hace muy vulnerable. En cuanto a su representatividad y valor científico e histórico, se considera medio. Es un sitio accesible y común, lo que permite encontrar puntos similares en el área de estudio, lo que lo hace repetible. En términos de valor estético, es medio ya que solo presenta formas atractivas para los geólogos. Sin embargo, tiene una alta importancia didáctica, a pesar de su tamaño pequeño ver Tabla 4 y Figura 10.

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

PARÁMETRO VALORACIÓN	DE	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica		Se encuentra cerca de la carretera, expuesto a la acción antrópica del hombre.	10
Interés para la explotación minera		Se considera como material de relleno de caminos.	10
Vulnerabilidad natural		El sitio se encuentra sin cobertura vegetal, con un talud de pendiente 45, se encuentra agrietado y existe evidencia de desprendimiento de bloques.	15
Fragilidad intrínseca		El sitio presenta alta fragilidad debido al tipo de roca que afloran en el área del geositio, presenta poca resistencia a la erosión.	10
Régimen de protección		El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales, que deben de proteger y conservar el geositio.	10
Protección física o indirecta		No se encuentra protegido.	5
Accesibilidad		Es de fácil acceso lo que incrementa su vulnerabilidad.	7
Régimen de propiedad del suelo		Es de acceso libre.	5
Densidad de población		No hay población en el área del geositio	5
Cercanía a zonas recreativas		No se encuentra en zonas recreativas o turísticas.	2



Figura 10. Vista Panorámica del Punto 2, Tobas calcáreas del poblado El Sapo.

Punto 3. 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-blanquecino como se muestra en la figura 11. 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 los cuales pueden causar la pérdida de material del geosítio, lo que puede alterar su forma, tamaño y características ver Tabla 5 y Figura 11.

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

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	Se utiliza como material alternativo en la construcción de viviendas para el relleno de piso	15
Interés para la explotación minera	Se considera como material para la construcción y en la producción de cemento.	15
Vulnerabilidad natural	El sitio se encuentra cubierto ligeramente de malezas y afectado por procesos de meteorización y erosión los cuales causan pérdida de material del geosítio y estabilidad	15
Fragilidad intrínseca	El sitio presenta alta fragilidad debido al tipo de roca que afloran, en este caso las margas son rocas frágiles debido a su génesis.	10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	7
Accesibilidad	Afloramiento con buena accesibilidad.	10
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geosítio	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra en zonas recreativas o turísticas.	2



Figura 9. Vista Panorámica del Punto 3, Margas de la Fm. San Luis.

Punto 4. 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 13, 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 ver Tabla 6 y Figura 12.

Tabla 6. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio.

PARÁMETRO VALORACIÓN	DE	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica		Se encuentra cerca del poblado Chivirico, expuesto a la acción antrópica del hombre.	15
Interés para la explotación minera		Es un material ideal para la construcción de carreteras, puentes, edificios y otros proyectos de infraestructura que requieren materiales resistentes y duraderos.	15
Vulnerabilidad natural		El sitio se encuentra cubierto ligeramente de malezas y afectado por procesos exógenos que provocan deslizamientos. La pendiente del terreno también facilita el desprendimiento de bloques.	15
Fragilidad intrínseca		El sitio presenta alta fragilidad debido a que está en una zona tectónicamente activa que ha provocado el agrietamiento.	5
Régimen de protección		El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta		No se encuentra protegido.	5
Accesibilidad		Afloramiento con buena accesibilidad gracias a su cercanía al pueblo.	7
Régimen de propiedad del suelo		Es de acceso libre.	5
Densidad de población		El geositio se encuentra cerca de un área poblada.	5
Cercanía a zonas recreativas		No se encuentra cerca de zonas recreativas	5



Figura 102. Vista Panorámica del Punto 6, Dacitas de Chivirico

Punto 5. 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 ver Tabla 7 y Figura 13.

Tabla 7. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad del geositio punto 5.

PARÁMETRO VALORACIÓN	DE	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica		En el geositio se ha construido una cisterna para el abastecimiento de agua de la población	15
Interés para la explotación minera		Las tobas calcáreas pueden ser una fuente importante de materiales de construcción y pueden ser explotadas por empresas locales para abastecer la demanda de la construcción en la zona.	10
Vulnerabilidad natural		El geositio está afectado por los agentes erosivos y movimientos de masa en este caso en el desprendimiento de bloques provocados por actividad sísmica.	15
Fragilidad intrínseca		A causa de que la roca se encuentra al intemperismo se generaron fisuras y cavidades que aumentaron el grado de fragilidad.	10
Régimen de protección		El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta		No se encuentra protegido.	7
Accesibilidad		Afloramiento con buena accesibilidad.	10
Régimen de propiedad del suelo		Es de acceso libre.	5
Densidad de población		El geositio se encuentra cerca de un área poblada.	5
Cercanía a zonas recreativas		No se encuentra cerca de zonas recreativas.	5



Figura 1311. Vista Panorámica del Punto 5, Tobas calcáreas en las afueras de Chivirico.

Punto 6. 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 14, 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 ver Tabla 8 y Figura 14.

Tabla 8. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geositos punto 6.

PARÁMETRO VALORACIÓN	DE	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica		En sitio es el resultado de la actividad antrópica y la construcción de viales.	15
Interés para la explotación minera		No tiene indicio de explotación minera	15
Vulnerabilidad natural		El sitio se encuentra cubierto ligeramente de malezas, hay evidencia de erosión en la parte superior del sitio lo que ha provocado movimiento de masas.	15
Fragilidad intrínseca		Debido a que el geositio se encuentra expuesto a la intemperie durante períodos prolongados, las rocas se han debilitado	10
Régimen de protección		El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta		No se encuentra protegido.	5
Accesibilidad		Afloramiento con buena accesibilidad gracias a su cercanía al pueblo.	10
Régimen de propiedad del suelo		Es de acceso libre.	5
Densidad de población		El geositio se encuentra cerca de un área poblada.	5
Cercanía a zonas recreativas		No se encuentra cerca de zonas recreativas	2



Figura 124. Vista Panorámica del Punto 6, Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago.

Punto 7. 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 15. 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 ver Tabla 9 y Figura 15.

Tabla 9. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geositos punto 7.

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	En sitio es el resultado de la actividad antrópica y la construcción de viales.	10
Interés para la explotación minera	No hay evidencia de explotación minera	5
Vulnerabilidad natural	El geosito está afectado por los agentes erosivos y movimientos de masa en este caso en el desprendimiento de bloques provocados por actividad sísmica además de ser afectado directamente por el intemperismo.	15
Fragilidad intrínseca	A causa de que la roca se encuentra al intemperismo se generaron fisuras y cavidades que aumentaron el grado de fragilidad.	10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	10
Accesibilidad	Afloramiento con buena accesibilidad.	10
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	El geosito se encuentra cerca de un área poblada.	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra cerca de zonas recreativas.	2



Figura 15. Vista Panorámica del Punto 7, Calizas de Alto del Mosquito.

Punto 8: Poza los Morones

Afloramiento ubicado en la localidad los morones del municipio Guama con coordenadas X: 303 629.69 Y: 220 441.36 Esta poza es de singular atractivo para los visitantes debido a su singular belleza y claridad de sus aguas, posee rocas calizas en sus orillas que están cubiertas moderadamente por malezas vegetales ver Tabla 10 y Figura 16

Tabla 10. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geositios punto 8.

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	Esta poza es de singular atractivo para los visitantes debido a su singular belleza y claridad de sus aguas.	15
Interés para la explotación minera	El geositio no es de interés para la explotación minera.	10
Vulnerabilidad natural	El sitio se encuentra cubierto ligeramente de malezas y es poco vulnerable gracias a que las rocas calizas debido a su génesis son relativamente resistentes y a que en esa parte del rio el flujo de agua no es muy intenso.	10
Fragilidad intrínseca	Debido a que el geositio se encuentra expuesto a la intemperie durante períodos prolongados, las rocas se han debilitado	10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	7
Accesibilidad	Afloramiento con buena accesibilidad.	10
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geositio.	5
Cercanía a zonas recreativas	Es un atractivo natural debido a la claridad de sus aguas.	3



Figura 13. Vista Panorámica del Punto 8, Calizas de Alto del Mosquito.

Punto 9: Conglomerados del río Turquino

Afloramiento ubicado en la localidad los morones del municipio Guama con coordenadas X: 693,304.14 Y: 2,209,438.19 Roca conglomerada de gran tamaño que se ha formado en un ambiente fluvial y que están compuestos por clastos redondeados de diversos tamaños. Está situada a orilla del río y está en contacto con otras estructuras y tipos de roca ver Tabla 11 y Figura 17.

Tabla 11. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geositos punto 9.

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	Es poco vulnerable a la acción del hombre debido a que no tiene buena accesibilidad.	15
Interés para la explotación minera	El geosito no es de interés para futuras explotaciones mineras.	5
Vulnerabilidad natural	El geosito es poco vulnerable gracias a la resistencia de los conglomerados a la erosión fluvial.	15
Fragilidad intrínseca	Debido a que el geosito se encuentra expuesto a la intemperie durante períodos prolongados	10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	5
Accesibilidad	Afloramiento con poca accesibilidad	5
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geosito.	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra cerca de zonas recreativas	2



Figura 17. Vista Panorámica del Punto 9, Conglomerados del río Turquino.

Punto 10: Calizas del río Turquino

Afloramiento ubicado al extremo de la carretera en la localidad Alto del Mosquito en coordenadas X: 693,892.26 Y: 2,209,244.97 En presencia del Río Turquino tenemos una estructura de belleza singular formada por pequeños meandros, se evidencia la claridad de sus aguas, tiene una hidrografía bastante compleja y formada por varios tipos de rocas como las calizas ver Tabla 12 y Figura 18.

Tabla 12. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geositios punto 10.

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	El sitio no está expuesto a la acción antrópica del hombre	5
Interés para la explotación minera	El geositio no es de interés para la explotación minera	5
Vulnerabilidad natural	El sitio se encuentra cubierto de malezas y es poco vulnerable gracias a que las rocas calizas debido a su génesis son relativamente resistentes y a que en esa parte del río el flujo de agua no es muy intenso.	10
Fragilidad intrínseca	Es baja gracias a la génesis de las rocas que lo forman.	10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	5
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	5
Accesibilidad	Afloramiento con buena accesibilidad.	7
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geositio.	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra cerca de zonas recreativas	2



Figura 18. Vista Panorámica del Punto 10, Calizas del río Turquino.

Punto 11: Granitoides de la Plata

Afloramiento de rocas granitoides ubicado en la localidad de la Plata a orilla de la carretera Guamá-Pilón con coordenadas X: 698,672.57 Y: 2,206,609.55 El geosítio presenta una moderada vegetación en su parte posterior el cual se encuentra meteorizado física y mecánicamente por la acción de agentes naturales ver Tabla 13 y Figura 19.

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

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	Es vulnerable a la acción antrópica	10
Interés para la explotación minera	El geosítio no es de interés para la explotación minera	10
Vulnerabilidad natural	Afloramiento de rocas granitoides ubicado a orilla de la carretera con una moderada vegetación en su parte posterior el cual se encuentra meteorizado física y mecánicamente por la acción de agentes naturales.	15
Fragilidad intrínseca		10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	5
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	5
Accesibilidad	Afloramiento con buena accesibilidad.	10
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geosítio.	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra cerca de zonas recreativas	2



Figura 19. Vista Panorámica del Punto 13, Granitoides de la Plata

Punto 12: Túnel de La Plata

Afloramiento ubicado en la localidad de la Plata en la carretera Guamá-Pilón con coordenadas X: 365,693.98 Y: 2,209,486.96 El geosítio presenta una moderada vegetación en su parte posterior, en el mismo existe un túnel donde se evidencia que en el área hubo actividad minera. Este geosítio es vulnerable debido La construcción del túnel puede haber alterado la estructura geológica del geosítio, lo que puede debilitar su integridad estructural y aumentar el riesgo de desprendimientos y deslizamientos de tierra Tabla 14 y Figura 20.

Tabla 14. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geosítios punto 12.

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	Es muy vulnerable a la acción antrópica debido a que se encuentra a la orilla de la cantera y de un túnel.	15
Interés para la explotación minera	En el afloramiento existe un túnel donde se evidencia que en el área hubo actividad minera.	15
Vulnerabilidad natural	En el afloramiento existe un túnel donde se evidencia que en el área hubo actividad minera, en la zona se representan deslizamientos	15
Fragilidad intrínseca		10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	5
Accesibilidad	Afloramiento con buena accesibilidad.	7
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geosítio.	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra cerca de zonas recreativas	5



Figura 20. Vista Panorámica del Punto 12, Túnel de La Plata.

Punto 13: Tobas del cruce de Peladero

Afloramiento situado al pie de la Carretera Guamá-Pilón con coordenadas X:698,672.57 Y: 2,206,609.55 de gran peculiaridad y belleza, formado por tobas con determinando nivel de vulnerabilidad ver Tabla 15 y Figura 21.

Tabla 15. Parámetros de valoración de la vulnerabilidad de los geositos punto 13.

PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
Vulnerabilidad antrópica	En sitio es el resultado de la actividad antrópica y la construcción de viales.	15
Interés para la explotación minera	Por su cercanía a la carretera el afloramiento se ha utilizado para la construcción de viales.	15
Vulnerabilidad natural	El geositio está expuesto a la erosión y la meteorización, también hay evidencia de actividad tectónica ya que se encuentra diferentes fallas.	15
Fragilidad intrínseca	Es alta, el afloramiento ha sido afectado por la acción del intemperismo	10
Régimen de protección	El sitio no se encuentra identificado y no está protegido por las autoridades locales.	10
Protección física o indirecta	No se encuentra protegido.	7
Accesibilidad	Afloramiento con buena accesibilidad.	10
Régimen de propiedad del suelo	Es de acceso libre.	5
Densidad de población	No hay población en el área del geositio.	5
Cercanía a zonas recreativas	No se encuentra cerca de zonas recreativas	2



Figura 21. Vista Panorámica del Punto 12, Calizas de Alto del Mosquito.

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

Puntos de Interés Geológicos	Indicadores										Evaluación			Clasificación
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Alta	Media	Baja	
Calizas Tobáceas del Caney	15	10	15	10	10	7	10	5	5	5	1			92
Tobas calcáreas del poblado El Sapo	10	10	15	10	10	5	7	5	5	2		1		79
Margas de la Fm. San Luis	15	15	15	10	10	7	10	5	5	2	1			94
Dacitas de Chivirico	15	15	15	5	10	5	7	5	5	5	1			87
Tobas de Chivirico	15	10	15	10	10	7	10	5	5	5	1			92
Areniscas Tobáceas en la carretera de Chivirico rumbo a Santiago	15	15	15	10	10	5	10	5	5	2	1			92
Calizas de Alto del Mosquito	10	5	15	10	10	10	10	5	5	2		1		82
Poza Los morones	15	10	10	10	10	7	10	5	5	3		1		85
Conglomerados del río Turquino	15	5	15	10	10	5	5	5	5	2		1		77
Caliza del río Turquino	5	5	10	10	5	5	7	5	5	2			1	59
Granitoides de la Plata	10	10	15	10	5	5	10	5	5	2		1		77
Túnel de La Plata	15	15	15	10	10	5	7	5	5	5	1			92
Tobas del cruce de Peladero	15	15	15	10	10	7	10	5	5	2	1			94

1). Vulnerabilidad antrópica. 2) Interés para la explotación minera. 3) Vulnerabilidad natural. 4) Fragilidad intrínseca. 5) Régimen de protección. 6) Protección física o indirecta. 7) Accesibilidad. 8) Régimen de propiedad del suelo. 9) Densidad de población. 10) Cercanía a zonas recreativas.

Análisis de variables.

Vulnerabilidad antrópica.

Según el gráfico se puede observar que el 64 % de los geositios visitados presenta una alta vulnerabilidad, el 29 % una vulnerabilidad media y solo el 7% muestra una baja vulnerabilidad. Estos resultados indican que existe una preocupante cantidad de geositios expuestos a riesgos significativos ver figura 22.

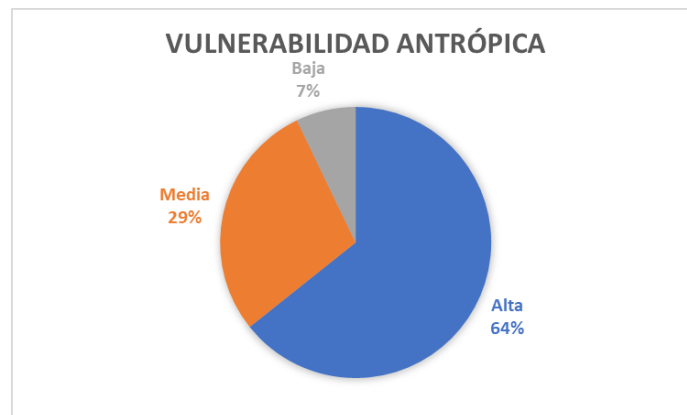


Figura 22.

Existen varios elementos que pueden provocar esta alta vulnerabilidad, y algunas posibles causas podrían ser:

1. La ausencia de estrategias de conservación y la falta de una gestión efectiva pueden dejar a los geositios vulnerables a amenazas y daños.
2. Actividades humanas inadecuadas, como la explotación excesiva de recursos naturales, el desarrollo no sostenible, la contaminación y el turismo no regulado, pueden contribuir a la vulnerabilidad de los geositios.
3. Las alteraciones ambientales provocadas por el cambio climático, como el aumento de las temperaturas, las sequías, las inundaciones y los fenómenos meteorológicos extremos, también pueden aumentar la vulnerabilidad de los geositios.
4. La falta de conocimiento sobre los valores de los geositios y la importancia de su conservación puede llevar a una falta de acción y medidas adecuadas para protegerlos.

Para abordar esta alta vulnerabilidad y proteger los geositios, se pueden implementar varias medidas:

1. Establecer estrategias detalladas para la conservación y el manejo sostenible de los geositios, a partir de las características específicas de cada sitio y los riesgos a los que están expuestos.
2. Implementar políticas y regulaciones claras que fomenten la protección de los geositios y restrinjan actividades dañinas.
3. Promover la participación comunitaria: Involucrar a las comunidades locales en la gestión y protección de los geositios.
4. Realizar campañas de sensibilización y programas educativos para aumentar la conciencia sobre la importancia de los geositios y promover su conservación entre la población local y los visitantes.
5. Establecer programas de monitoreo regular para evaluar el estado de los geositios y detectar posibles amenazas o cambios.

La implementación de estas medidas contribuirá a reducir la vulnerabilidad de los geositios y garantizar su preservación a largo plazo, proteger su valor científico, cultural y natural para las generaciones presentes y futuras.

Interés explotación minera.

El 36 % de los geositios evaluados se consideran una fuente de materiales para la industria de materiales de construcción. Esto implica que estos geositios contienen los recursos minerales necesarios para satisfacer la demanda de materiales de construcción, como piedra, arena, grava, arcilla u otros minerales utilizados en la industria de la construcción.

El interés en estos geositios se debe a su valor económico y utilidad para la producción de materiales esenciales para la construcción de infraestructuras, edificios y otros proyectos relacionados. Estos geositios pueden estar ubicados en áreas convenientes y accesibles, lo que facilita su explotación y transporte de los materiales extraídos.

El interés medio del 26% puede estar relacionado con geositios que contienen recursos minerales de construcción, pero pueden tener limitaciones en términos de calidad o demanda. Esto podría deberse a limitaciones técnicas, restricciones ambientales u otras condiciones que hacen que la explotación sea menos favorable o más costosa en comparación con otros geositios más interesantes.

Por otro lado, el bajo interés del 28 % puede deberse a diversas razones. Que puede ser resultado de una planificación efectiva y de políticas de conservación que busquen proteger estos geositorios debido a su valor científico, cultural o ambiental.

Es importante destacar que la decisión de explotar un geositorio debe tomar en consideración varios factores, como la viabilidad económica, el impacto ambiental, los derechos de las comunidades locales y el potencial de agotamiento de los recursos. La explotación minera de los geositorios debe realizarse de manera sostenible, implementar además prácticas responsables que minimicen los impactos negativos y promuevan la conservación adecuada de estos valiosos recursos naturales ver figura 23.



Figura 23.

Los resultados indican que el 79 % de los geositorios evaluados presentan una **alta vulnerabilidad natural**, asociada a riesgos geológicos como movimientos de masas y erosión, mientras que el 21 % muestra una vulnerabilidad media. Estos resultados pueden estar justificados por varios elementos:

1. Características geológicas: Muchos geositorios pueden estar ubicados en áreas donde existen condiciones geológicas propensas a movimientos de masas, como deslizamientos de tierra o desprendimientos de rocas. Estas condiciones pueden ser causadas por la composición geológica del terreno, la topografía, la presencia de fallas geológicas, la erosión o eventos naturales como terremotos o fuertes lluvias.
2. Factores climáticos y ambientales: Los patrones climáticos y las condiciones ambientales también pueden contribuir a la vulnerabilidad natural de los geositorios. Por ejemplo, una mayor exposición a la erosión puede deberse a la presencia de condiciones

climáticas extremas, como fuertes lluvias, vientos intensos o cambios en los niveles de agua.

3. Tipo de geositio: Algunos tipos de geositios, como acantilados o costas, pueden tener una mayor vulnerabilidad natural debido a la interacción entre los fenómenos geológicos y los elementos climáticos, como oleaje, marejadas o cambios en el nivel del mar. Estos factores pueden aumentar la probabilidad de erosión costera y otros riesgos geológicos.
4. Evaluación de riesgos: Es posible que se hayan realizado evaluaciones de riesgos detalladas en los geositios, lo que permitiría identificar y clasificar la vulnerabilidad natural asociada a características específicas de cada sitio. Estas evaluaciones pueden tener en cuenta factores como la pendiente del terreno, la exposición a agentes erosivos o la estabilidad geológica.

Es importante tener en cuenta que estos resultados subrayan la necesidad de tomar medidas adecuadas para gestionar y mitigar los riesgos asociados a la vulnerabilidad natural de los geositios. Estas medidas pueden incluir la implementación de sistemas de monitoreo, la planificación de acciones de conservación y la adopción de enfoques de gestión y uso del territorio que tomen en consideración los riesgos geológicos y ambientales específicos de cada geositio. Esto garantizará una mayor protección de los geositios y sufragará así su valor y su conservación a largo plazo ver figura 24.

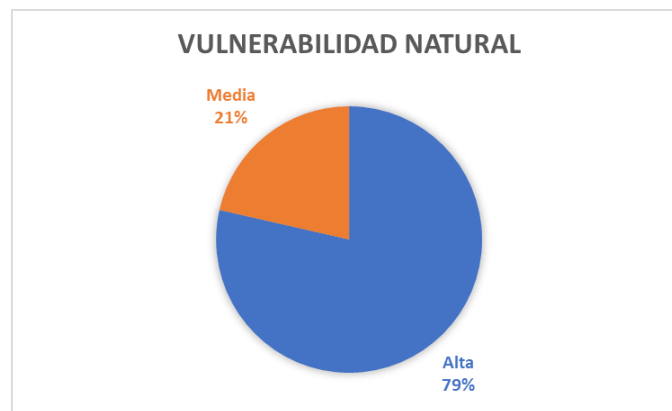


Figura 24.

La variable de **fragilidad intrínseca** muestra que el 93 % de los geositios evaluados presentan alta fragilidad, mientras que solo el 7 % tiene una fragilidad baja. Dado los elementos mencionados anteriormente, estos resultados pueden justificarse por varias razones:

1. La alta vulnerabilidad natural de los geositios, asociada a riesgos geológicos y movimientos de masas, puede contribuir significativamente a su fragilidad intrínseca. Los procesos de erosión y los riesgos geológicos pueden debilitar la estabilidad de los geositios y, en consecuencia, aumentar su fragilidad.
2. La influencia humana en los geositios, como la explotación minera no sostenible, la deforestación, la urbanización descontrolada o la contaminación, puede incrementar la fragilidad intrínseca de estos lugares. Estas actividades pueden alterar los equilibrios naturales, degradar los suelos y afectar los ecosistemas, lo que debilita la resistencia y la capacidad de recuperación de los geositios.
3. Los efectos del cambio climático, como el aumento de las temperaturas, las sequías y los eventos climáticos extremos, pueden acentuar la fragilidad intrínseca de los geositios. Estos cambios ambientales pueden provocar desequilibrios en los ecosistemas, aumentar los riesgos geológicos y acelerar la degradación de los recursos naturales presentes en los geositios.

Al considerar estos elementos, es crucial tomar medidas de conservación y manejo adecuadas para proteger los geositios y reducir su fragilidad intrínseca. Esto implica implementar planes de gestión sostenible, promover prácticas de uso del territorio que minimicen los impactos negativos, realizar monitoreo regular y fomentar la participación de las comunidades locales en la protección y conservación de los geositios. Además, el fortalecimiento de la conciencia y la educación ambiental puede contribuir a la valoración y preservación efectiva de estos lugares únicos ver figura 25.



Figura 25.

De acuerdo con los datos proporcionados, se observa que el 79 % de los geositos analizados requiere una alta protección en cuanto a su régimen de protección, mientras que solo el 21 % tiene una necesidad de protección baja. Estos resultados resaltan la importancia de implementar medidas sólidas de protección para la mayoría de los geositos evaluados ver figura 26.



Figura 26.

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

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

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

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

1. Fortalecer la legislación y los reglamentos existentes para garantizar una protección efectiva de los geositos.

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

Según los datos proporcionados, se observa que solo el 7 % de los geositios presenta una protección física considerada alta, mientras que el 43 % registra una protección media y el 50 % restante muestra una protección física baja. Estos resultados revelan que existe una necesidad de mejorar la protección física de la mayoría de los geositios evaluados ver figura 27.

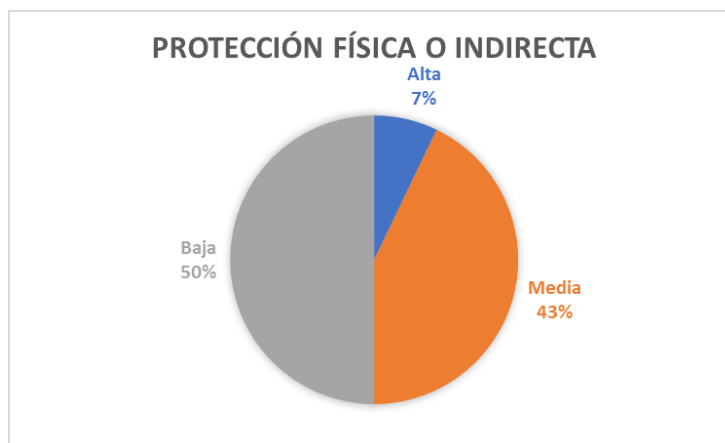


Figura 27.

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

Las posibles causas de una protección física baja podrían incluir la falta de recursos y financiamiento para implementar medidas de conservación adecuadas, la falta de conciencia

sobre la importancia de la protección física o la falta de coordinación entre diferentes entidades encargadas de la protección de los geositios.

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

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

Mejorar la protección física de los geositios es esencial para garantizar su preservación a largo plazo y permitir que las generaciones futuras disfruten de su riqueza natural y cultural. La implementación de medidas adecuadas contribuirá a mantener la integridad de los geositios y promover un desarrollo sostenible en armonía con nuestro entorno figura 28.

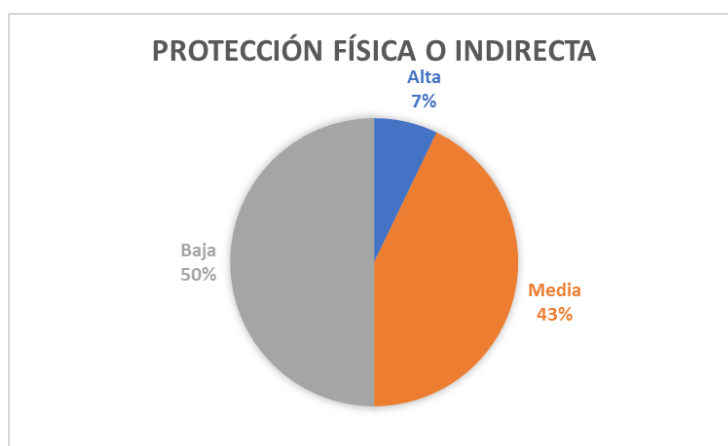


Figura 280.

Según los datos proporcionados, se destaca que el 64 % de los geositios son considerados accesibles, mientras que el 29 % presenta una accesibilidad media y solo el 7 % se califica

como de baja accesibilidad. Estos resultados sugieren que la mayoría de los geositorios evaluados son fácilmente accesibles para los visitantes y están ubicados en áreas donde se facilita su llegada y exploración ver figura 29.

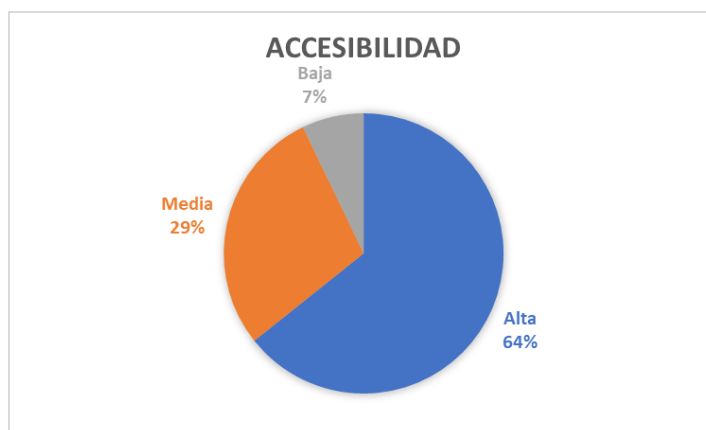


Figura 29.

Existen varios aspectos que pueden influir en la variable de accesibilidad de los geositorios. Algunas posibles causas podrían incluir la disponibilidad de rutas de acceso bien desarrolladas, infraestructura adecuada como carreteras y senderos, señalización clara y suficiente información para los visitantes. Además, la planificación cuidadosa de los espacios y la consideración de las necesidades de personas con movilidad reducida también contribuyen a una mayor accesibilidad.

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

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

Según los resultados obtenidos, es interesante observar que el 29 % de los geositorios tienen una alta cercanía a zonas recreativas, mientras que solo el 7 % se encuentra en una cercanía media, y el 64% restante se asocia con una baja cercanía a las áreas. La predominancia de la baja cercanía podría indicar que estos geositorios se encuentran en lugares alejados de la población y de las zonas turísticas.

Las posibles causas de esta situación podrían incluir una falta de accesibilidad y conectividad para llegar a estos geositorios, especialmente en áreas rurales o con una infraestructura de transporte limitada. La baja promoción y difusión de estos geositorios también puede ser un factor, ya que las personas pueden no estar al tanto de su existencia o de los beneficios que ofrecen. Se deben de aplicar e implementar soluciones que ayudaría a aumentar la cercanía y conexión de los geositorios con las zonas recreativas y turísticas, para promover su valoración y conservación a largo plazo figura 30.

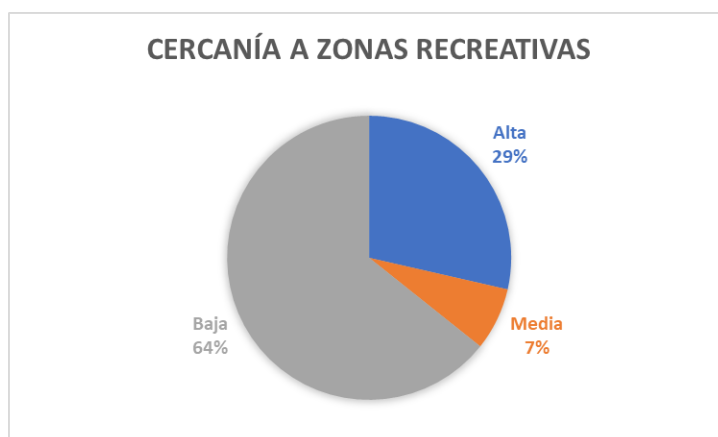


Figura 30.

El análisis global permite definir que se observa que el 50 % de los indicadores presentan una alta vulnerabilidad, mientras que el 36 % muestra una vulnerabilidad media y solo el 14 % registra una baja vulnerabilidad. Esta distribución de resultados sugiere que existen diversas causas que contribuyen a la vulnerabilidad de los geositorios. Algunas posibles causas podrían incluir la falta de medidas de protección y conservación adecuadas, la presencia de actividades humanas incompatibles que ponen en riesgo los geositorios, así como la falta de conciencia sobre los valores intrínsecos y la importancia de la conservación. Un análisis exhaustivo de las causas subyacentes permitirá desarrollar estrategias y soluciones efectivas para abordar los desafíos y garantizar la preservación a largo plazo de los geositorios figura 31.

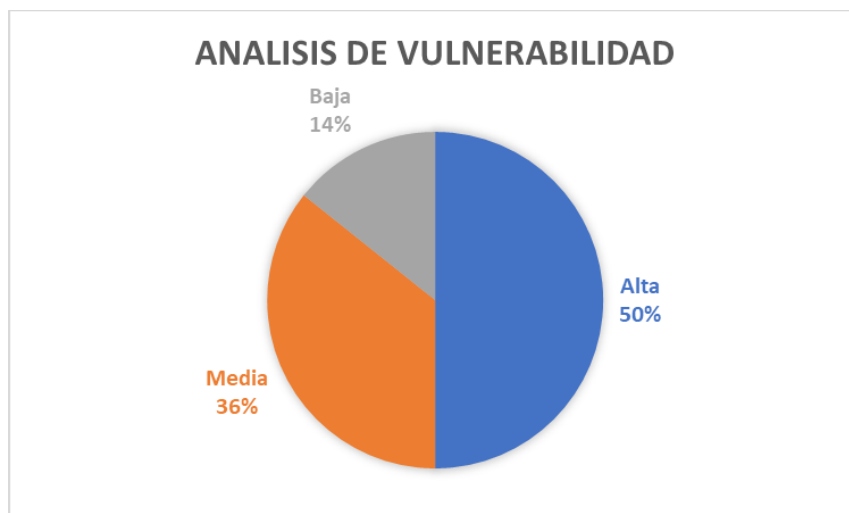


Figura 31.

3.3. Acciones de preservación de los geositios.

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

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

CONCLUSIONES

1. La caracterización de los sitios de interés geológico nos permite entender su composición, formación y características únicas. Esto es esencial para identificar su importancia y valor científico, así como para establecer estrategias de conservación adecuadas.
2. La evaluación de la vulnerabilidad de los geosítios nos ayuda a comprender los riesgos a los que están expuestos, como la erosión, los deslizamientos de tierra o la actividad humana. Estos análisis nos permiten priorizar las áreas más susceptibles y tomar medidas de protección preventivas.
3. La identificación de los principales factores de riesgo de destrucción de los geosítios nos brinda una visión clara de las amenazas que enfrentan. Esto puede incluir actividades como la extracción de minerales, la urbanización descontrolada o el turismo irresponsable.
4. La propuesta de medidas efectivas para preservar la integridad de los geosítios es fundamental para garantizar su conservación a largo plazo. Estas medidas pueden incluir la creación de áreas protegidas, la implementación de programas de educación y conciencia ambiental, así como la promoción del turismo sostenible.
5. La preservación de los geosítios no solo es importante desde el punto de vista científico, sino también para la educación, el turismo y la preservación del patrimonio cultural y natural de una región.

RECOMENDACIONES

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

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu Fernández, L. (2019). Evaluación de geositos del Arco Volcánico del Paleógeno, Santiago de Cuba. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Betancourt, G. R. G., & Elías, D. N. (2019). Evaluación de geositos para la protección y conservación del patrimonio geológico en la ruta el Uvero-La Plata, municipio Guamá, provincia Santiago de Cuba. [Universidad de Moa]. www.ismm.edu.cu
- Brocx, M., & Semeniuk, V. (2007). Geoh heritage and geoconservation-history, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90(2), 53–87.
- Burton, I., Kates, R. W., & White, G. F. (1978). *The Environment as Hazard.*(Oxford University Press: New York.).
- Campos-Dueñas, M. (1983). Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de las provincias de Holguín y Guantánamo. *Minería y Geología*, 1(2), 51–75.
- Cañadas, E. S., & Flaño, P. R. (2007). Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiernes Caracena (Soria). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 45.
- Castellanos, D. W. (2016). Evaluación de los sitios de interés geológicos más importantes de los municipios Sagua de Tánamo. Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Cendrero, A. (1996). El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. *El Patrimonio Geológico*, 17–28.
- Colegial, J. D., Piscioti, G., & Uribe, E. (2002). Metodología para la definición, evaluación y valoración del patrimonio geológico y su aplicación en la geomorfología glaciar de Santander (municipio de Vetás). *Boletín de Geología*, 24(39), 121–134.
- Colmenero Rielo, I. E. (2015). Análisis del peligro por deslizamientos de los principales viales de la provincia de Santiago de Cuba. Departamento de Geología.
- Cordoví, Y. C. S., & Deulofeu, E. Á. (2021). Limitaciones de los estudios de vulnerabilidad sísmica a edificaciones de hormigón en Santiago de Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 15(3), 1–12.
- Domech, G. (2007). Propuesta de metodología a emplear para las acciones de protección del patrimonio geológico. *Memorias II Convención Ciencias de La Tierra*.
- Domínguez-González, L. (2005). Potencial geológico-Geomorfológico de la region de Moa propuesta de un modelos de gestión de los sitios de interés patrimonial.

- Domínguez, S. Y. R., Álvarez, R. O., & Sánchez, D. C. (2019). Análisis de estabilidad de un talud ubicado en la costa este de la bahía de Santiago de Cuba, Cuba. *Mapping*, 195, 10–16.
- Durán, J. J. (1998). Patrimonio geológico de la Comunidad Autónoma de Madrid. Sociedad Geológica de España y Asamblea de Madrid, Madrid, 290.
- Fernández, P., & Madian, L. (2019). Regularidades de los suelos con evidencias de licuefacción. Casos de estudio: Río Cauto, San Cristóbal y Santiago de Cuba. Departamento de Geología.
- Gaceta Oficial de la República de Cuba. (2020). Decreto 11/2020 Del Patrimonio Geológico de Cuba. In DOC-2020-632-O69 (Issue ISSN 1682-7511.).
- Galbán-Rodríguez, L., Guardado-Lacaba, R. M., & Chuy-Rodríguez, T. J. (2021a). Principales procesos y fenómenos geológicos conducentes a riesgos en la provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 49, 13–23.
- Galbán-Rodríguez, L., Guardado-Lacaba, R. M., & Chuy-Rodríguez, T. J. (2021b). Principales procesos y fenómenos geológicos conducentes a riesgos en la provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 49, 13–23.
- Gyarmati, P., & Leyé, O. (n.d.). 'Conor, J. 1990. Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1: 50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. Oficina Nacional de Recursos Minerales.
- Gyarmati, P., & O'Conor, J. L. (1990). Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1: 50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. ONRM, Cuba.
- Henao, Á., & Osorio, J. (2012). Propuesta metodológica para la identificación y clasificación del patrimonio geológico como herramienta de conservación y valoración ambiental- Caso específico para Colombia. Presentado En Congreso Latinoamericano de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Santiago de Chile, 7.
- Inga, A. C. V. (2018). Valoración del Patrimonio Geológico en la Ruta de las Cascadas de la parroquia Rumipamba-Cantón Rumiñahui.
- Kozary, M. T. (1968). Ultramafic rocks in thrust zones of northwestern Oriente Province, Cuba. *AAPG Bulletin*, 52(12), 2298–2317.
- López-Martínez, J., Valsero, J. J. D., & Urquí, L. C. (2005). Patrimonio geológico: una

- panorámica de los últimos 30 años en España. *Boletín de La Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, 100(1), 277–287.
- Martínez, O. R. (2008). Patrimonio geológico. Identificación, valoración, Y gestión de sitios de interés geológico. *Geograficando*.
- Morejón-Blanco, G., Leyva-Chang, K. M., & Candebat-Sánchez, D. (2021). Atlas de tipologías representativas en la ciudad Santiago de Cuba con fines de gestión de riesgo sísmico. *Ciencia En Su PC*, 1(1), 25–45.
- Penagos, W. M. M. (2009). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible ante la crisis planetaria: demandas a los procesos formativos del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 26.
- Piacente, S., & Giusti, C. (2000). Geotopos, una oportunidad para la difusión y valoración de la cultura geológica regional. *Documentos*, 134–137.
- Poch, J. (2019). Revisión y propuesta de mejora del modelo de gestión de la geodiversidad de los Geoparques Mundiales de la UNESCO.
- Quintas-Caballero, F. (1988). Formación Micara en Yumurí Arriba, Baracoa. Clave para la interpretación de la geología histórica prepaleocencia de Cuba Oriental. Segunda Parte. *Minería y Geología*, 6(1), 3–16.
- Ramos, J. A. S. (2018). Evaluación y diagnóstico de nuevos geositos en los municipios Sagua de Tánamo y Frank País, de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Romero, C. L. P. (2017). Evaluación y diagnóstico de geositos en los municipios del Este de la provincia Holguín para la protección y conservación del patrimonio geológico. Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez.
- Rosabal-Domínguez, S., Rivera-Álvarez, Z., & Villalón-Semanat, M. (2022). Efecto de sitio en las estaciones acelerográficas de la ciudad Santiago de Cuba, utilizando movimientos fuertes. *Minería y Geología*, 38(3), 210–222.
- Rosabal-Domínguez, S., Palau-Clares, R., Cutié-Mustelier, M., Oliva-Álvarez, R., Rivera-Álvarez, Z., & Villalón-Semanat, M. (2021). Aceleraciones del terremoto del 27 de febrero de 2018 obtenidas por la red acelerográfica de la ciudad de Santiago de Cuba. *Minería y Geología*, 37(3), 274–286.

- SCG. (2019). MEMORIAS DE GEOCIENCIAS TRABAJOS Y RESUMENES, XIII CONGRESO DE GEOLOGIA.
- Serrano, E., Ruiz-Flaño, P., & Arroyo, P. (2009). Geodiversity assessment in a rural landscape: Tiermes-Caracena area (Soria, Spain). *Memorie Descrittive Della Carta Geologica d'Italia*, 87, 173–180.
- Sharples, C. (2002). Concepts and principles of geoconservation. Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart.
- Torres, M. V., Iglesia, A. R., Guanche, C. D., Carrillo, M. A. S., Serrano, Y. M., & Martínez, O. I. (2020). Valor del patrimonio geológico, proyecto Geoparque Viñales. Metodología para la selección de los geositos. *Revista ECOVIDA*, 9(2), 266–284.
- Urquí, L. C. (2014). Guía práctica para entender el patrimonio geológico. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 22(1), 5.
- Valderrama, G. J., Garrido, M. L., & Castellano, T. A. (2013). Guía para el uso sostenible del patrimonio geológico de Andalucía. Junta De Andalucía.
- Wimbledon, W. A., Benton, M. J., Bevins, R. E., Black, G. P., Bridgland, D. R., Cleal, C. J., Cooper, R. G., & May, V. J. (1995). The development of a methodology for the selection of British geological sites for conservation: Part 1. *Modern Geology*, 20(2), 159.
- Wimbledon, W. A. P., Ishchenko, A. A., Gerasimenko, N. P., Karis, L. O., Suominen, V., Johansson, C. E., & Freden, C. (2000). PROYECTO GEOSITES, UNA INICIATIVA DE LA UNIÓN INTERNACIONAL DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS (IUGS). LA CIENCIA RESPALDADA POR LA CON-SERVACIÓN. *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*, 73.
- Zouros, N., & Mc Keever, P. (2004). The European geoparks network. *Episodes*, 27(3), 165–171.