



Minería y Geología
ISSN: 1993-8012
revistamg@ismm.edu.cu
Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez
Cuba

Acciones estratégicas para la preservación del puente natural sobre el río Bitirí

Fernández-Cruz, Sara; Gómez-Iglesias, Rolando R.; Velázquez-Velázquez, Amparo

Acciones estratégicas para la preservación del puente natural sobre el río Bitirí

Minería y Geología, vol. 38, núm. 2, 2022

Universidad de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223574523004>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.


Acciones estratégicas para la preservación del puente natural sobre el río Bitirí

Strategic actions for preserving the natural bridge over The Bitirí River

Sara Fernández-Cruz
Universidad de Holguín, Cuba
sarafe@uho.edu.cu

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223574523004>

 <https://orcid.org/0000-0001-9246-5240>

Rolando R. Gómez-Iglesias
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, Cuba
 <https://orcid.org/0000-0002-9703-5650>

Amparo Velázquez-Velázquez
Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel, Cuba
 <https://orcid.org/0000-0003-0571-7468>

Recepción: 16 Enero 2022
Aprobación: 15 Marzo 2022

RESUMEN:

El puente natural sobre el río Bitirí, localizado en la provincia de Holguín, muestra signos evidentes de deterioro que ponen en riesgo su estabilidad. El propósito del estudio que aquí se reporta es proponer y evaluar un conjunto de acciones estratégicas dirigidas a preservar esta singular estructura geológica declarada monumento natural. Con base en trabajos de campo y de gabinete se efectuó un análisis ambiental integral, en tres etapas, el cual permitió diagnosticar el deterioro del puente, proponer un plan de acciones y valorar a largo plazo la efectividad de las acciones. Para este último fin se aplicó el software PROMETHEE para valorar la aplicabilidad, eficiencia y pertinencia de las 13 acciones propuestas. De este modo se diferenciaron seis acciones óptimas, dos con incidencia indirecta y cinco no relevantes. Se establece que los problemas ambientales que afectan la estabilidad del puente están asociados, fundamentalmente, a la erosión natural acentuada por la sobreexplotación antrópica del lugar.

PALABRAS CLAVE: patrimonio natural, río Bitirí, análisis ambiental, preservación del patrimonio, acciones estratégicas.

ABSTRACT:

The natural bridge over the Bitirí River, located in Holguín province, shows visible signs of weakening that put its stability at risk. The purpose of the study is to evaluate and proposing a set of strategic actions aimed at preserving this unique geological structure declared a natural monument. Based on field and cabinetwork, a comprehensive environmental analysis was carried out in three stages, which allowed diagnosing the degradation of the bridge, proposing an action plan and assessing the effectiveness of the actions in the long term. For this last purpose, the PROMETHEE software was applied to assess the applicability, efficiency and relevance of the 13 proposed actions. In this way, six optimal actions were differentiated, two with indirect incidence and five not relevant. It was also possible to establish that the environmental problems affecting bridge stability are mainly associated with natural erosion accentuated by the anthropic overexploitation of the place.

KEYWORDS: natural heritage, Bitirí River, environmental analysis, heritage preservation, strategic actions.

1. INTRODUCCIÓN

El puente natural sobre el río Bitirí se localiza en la provincia de Holguín, al oeste del Parque Nacional La Mensura, en la parte nororiental de Cuba constituyendo un elemento distintivo de la geografía holguinera. Su origen y formación se deben a la acción milenaria de los agentes erosivos sobre las rocas calizas que dieron

NOTAS DE AUTOR

sarafe@uho.edu.cu

lugar a sorprendentes estructuras rocosas, que hacen de este puente natural un elemento importante y único de la geografía cubana por lo que fue declarado Monumento Nacional Natural mediante la Resolución No. 4 del 29 de septiembre de 2008 de la Comisión Nacional de Monumentos (CNM 2008), en virtud de la política de conservación del patrimonio natural establecida por el Estado cubano.



FIGURA 1.
Puente natural sobre el río Bitirí.

Los monumentos naturales son reconocidos como espacios o elementos de la naturaleza constituidos básicamente por formaciones de notoria singularidad, rareza o belleza, que merecen una protección especial. Son además elementos de la gea (Tierra, en griego) que reúnan un interés especial por la singularidad o importancia de sus valores científicos, culturales o paisajísticos (Santana y Aguilera 2017).

La integridad de la estructura rocosa que se extiende sobre el río Bitirí está amenazada por la acción de agentes tanto naturales como antrópicos, que pueden ocasionar daños de distinta magnitud, desde pequeños e irreparables hasta la destrucción total, lo cual significaría una pérdida para el patrimonio natural de la nación. Tal situación condujo al gobierno de la localidad a emprender diferentes acciones de carácter restrictivo dirigidas principalmente a evitar el flujo de personas sobre el puente, la tala de los bosques en zonas aledañas y al lavado de vehículos y animales. Sin embargo, no se observaron resultados notables.

El hecho de que la estructura del puente esté compuesta por rocas calizas es un elemento relevante a considerar por lo que ello significa para su estabilidad. Estas rocas al tener un alto contenido de carbonatos son muy erosionables y vulnerables ante los agentes de erosión, tanto naturales como antrópicos (Fernández-Gutiérrez et al. 2021; Haider et al. 2021; Liu et al. 2022).

Los antecedentes referidos condicionaron la necesidad de encontrar un instrumento que, estratégicamente en manos de decisores, guiara el modo de proceder en la gestión de conservación del puente y, por consiguiente, contribuyera con la conservación del patrimonio natural de la provincia de Holguín. De aquí que la presente investigación tuvo el propósito fundamental de proponer y evaluar un plan de acciones dirigido a preservar el puente natural sobre el río Bitirí.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La Figura 2 expone la secuencia investigativa, estructurada en tres etapas. En la etapa I se revisaron y procesaron diferentes fuentes y bases de datos del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), de la Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF), de la Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura (MINAGRI) y de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE).

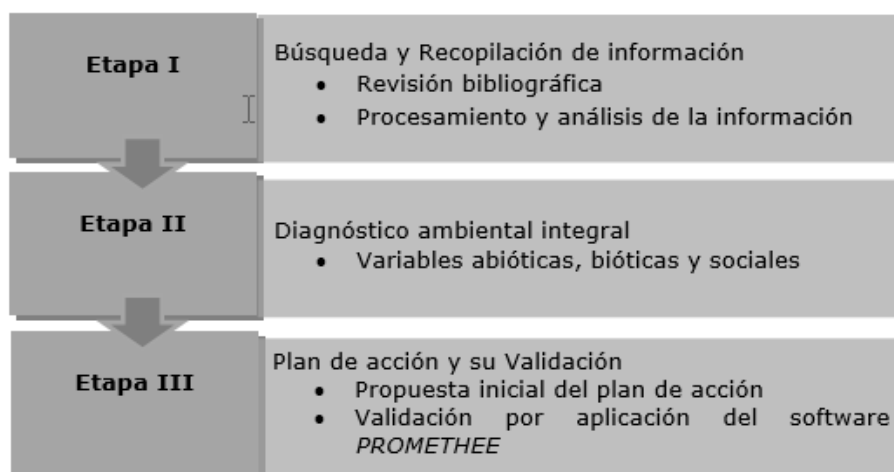


FIGURA 2.
Esquema de la secuencia de la investigación.

Especialistas en la temática como Saavedra-Díaz y Perevochtchicova (2017) refieren que los diagnósticos ambientales constituyen estudios muy eficientes y aplicables en contextos hidrológicos, como el caso que aquí se estudia. El objetivo de la etapa II fue diagnosticar a partir del análisis de variables abióticas, bióticas y sociales, el estado ambiental en que se encuentra el puente y las presiones a las cuales es sometido. La información recopilada en la etapa anterior se complementó con la realización de un levantamiento directamente en el terreno, donde se valoraron las variables abióticas, bióticas y sociales.

Las variables abióticas valoradas fueron:

- *Las condiciones geológicas del área.* Incluyó la descripción del tipo de rocas presentes, las condiciones de yacencia y su estado de agrietamiento.
- *Las condiciones hidrogeológicas.* Se valoró el comportamiento del régimen natural de las aguas subterráneas, el nivel de las aguas freáticas, así como el movimiento y propiedades de las rocas acuíferas.
- *Las condiciones hidrológicas.* Se determinaron los parámetros del escurrimiento de las aguas superficiales y el régimen anual de las precipitaciones en la zona.

La valoración de las variables bióticas incluyó:

- *La Biodiversidad.* Se elaboró un listado de especies presentes en el área y el estado de conservación de estas.

Los aspectos sociales se centraron en valorar:

- La afluencia de personas al lugar, las actividades que realizan y su impacto en general en el estado ambiental actual del puente.

Como complemento a la valoración de los aspectos sociales se realizaron entrevistas a pobladores radicados en las cercanías de la zona del puente, dirigidas principalmente a valorar la magnitud de los problemas detectados y emitir sus criterios sobre posibles soluciones.

En la etapa III se formuló un plan de acciones dirigidas a conservar y proteger el puente natural Bitirí, y se validó su efectividad a partir de la aplicación del software PROMETHEE (Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations). PROMETHEE es un método de análisis y decisión multicriterio en forma de herramienta matemática que requiere de datos fácilmente obtenibles, y ofrece una solución de

decisión óptima e incluso una clasificación completa de todas las alternativas posibles (Brans et al. 2005). Este software permite, sobre la base de la información almacenada en los metadatos, hacer el análisis multivariado de las variables y las métricas (Marciszack et al. 2012).

Las acciones propuestas se valoraron en cuanto a:

- Aplicabilidad (A). Considerando que existan todas las condiciones de estructura administrativa y organizativa que permitan la aplicación de las medidas para la conservación del puente natural sobre el río Bitirí.
- Eficiencia (E). Considerando que con su ejecución se logra un cambio significativo en la conservación del estado ambiental en el Puente Natural sobre el río Bitirí.
- Pertinencia (P). Cuando se reconozca como un buen instrumento práctico para lograr la conservación del estado ambiental en el Puente Natural sobre el río Bitirí.

La escala métrica para la valoración se estableció del 1 al 3, según niveles de importancia o jerarquía.

1. Insuficiente: su implementación no tiene relevancia en la protección de la estabilidad de la estructura del puente.
2. Bien: su implementación contribuye indirectamente a la protección y conservación ambiental del puente y su entorno.
3. Excelente: su implementación es imprescindible para la conservación y protección de la estabilidad estructural del puente.

Por exigencias propias del software se establecieron cinco escenarios de análisis, los cuales se tomaron en correspondencia con las variables abióticas, bióticas y sociales, y fueron fundamentados y argumentados por cinco profesionales de la especialidad, cuya selección se sustentó estadísticamente sobre una ley binomial, con un nivel de precisión deseado (I) del 15 %, un promedio estimado de errores (P) del 5 % y para un nivel de confianza del 90 %, con $K=2,6896$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo definir que son las condiciones geológicas locales las que mayor incidencia tienen sobre la integridad física y ambiental del puente natural del río Bitirí. Las rocas que componen el puente pertenecen a la formación geológica Bitirí (bit) del período geológico Oligoceno Superior–Mioceno Inferior (IGP 1997). Esta formación está representada por calizas algáceas de matriz fina, compactas y carsificadas, que contienen ocasionalmente fragmentos de fósiles de corales y grandes *Lepidocyclina gigas*. Son de colores amarillo grisáceo a carmelitoso, se presentan compactas o brechosas, de grano fino a muy fino, bien estratificadas, con alternancias de estratos medios (10 cm a 20 cm); yace discordantemente sobre las formaciones Charco Redondo, Mucaral y San Luís y es cubierta discordantemente por la Fm. Río Jagüeyes y la cobertura aluvial cuaternaria. Lateralmente transiciona a las calizas algáceas de la Fm. Camazán (Linares-Cala et al. 2014).

Al ser las rocas de la Fm Bitirí en su composición química altamente carbonatadas, son muy vulnerables a la acción de los agentes de la meteorización, lo cual ha producido acelerados procesos erosivos. Hay que significar que la protección del Puente del Bitirí es de vital interés no solo por su belleza y la de su entorno como sistema natural sensible, sino además por ser un referente necesario para la historia geológica de Cuba y el Caribe. Casal-Corella (2009) enfatiza la opinión del eminente cubano Iturralde-Vinent, quien considera que las rocas del puente del Bitirí son referencia necesaria para caracterizar las calizas y margas del Oligoceno que recoge una parte de la historia del Caribe y especialmente de Cuba Oriental.

Como resultados del diagnóstico se identificaron los problemas que afectan la estabilidad del puente. Según su génesis, estos son de dos tipos: los producidos por la acción de los agentes de la naturaleza, y los derivados de la acción del hombre.

En el primer caso se destaca la erosión natural (Figuras 3 y 4) producida por la acción de los agentes de la meteorización, en este caso las aguas del escurrimiento superficial, las raíces de las plantas y las altas temperaturas son los principales, causando:

- agrietamiento e incremento de este,
- derrumbes parciales de fragmentos y bloques de rocas,
- aumento de los espacios entre estratos rocosos.



FIGURA 3.

Manifestación de la erosión natural. La acción de la escorrentía natural, así como los caudales extremos han causado socavones y otras formas de erosión en el cauce y paredes laterales (Fernández 2008).

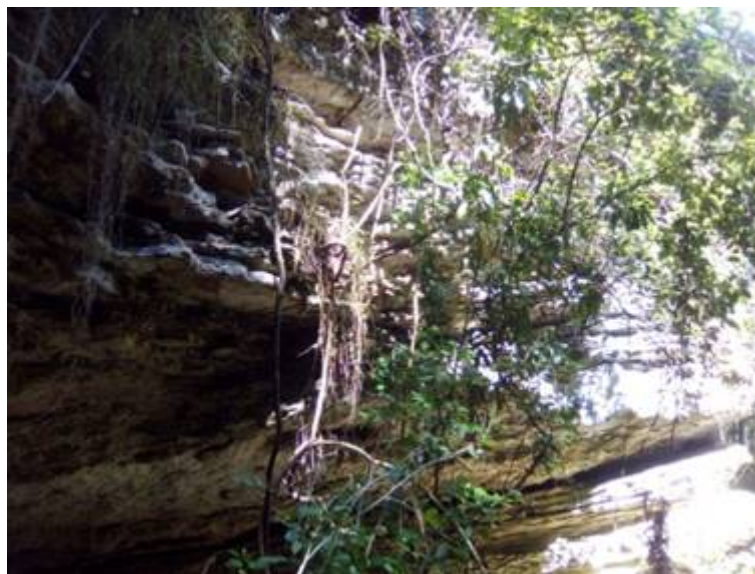


FIGURA 4.

Vegetación de raíces profundas y fuertes que facilitan la destrucción mecánica de las rocas (meteorización) y provocan erosión, derrumbes y la consecuente pérdida de estabilidad.

Entre los impactos ambientales antrópicos se pudo identificar la erosión antrópica (Fernández-Roldán 2019), relacionada con el peso de las cargas de los vehículos que una vez circularon por esa vía, y por el movimiento de tierra efectuado con buldócer en el camino que pasa sobre el puente, y que rebajó alrededor de 1,50 m del techo del puente en la década de los años 90, lo cual provocó:

- pérdida del espesor del techo del puente (1,50 m)
- incremento del agrietamiento
- derrumbes parciales de fragmentos y bloques de rocas.

Otro impacto importante identificado fue la sobreexplotación del lugar, (Figuras 5, A y B) provocada por el exceso de personas que practican el senderismo desorganizadamente, sobre todo en época de verano, que usan el lugar como un espacio de esparcimiento, acarreado como consecuencia:

- La tala indiscriminada de especies de flora que son típicas del lugar
- El ahuyento de especies de fauna frágiles y sensibles
- La formación de micro vertederos en el área y sus alrededores
- El encendido de fogatas para la preparación de alimentos
- La escritura en paredes de difícil acceso poniendo en riesgo la integridad del sitio patrimonial.



FIGURA 5A.

Obsérvense los restos de fogatas en las márgenes del río en la zona del puente Bitirí.



FIGURA 5B.

Escrituras en las paredes del arco del puente.

La presencia de insuficientes barreras físicas para contrarrestar la erosión (Figura 6) fue otro aspecto detectado de gran trascendencia. En uno de los extremos del puente se construyeron barreras físicas, y se vertieron rocas directamente encima del puente para evitar la erosión que provoca la escorrentía de las aguas al pasar por encima de este. Cabe destacar que estas acciones han sido obra e iniciativa de los trabajadores

y pioneros del campamento que se encuentra en las proximidades, quienes sin conocimiento suficiente han llevado a cabo esta labor y, por tanto, no ha sido del todo efectiva.



FIGURA 6.

Barreras físicas construidas por pioneros y trabajadores del campamento de pioneros.

También se pudo apreciar deterioro en la placa que representa la declaración de Monumento Nacional, y además en el monumento en honor al insigne naturalista Antonio Núñez Jiménez (Figura 7).



FIGURA 7.

Placa acreditativa de Monumento Nacional (izq) y monumento en honor al naturalista Antonio Núñez Jiménez (der), ambas con signos de deterioro.

Propuesta inicial del Plan de Acciones

1. Prohibir definitivamente la circulación de todo tipo de vehículos sobre el puente.
2. Mejorar las barreras físicas que existen para impedir el paso por el puente.
3. Implementar una estrategia de comunicación educativa con el objetivo de preservar los valores naturales y patrimoniales del puente, dirigida a los diferentes grupos metas de la población y con el apoyo de los medios de comunicación y los órganos del gobierno.
4. Realizar sistemáticamente el corte selectivo de la vegetación de gran porte existente sobre la estructura del puente, para evitar la meteorización mecánica de las rocas producida por la acción progresiva del crecimiento de las raíces.
5. Desviar las aguas superficiales que escurren sobre el puente a través de la construcción de obras de captación y conducción.
6. Prohibir el senderismo libre para evitar posibles incendios forestales, el vertido de residuales sólidos y daño a las paredes del puente.
7. Prohibir el baño de animales (caballos) en el río en las proximidades del puente.

8. Colocar señalización de ubicación del puente en viales principales de la zona.
9. Restaurar las tarjas de Monumento Nacional y del monumento erigido en honor al insigne naturalista Antonio Núñez Jiménez.
10. Colocar señales identificativas que guíen a las personas para llegar hasta el puente y que indiquen el kilometraje.
11. Colocar vallas y señales con información y alertas relacionadas con el puente natural (ejemplo: no encender fogatas, no echar desechos, no fumar, no acceder al sitio de forma libre, no escarbar ni escribir las paredes, no subirse a los escalones de rocas ya derrumbadas, cuidar y conservar el entorno).
12. Exhortar al cuerpo de guardabosques a aumentar su protagonismo en el cuidado y protección de la zona.
13. Realizar un monitoreo sistemático del estado del puente, consistente en la observación de indicadores tales como:
 - cantidad de material rocoso depositado producto de derrumbes (cantidad de bloques caídos).
 - formación de socavaciones producidas por las crecidas (cantidad y profundidad).

La medición de estos indicadores proporcionará un cuadro sinóptico representativo del estado actual del puente y la predicción de tendencias futuras. Las mediciones se llevarán a cabo con una frecuencia anual o al paso de las crecidas del río una vez que se produzcan. En caso de observar algún comportamiento anómalo de los indicadores, es decir, un incremento en los valores resultantes de las mediciones, se recomienda llevar a cabo un estudio más profundo y específico del agrietamiento, con el empleo de métodos geológicos, geofísicos y geomecánicos.

Vale destacar que los resultados de la implementación del Plan de Acciones se manifestarán a largo plazo, ya que están asociadas a procesos de restauración de un ecosistema, que es un proceso muy lento (Wang et al. 2020; Xu et al. 2020) y evidentemente los resultados no se observarán de inmediato. Por ello se precisó validar de forma prospectiva la eficacia de las medidas.

Valoración de las acciones del Plan

La aplicación del software PROMETHEE para la valoración de las 13 acciones permitió discriminar y definir las acciones óptimas, imprescindibles para la conservación y protección de la estabilidad estructural del puente y las que no tienen relevancia, según se muestra en la secuencia en las Figuras 8, 9, 10 y 11.



FIGURA 8.
Pantallas de salida del software PROMETHEE.

La Figura 9 exhibe el resultado del análisis de las 13 acciones y todos los escenarios resultando seis acciones las de mejores posiciones en cuanto a su jerarquía (Rank) marcadas por valores resultantes de Phi positivos. También pudo diferenciarse las seis mejores acciones a partir del análisis de las soluciones óptimas (Figura 10). La representación gráfica (Figura 11). muestra el posicionamiento de las seis mejores acciones.

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	action1	0,5556	0,5556	0,0000
1	action12	0,5556	0,5556	0,0000
1	action13	0,5556	0,5556	0,0000
4	action4	0,4833	0,5278	0,0444
5	action5	0,2889	0,4278	0,1389
6	action3	0,0889	0,3222	0,2333
7	action2	-0,0667	0,2667	0,3333
8	action11	-0,1444	0,2778	0,4222
9	action9	-0,2333	0,2056	0,4389
10	action6	-0,3167	0,1722	0,4889
11	action7	-0,5778	0,0833	0,6611
12	action8	-0,5944	0,0722	0,6667
12	action10	-0,5944	0,0722	0,6667

FIGURA 9.
Pantalla de salida del software que muestra las acciones de mejores posiciones en cuanto a su jerarquía (Rank).

Constraints		Solution		
Status: Done!		Reset		
Actions		Net Flow	Optimal	Compare
		Total:	2,5278	2,5278
action1	<input type="checkbox"/>	0,5556	yes	yes
action2	<input type="checkbox"/>	-0,0667	no	no
action3	<input type="checkbox"/>	0,0889	yes	yes
action4	<input type="checkbox"/>	0,4833	yes	yes
action5	<input type="checkbox"/>	0,2889	yes	yes
action6	<input type="checkbox"/>	-0,3167	no	no
action7	<input type="checkbox"/>	-0,5778	no	no
action8	<input type="checkbox"/>	-0,5944	no	no
action9	<input type="checkbox"/>	-0,2333	no	no
action10	<input type="checkbox"/>	-0,5944	no	no
action11	<input type="checkbox"/>	-0,1444	no	no
action12	<input type="checkbox"/>	0,5556	yes	yes
action13	<input type="checkbox"/>	0,5556	yes	yes

FIGURA 10.

Pantalla de salida del software que muestra las seis mejores acciones a partir del análisis de las soluciones óptimas.

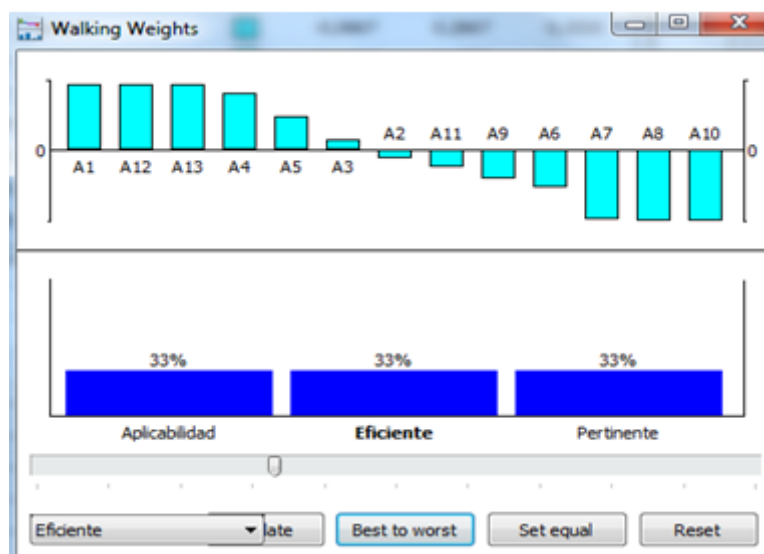


FIGURA 11.

Pantalla de salida del software que muestra el posicionamiento de las seis mejores acciones.

El análisis a través del software PROMETHEE permitió definir seis acciones óptimas que garantizarán la protección de la estabilidad del puente. Se definieron además dos acciones que están dentro de los límites permisibles con valores resultantes de Phi negativos (de 0 a -0,15) que clasifican como acciones que contribuyen indirectamente a la protección y conservación ambiental del puente y su entorno; también se definieron cinco acciones que no tienen relevancia directamente en la protección del puente, aunque su incidencia se evidencia en el cuidado y protección del entorno (Tabla 1).

TABLA 1.
Valoración de las medidas

Nº de la acción	Valoración
1, 12, 13, 4, 5 y 3	Su implementación es imprescindible para la conservación y protección de la estabilidad estructural del puente
2 y 11	Su implementación contribuye indirectamente a la protección y conservación ambiental del puente y su entorno
9, 6, 7, 8 y 10	No tienen relevancia en la protección de la estabilidad de la estructura

4. CONCLUSIONES

Los problemas ambientales que afectan la estabilidad del puente del río Bitirí están asociados a fenómenos producidos principalmente por la acción de los agentes erosivos de la naturaleza, y acentuada por la presión antrópica a que es sometido.

El plan de acción se diseña en correspondencia con la problemática identificada. Su efectividad se evalúa estadísticamente a través del software PROMETHEE, en el que se discriminan seis medidas como las óptimas, dada la aplicabilidad, eficiencia y pertinencia de estas, de modo que se consideran de obligatorio cumplimiento y, a su vez, significan una garantía como herramienta práctica y eficiente conducente a una buena gestión para la preservación del puente natural del río Bitirí.

5. REFERENCIAS

- Brans, J. P. y Mareschal, B. y Figueira, J. y Greco, S. y Ehrogott, M. 2005: Promethee Methods. DOI: 10.1007/0-387-23081-5_5. ISBN: 0-387-23067-X. Consulta: 16/10/2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226334105_Promethee_Methods
- Casal-Corella, C. 2009: El Puente Natural Bitirí: Una Joya de la Naturaleza Cubana. Consulta: 20/09/2019. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos107/puente-natural-rio-bitiri-joya-turistica-cueto-holguin/puente-natural-rio-bitiri-joya-turistica-cueto-holguin.shtml>
- CNM (COMISIÓN NACIONAL DE MONUMENTOS). 2008: Resolución N° 04/2008, Sitio Natural Puente Bitirí. La Habana.
- Fernández-Cruz, S. 2008: Cálculo de los gastos máximos Arroyo Enmedio. Informe Técnico. EIPHH. Holguín.
- Fernández-Gutiérrez, J. D.; Sánchez-Rodríguez, S.; Gonzalo-Orden, H. y Pérez-Acebo, H. 2021: Analysis of rock mass classifications for safer infrastructures. *Transportation Research Procedia* 58(2021): 606–613. Disponible en: www.sciencedirect.com
- Fernández-Roldán, L. 2019: Erosión antrópica: qué es y ejemplos. Consulta: 22/03/2019. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/erosion-antropica-que-es-y-ejemplos-2110.html> en marzo del 2022.
- Haider, G.; Kanes, P.; Shirazi, S. A.; Wood, T. and Mcnaught, R. 2021: Testing and validation of a new state-of-the-art erosion control technology in multiphase flow. *Wear*, 476: 203638. Consulta: 21/01/2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.203638>
- IGP (Instituto de Geología y Paleontología). 1997: Estudios sobre Geología de Cuba. Centro Nacional de Información Geológica (CNDIG). Ciudad de La Habana. 140-178 p.

- Linares-Cala, E.; Gil-González, S.; García-Delgado, D. E.; Huelbes-Alonso, J. y Peñalver-Hernández, L. L. 2014: *Léxico Estratigráfico Cubano*. La Habana: Editorial Centro Nacional de Información Geológica. ISBN: 978-959-7117-57-5.
- Liu, J.; Hu, F.; Xu, C.; Du, W.; Yu, Z.; Zhao, S. y Zheng, F. 2022: Specific ion effects on soil aggregate stability and rainfall splash erosion. *International Soil and Water Conservation Research*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2022.02.001>
- Marciszack, M.; Maldonado, C.; Martínez, C.; Muñoz, R.; Navarro, A.; Peretti, J. P. y Roggero, L. 2012: Prometeo: Una herramienta para el aprovechamiento de metadatos de base de datos relacionales. Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Consulta: 16/10/2019. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19793/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Saavedra-Díaz, Z. M. Y Perechtchicova, M. 2017: Evaluación ambiental integrada de áreas inscritas en el programa federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio: Ajusco, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 93: 76-94. Consulta: 18/08/2019. Disponible en: <https://doi.org/10.14350/rig.56437>
- Santana, C. A. y Aguilera, R. G. 2017: *Fundamentos de la Gestión Ambiental*. Samborondón, Ecuador: Universidad ECOTEC. ISBN: 978-9942-960-22-1. 177 p.
- Wang, Z.; Lechner, A. M.; Yang, Y.; Baumgartl, T. y Wu, J. 2020: Mapping the cumulative impacts of long-term mining disturbance and progressive rehabilitation on ecosystem services. *Science of The Total Environment*, 717. ISSN 0048-9697. Consulta: 20/07/2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137214>.
- Xu, X.; Yang, G.; Tan, Y.; Liu, J.; Zhang, S. and Bryan, B. 2020: Unravelling the effects of large-scale ecological programs on ecological rehabilitation of China's Three Gorges Dam. *Journal of Cleaner Production*, 256. ISSN 0959-6526. Consulta: 16/04/2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120446>.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: SFC: Trabajó en el diseño de la investigación, el procesamiento e interpretación de los datos, el análisis de los resultados, redacción del original y revisión y aprobación de la versión final. RRG: Participó en la búsqueda de información, haciendo contribuciones en el análisis e interpretación de los datos. Participó en la corrección de la versión final. AVV: Búsqueda de información, interpretación de datos y revisión de la versión final del artículo.