

## EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL SUBTERRÁNEO EN EL MUNICIPIO DE MAYARÍ

S. GARCÍA- CRUZ<sup>1</sup>, Y. BORGES- TERRERO<sup>2</sup>, A. MONTES DE OCA-RISCO<sup>3</sup>, T. HERNÁNDEZ-NOA<sup>4</sup>

Universidad de Moa<sup>1,2,3,4</sup>

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0051-9841><sup>1</sup>

[sgarcia@ismm.edu.cu](mailto:sgarcia@ismm.edu.cu)<sup>1</sup>

Submetido 25/02/2020 – Aceito 18/12/2020

DOI: 10.15628/holos.2020.9595

### RESUMEN

Una forma de garantizar la seguridad alimentaria de la zona oriental del país y luchar contra el cambio climático, lo es sin dudas la construcción del túnel subterráneo en el municipio de Mayarí, debido a la urgencia de trasvasar el agua de donde existe hacia las zonas que están escasas de este recurso, lo que la convierte en una tarea priorizada, sin embargo, resulta necesario evaluar los impactos originados por dicha construcción, teniendo en cuenta la

importancia de los efectos que producen y a la política ambiental del país. El objetivo de esta investigación consiste en identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales producto de la construcción del túnel subterráneo en el municipio de Mayarí y proponer medidas para minimizar y corregir los efectos negativos. Como parte del trabajo se elaboró un plan de medidas para la prevención, mitigación y corrección de los efectos negativos.

**PALABRAS-CLAVE:** Evaluación de Impacto Ambiental, Corregir, Minimizar, Impactos negativos, Minería responsable

## ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE CONSTRUCTION OF THE UNDERGROUND TUNNEL IN THE MUNICIPALITY OF MAYARÍ

### ABSTRACT

One way to guarantee the food security of the eastern part of the country and to fight against climate change, is undoubtedly the construction of the underground tunnel in the municipality of Mayarí, due to the urgency of transferring the water from where it exists to the areas that they are scarce of this resource, which makes it a prioritized task, however, it is necessary to evaluate the impacts caused by such construction, taking into account the importance of the effects that already

produce the country's environmental policy. The objective of this research is to identify, characterize and evaluate the environmental impacts resulting from the construction of the underground tunnel in the municipality of Mayarí and propose measures to minimize and correct the negative effects. As part of the work, a plan of measures for the prevention, mitigation and correction of negative effects was developed

**KEYWORDS:** Environmental Impact Assessment, Correct, Minimize, Negative Impacts, Responsible Mining

## 1 INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad en el mundo se han realizado obras subterráneas y se han empleado diferentes tecnologías para las mismas, hasta llegar a la actualidad. Estas obras han tenido diferentes fines como: viaductos, ferrocarriles, obras hidráulicas, catacumbas, con fines militares etc.

También en Cuba durante la Colonia y la Neo colonia se realizaron diferentes obras subterráneas con diferentes fines, posterior al triunfo de la Revolución, las mismas se acrecentaron, aunque no existían experiencias acumuladas en obras subterráneas de gran extensión y en condiciones geográficas complejas, es por ello que se le dio inicio a esta construcción.

La Evaluación de los Impactos ambientales producto de la construcción de obras subterráneas en el Municipio de Mayarí, tiene una importancia vital para la Empresa Constructora de Obras Hidráulicas y para la inversión en general, de ella depende incrementar o dar por terminadas medidas correctoras para la mitigación de las afectaciones causadas por las obras, esta evaluación se realiza con la profundidad que el caso requiere, de ahí su aporte científico, teniendo en cuenta que la determinación de los impactos y su mitigación es tarea esencial para la sostenibilidad de la inversión y su construcción.

En la mayoría de la construcción de estas obras subterráneas, no se ha aplicado consecuentemente la valoración de los impactos negativos que originan las mismas. Los análisis técnicos revelan cómo enfrentar las obras y todos los recursos necesarios para solucionar los problemas macro ambientales de la parte constructiva. Con estas surgen y aparecen nuevos impactos no predecibles en los estudios ambientales y de licencia ambiental, y a los que se les debe dar solución en el menor tiempo posible.

La necesidad de evaluar los impactos ambientales originados por la construcción subterránea en el municipio de Mayarí, constituye el Problema científico sobre el cual se basa la realización de esta investigación. El Objetivo general del trabajo consiste en evaluar el impacto ambiental producto de la construcción de esta obra subterráneas en el municipio de Mayarí, con vistas a mejorar la situación ambiental de las obras.

Esta investigación constituirá una herramienta para la Empresa Constructora de Obras Hidráulicas y el Inversionista, los que se beneficiarán con los resultados obtenidos, para adoptar medidas racionales y beneficiosas de protección ambiental. Con el objetivo de aportar nuevos enfoques y parámetros para la recolección y análisis de datos ya que la valoración y mitigación de los impactos en las obras subterráneas es una tarea ardua y necesaria, lleva recursos y tiempo, por lo que al crear una base de datos con los resultados obtenidos se pueden publicar folletos, dictar conferencias o realizar seminarios para el entendimiento de la misma por parte de los que, de una forma u otra tendrán que ver con su empleo.

## 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes y estado actual del tema

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), surge en Estados Unidos, a finales de los años 60, período en el que entra en crisis el modelo costo-beneficio concebido como base de la toma de decisiones, esto no significa que con anterioridad no existiese preocupación por el medio ambiente, al contrario, en muchos países ya existían legislaciones que contemplaban sistemáticamente algunos problemas de contaminación, aunque con un tratamiento sectorial.

En el año 1970-1975 se realizaron trabajos sobre Evaluaciones de proyectos basadas solo en estudios económicos y de ingeniería, siendo muy limitada las consecuencias ambientales. El desarrollo metodológico sobre la evaluación ambiental se introduce en algunos países desarrollados, se focaliza en identificar, producir y mitigar los impactos biofísicos. Es importante destacar en el sentido teórico metodológico los trabajos realizados por: Leopold y Sorensen en (1971 y 1973), proponen diferentes variantes de matrices, en diferentes tipos de proyectos que permite apropiarnos de conocimientos para la selección de la metodología adecuada de identificación de impactos para este tipo de investigación.

En 1990 en varios países desarrollados se introduce la Evaluación Ambiental Estratégica (políticas, planes, programas) para promover un desarrollo sustentable. Esto da la posibilidad de definir posibles impactos con una mayor visión espacial del medio ambiente. A este nivel no se cuentan los proyectos específicos, por lo que no se puede realizar la Evaluación Ambiental de forma puntual. Por otra parte, Páez, Rodríguez, Sánchez y Suárez en (1996), en investigaciones realizadas acerca de "Evaluación de Impacto Ambiental", proponen los métodos más conocidos para la identificación y valoración de los impactos ambientales que tuvimos en cuenta en esta investigación, sobre la base del nivel de intensidad de las evaluaciones, aportando criterios sobre las ventajas y limitaciones para su aplicación en diferentes circunstancias y momentos por los que atraviesan los proyectos a tener en cuenta en cualquier tipo de obra.

Entre los años 1997 - 1999 es meritorio destacar los trabajos realizados por Conesa en (1997) y Gómez (1999), en su manual "Guía Metodológica para la Evaluación de Impactos Ambientales", dos clásicos de este tema, ofrecen procedimientos y métodos de trabajo que permiten realizar un enfoque integral. Además proponen el uso de métodos cualitativos y cuantitativos, las matrices y una tipología de clasificación de 10 clases de impactos. En su matriz de importancia relaciona las acciones, tanto en la fase constructiva como en la fase de funcionamiento del proyecto y los factores del medio que pueden ser afectados por dichas acciones.

Sánchez en el (2001), en su artículo "Evaluación de Impacto Ambiental" en el Segundo Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental utiliza dos enfoques distintos, pero complementarios. El primer enfoque estudia el proceso de Estudio de Impacto Ambiental, o sea, los procedimientos que debe ser ejecutados para identificar, prever y evaluar la importancia de las consecuencias futuras de las decisiones actuales. El segundo enfoque se centra en los métodos y las herramientas de identificación, previsión y evaluación de los impactos ambientales.

En esta investigación se tuvieron en cuenta además las investigaciones realizadas en los túneles, encaminadas por el grupo de construcción subterránea del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), dentro de los que se encuentran Caracterización geomecánica de macizos rocosos en obras subterráneas de la región oriental del país, abarcó el trasvase Melones – Sabanilla y Caney – Gilbert (Cartaya, 2001), Indicaciones metodológicas para la elección del método de arranque de las rocas durante el laboreo de excavaciones subterráneas horizontales de pequeña y mediana sección en Cuba Oriental entre otras investigaciones.

Como referencia, para la realización de Estudio de impacto ambiental han sido consultadas las tesis de maestría en la mención Geología Ambiental realizadas en el ISMM de Moa tales como: Estudio de la Influencia en el Medio Ambiente del Sistema de Generación de la Empresa del Níquel Comandante Ernesto Che Guevara de (Hurtado 2007), Estudio de Impacto Ambiental en Obras subterráneas en funcionamiento del Ejército Oriental (Suárez 2010), Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Explotación del Yacimiento Punta Gorda que expone la caracterización del medio ambiente del territorio y aplica una metodología para evaluar el impacto de las zonas afectadas por la explotación de yacimientos lateríticos (Hernández 2010), Estudio del Impacto Ambiental ocasionado por la Explotación del Yacimiento Fluvial de Arena y Grava Río Nibujón (Aguilera 2003) entre otras.

Finalmente, García (2016) realiza una evaluación de impactos en los túneles Populares de Moa y su metodología sirvió de punto de partida para esta investigación.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Caracterización del área de estudio

##### Ubicación del área de estudio

Actualmente el área objeto del proyecto se localiza en el macizo Nipe- Sagua- Baracoa y esta zona ha sido muy explotada por la minería hasta el punto que se agotó el Níquel y Cobalto. Ocupará un área de 63,453 hectáreas donde no existe núcleo poblacional alguno y los accesos existentes fueron construidos para la explotación de la minería.

##### Topografía

El relieve por el trazado del túnel presenta como mayor elevación la cota 296,4 m.s.n.m. La zona es muy montañosa. Toda la zona objeto del proyecto presenta un relieve muy abrupto con grandes montañas que dificulta la realización de los viales de acceso y los trabajos en general fundamentalmente para el acarreo de material rocoso de las obras subterráneas.

##### Geología

Se caracteriza por la presencia de bloques emergidos (Hórsticos) y hundidos (Grobens), entre un sistema de fallas antiguas orientadas al NO-SE y NE-SO en la mayoría de los casos. El bloque Cristal está entre los mayores de tipo hórsticos. Se formó en el período de desarrollo platafórmico de la isla, durante la fase de desarrollo, contemporáneamente con la formación de los nappes (mantos) de ultramalitas de que está compuesta la sierra de Cristal. La zona no tiene carácter de antichinorio, sino que forma parte del sistema cubano como estructura que forma

parte del sistema cubano como estructura plegado-fracturado (ACC, 1983). La composición litológica de este manto ultramafítico está dominada por la presencia de los siguientes tipos de rocas. La excavación del túnel se ejecutará prácticamente en un solo macizo, siendo este serpentinitas que van de menos a muy agrietadas. El área de estudio escogida para el proyecto está intensamente tectonizada apareciendo por la franja del trazado del túnel 12 fallas.

#### Geomorfología

Se encuentra en la región geomorfológico montañas de Nipe – Cristal, y predominan las zonas de premontañas (h; 300-500 s.n.m.m) y montañas pequeñas (h: 500- +700 m.s.n.m), diseccionadas, de horst y bloques masivos en mantos de sobrecorrimientos. La dirección vertical es superior a 300m/km<sup>2</sup>, alzando hasta 750m/Km<sup>2</sup> en el firme del Cristal. La dirección erosiva está en el orden de 2,5 km/km<sup>2</sup>. Como procesos exógenos recientes, predominan los erosivos y erosivos denudativos, en toda el área, así como la formación de amplias superficies de nivelación con corteza de intemperismo activas muy evolucionadas en condiciones de pendiente media. También son abundantes los procesos gravitacionales, como por ejemplo, los derrumbes y deslizamientos de tierra. Los valles de los ríos son estrechos y encajados, muy asimétricos, pocos ríos poseen terrazas, las que están formadas por rocas ultrabásicas y materiales dejados por la erosión, como arena guijarros, etc.

#### Aguas superficiales y subterráneas

Las aguas superficiales que están en contacto con el proyecto están concentradas fundamentalmente en los arroyos Loro, Arroyo La Ceiba, Arroyo del Palo, Arroyo Blanco, Arroyo Brazo la Trocha, mandinga y afluente río Levisa. Las aguas de los Arroyos Loro, Arroyo Blanco y Arroyo Brazo la Trocha se contaminarán con la construcción de las calicatas y residuales de los túneles que se construirán en el cauce de los mismos, por lo que se adoptarán las medidas pertinentes para minimizar la misma. En el caso de los arroyos que están en contacto con la minería, estos están afectados por los arrastres mineros y contaminados con metales pesados, tal es el caso de Levisita, Levisa, La Ceiba, Palo, entre otros fundamentalmente en los períodos lluviosos.

Las aguas subterráneas pueden ser afectadas al verse interrumpido su flujo natural por la construcción del túnel, y contaminarse dentro de las obras por el paso de los equipos, el uso de explosivos etc, de igual forma pueden penetrar subterráneamente los arroyos con un techo pequeño hacia el túnel.

#### Suelo

Predominan los suelos de tipo Ferrítico Púrpura típico, también fersialísticos rojo parduzco ferromagnésico y pardo sin carbonatos, en las áreas de menor pendiente y suelos esqueléticos naturales en las pendientes mayores. La erosión potencial de estos suelos es de fuerte hasta muy fuerte, de acuerdo a la pendiente, con pérdida de hasta el 50% del solum. La erosión actual varía de media a fuerte de acuerdo a la pendiente y las actividades antrópicas de cultivo, tala e incendios forestales. Son suelos ácidos con limitantes para la actividad agropecuaria y se pueden evaluar de poco productivos. En el caso del suelo se tendrá contacto en las obras con parte de éste en la construcción de las calicatas, facilidades temporales,

construcción vial y el depósito de material en escombreras. El suelo es escaso siendo la capa vegetal de escaso centímetros por constituir zonas montañosas de charrascales sobre rocas serpentinitas. El resto del suelo está muy por encima de las obras subterráneas y no tendrá afectación alguna por el techo existente de las montañas, pero en la mayoría de los casos la explotación minera eliminó la capa vegetal existente, quedando rocas desnudas expuestas al intemperismo lo que ha provocado en las mismas una fuerte erosión y el arrastre de la poca capa vegetal hacia el cauce de los ríos Levisa, Levisita, La Ceiba etc., afectando los mismos por asolvamiento. Está previsto que esta obra afecte solamente 63.5 hectáreas a cielo abierto en todo su recorrido desde Mayarí hasta Levisa.

#### Hidrografía

Las características geomorfológicas del área de estudio le dan un carácter especial desde el punto de vista hidrológico, al constituir la zona más ancha del territorio nacional. Existe un parte agua central (región Oriental de Cuba) que hace que los ríos del área, tengan sus nacimientos en el y corran, por lo general, en dirección de Sur a Norte. Los ríos y arroyos que están en contacto con el proyecto a desarrollar son: Loro, Arroyo Blanco, La Ceiba, arroyo el Palo, arroyo Brazo de la Trocha, arroyo Mandinga, Afluente del Levisa y río Levisa, El desarrollo de la red de drenaje está estrechamente relacionado con los regímenes de precipitaciones, así como las características Geomorfológicas y las propiedades físico-químicas de los suelos presentes en la zona.

#### Flora y vegetación

De acuerdo con los criterios de Borhidi, 1996, la zona donde se encuentra ubicado el tramo de túnel Levisa –Melones está dentro o forma parte desde el punto de vista fitogeográfico del distrito Sierra Cristal – Mícará (cristalense), del sector macizo Nipe- Baracoa de Cuba Oriental.

La flora endémica de este distrito está representada por más de 300 endémicos nacionales, de los cuales aproximadamente 50 son estrictos de este distrito. De los endémicos de la Sierra Cristal hay que mencionar: *Antillanthus* e *Kusnii*; *Eosanthes cubensis* (género endémico monotípico); *Anrrhes ophiticola* (charrascos); *Rondeletia anistalensis*; *Eugenia cristalensis*; *Ruxus imbricada*; *Mettinia cordifolia*; *Leucroton oporvatus*; *Moscroton cristalensis*; *Phyllanthus cristalensis*. En el tramo objeto del proyecto, es posible encontrar muchos elementos florísticos que comparten las sierras de Nipe y Cristal, siendo los géneros *Coccoloba*, *Spathelia*, *Anadone*, *Bachalis*, *Neobracea*, *Eugenia*, entre otros, los más importantes. La flora de esta zona es muy importante desde el punto de vista conservacionista por su rareza, endemismo y poca distribución geográfica, que hace que muchas especies puedan encontrarse en alguna categoría de amenaza.

Borhidi, 1991, registra para el distrito las siguientes formaciones vegetales: un mosaico de bosques montanos hasta los 600 m de altitud, bosques de pino con *Pinus cubensis* entre 600 y 1100 m, matorrales xenomorfos subespinosos sobre serpentinitas (charrascos) entre los 1100 y 1220 m de altitud. Para el área objeto del proyecto, encontramos las siguientes formaciones vegetales.

#### Fauna

Se han inventariado para la sierra Cristal más de 343 especies de invertebrados y los vertebrados 148. Los grupos más numerosos son: insecta con 249 especies y aves 78; seguido por: arácnido con 55 y 30 moluscos.

#### Especies amenazadas

Según IUCN (Mace et al., 1992 en Pren et all., 1994), un total de ocho especies se encuentran categorizadas como vulnerables: la salamandrita, el Chipoyo ceniciento, el majá de Santa María y el Gavilán Colilargo, la Cotorra, el Catey, y la Jutía Andarás; dos se encuentran en peligros, el Gavilancito y el Pitirre Real; se encuentran en peligro crítico: el Almiquí.

Existen otras especies, que aunque no se encuentran categorizadas, merecen especial atención y cuidado, por su limitada distribución, rareza y vulnerabilidad a los cambios ambientales, estas son: Sijú Platanero, Sijú Cotunto, Tocooro, Ruiseñor, Vencejo de Collar, Berbiquejo y el Vencejo Negro.

### 3.2. Metodología para la evaluación de los impactos ambientales

Para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos, se utiliza una metodología que para su elaboración se partió de los criterios de los expertos, tomando como base general la que se establece en el documento de la Guía para la Realización de las Solicitudes de Licencia Ambiental y los Estudios de Impacto Ambiental, propuestas por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente y el Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA) en su versión vigente del 2009, adaptadas a las condiciones específicas del objeto de investigación y las referencias de los trabajos de evaluación de impactos consultados como los de Suárez 2010, Espinosa 2013, Hernández 2010, López 2016 y Aguilera 2003, entre otras. Utilizando la observación directa, consultas de expertos, escenarios comparados, tormentas de ideas, las encuestas y entrevistas. El impacto total se calculó según la expresión (1)

$$IT = Mg + I + S + R + O + D + C$$

Donde: Mg Magnitud, I Importancia, S Sinergismo, R Reversibilidad, O Ocurrencia, D Duración, C Certeza. Estos indicadores alcanzan un valor máximo de 10 puntos que luego se multiplicará por los siete indicadores para un total de 70 puntos total, que finalmente se promedia para ubicarlos en cada una de las categorías propuestas en términos de: compatibles, moderados, severos y críticos.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación de impacto ambiental en la obra

Los resultados del análisis de la consulta de expertos a través de encuestas, la observación directa, utilización de escenarios comparados y las entrevistas realizadas a los directivos y obreros. Refieren alcanzando más del 70% que estas son las acciones que se realizan para la construcción del túnel, las mismas en mayor o menor medida producen impactos. A continuación se identificaron las acciones impactantes en las diferentes operaciones:

---

1. Preparación del terreno

---

a) Trabajo Topográfico

---

b) Eliminación de los obstáculos no útiles

---

c) Movimiento de equipos de transporte

---

d) Transportación

---

2. Arranque de la roca

---

e) Perforación

---

F Voladura

---

g) Extracción de la roca

---

h) Acarreo de escombros

---

3. Transportación de la roca

---

i) Movimiento de equipos de transporte.

---

j) Saneamiento del frente de trabajo.

---

4. Ventilación del túnel

---

k) Colocación de tuberías de ventilación

---

5. Fortificación

---

l) Laboreo de excavaciones

---

m) Construcción de cimientos, paredes y bóvedas

---

6. Operaciones auxiliares

---

n) Instalación eléctrica.

---

o) Construcción de desagües.

---

p) Trabajos Topográficos.

---

q) Colocación de tuberías y cables.

---

7. Acondicionamiento

---

r) Crear condiciones indispensables para la estancia del personal.

---

En las encuestas realizadas a los trabajadores, expertos y la observación directa. Se pudo constatar que los factores ambientales identificados alcanzan en su totalidad más del 70 % de los criterios, considerándolos que son los que más impactos reciben producto de las acciones que se llevan a cabo en la construcción. Tabla 1

**Tabla 1: Factores del medio susceptibles a recibir impactos.**

Medio físico	I. Clima
	II. Hidrografía
	III. Suelo
	IV. Paisaje
Medio biótico	V. Flora
	VI. Fauna
Medio socioeconómico	VII. Población
	VIII. Sociales y culturales

Fuente (Autor, 2019)

A través de las consultas a expertos, encuestas, entrevistas a trabajadores de las obras, se identificaron los siguientes impactos producidos sobre los factores ambientales que a continuación se relacionan en el túnel objeto de estudio.

Se identificaron los impactos siguientes:

### **Al suelo**

1. Contaminación del suelo por el vertimiento de hidrocarburos, restos de hormigón, y aguas residuales domésticas.
2. Degradación del suelo, procesos erosivos en las calicatas (figura 1), escombreras, facilidades temporales y viales.
3. Alteración de las formas del relieve por la construcción de calicatas, la formación de escombreras y la construcción de facilidades temporales.
4. Cambio de uso del suelo en las calicatas, viales y escombreras.
5. Compactación del suelo por el paso de equipos y maquinarias en viales, facilidades temporales y escombreras.
6. Mejora del estado de los suelos que han sido sometidos a su transformación.
7. Contaminación del suelo por vertimiento de residuales sólidos procedentes de la actividad humana.



Figura 1: Procesos erosivos que surgen en las escombreras, producto a la erosión laminar, en surcos hasta formar cárcavas. Fuente (Mejía, 2013)

#### **Al agua**

8. Contaminación de las aguas por vertimiento de hidrocarburo y escombros, residuales domésticos (aguas negras) y fecalismo al aire libre.
9. Posible afectación a los cauces naturales de ríos y arroyos por la construcción de los túneles.
10. Obstrucción del flujo natural de las aguas subterráneas por la construcción de túnel.
11. Posible reducción del cauce de algunos arroyos por infiltración hacia el túnel.
12. Garantía de un flujo estable de agua a la presa Mayarí.
13. Garantía de agua para la población y la agricultura lo que mejora la calidad de vida de la misma.
14. Deficiencias con el drenaje natural superficial en las obras y facilidades temporales.

#### **A la Atmósfera**

15. Contaminación de la atmósfera por la expulsión de gases nocivos de los equipos, maquinarias y grupos electrógenos tanto en el interior de las obras como en el exterior.
16. Contaminación de la atmósfera por polvo producto de las voladuras dentro de las obras subterráneas.
17. Contaminación de la atmósfera por polvo en suspensión por el tránsito de equipos y maquinarias por los viales.
18. Incremento del ruido dentro y fuera de las obras subterráneas que afectan a los trabajadores y las comunidades faunísticas.

#### **A la vegetación**

19. Posible afectación a la vegetación superficial por la aceleración en el escurrimiento subterráneo.
20. Afectación a la vegetación por la construcción y rehabilitación de viales.
21. Afectación a la vegetación por vertimiento de escombros por el borde de las pendientes.
22. Afectación a la vegetación por incorrecta selección del sitio para escombreras.

#### **A la flora.**

23. Afectación a las comunidades florísticas por los cortes en calicatas y la construcción de escombreras y facilidades temporales.
24. Posibles afectaciones por incendios forestales.
25. Mejoramiento del estado de la flora y la vegetación.

#### **A la fauna.**

26. Creación de efecto barrera por la construcción de viales y otras obras.

#### **Población y economía**

27. Garantía de obtener mayor producción de alimentos para la población lo que mejora su calidad de vida al trasvasar el agua.
28. Posible afectación a los trabajadores por contaminación o accidentes.
29. Posibles derrumbes con afectaciones a los trabajadores y equipamiento.
30. Generación de nuevas fuentes de empleo.
31. Incremento de nuevas viviendas.
32. Mejora de los viales.

#### **Al paisaje**

33. Alteración del paisaje por la construcción de las obras en especial calicatas y escombreras.
34. Rehabilitación de las áreas afectadas en la construcción que mejora el paisaje afectado.
35. Persistencia en las facilidades temporales de chatarras y otros elementos que afectan los paisajes.

La evaluación del impacto total tuvo como finalidad llegar a clasificar los impactos ambientales (tabla 2) en términos de:

**Impacto Compatible (IP):** Son los que tienen muy poca entidad, si su efecto es perjudicial al cesar las causas que lo producen, en poco tiempo se restablecen las condiciones medio ambientales, originales, con el concurso de los procesos regeneradores. Se clasifican en leve, local, directo, primario, reversible, sin sinergias, se recupera a corto plazo, poco probable y presenta un valor menor que 18 de impacto total.

**Impacto Moderado (IM):** Produce daños de poca magnitud, pero su importancia comienza a ser considerable. Tras el mismo las condiciones físicas originales se restablecen con el solo concurso de los mecanismos naturales del medio, aunque la recuperación es larga. Se clasifica en leve, regional en cierto grado, primario, reversible con dificultad, sin sinergias aparentes, se recupera a mediano plazo y es probable, alcanza un valor de 18-29 de impacto total.

**Impacto Severo (IS):** Se trata de impactos de magnitud notable y de gran importancia, cuando cesa la causa que lo origina, la recuperación de las condiciones iniciales del medio, se hace muy difícil y requiere a veces de la adopción y puesta en prácticas de medidas correctoras de sus efectos. Se clasifica con moderada intensidad, regional, indirecto o secundario, reversible

con dificultad y medidas correctoras, con algunas sinergias, poco importantes, muy probable que se produzca, alcanza un valor de impacto total entre 30 y 35.

**Tabla 2: Escala de clasificación de los impactos.**

RANGO	CLASIFICACIÓN
IT < 18	IMPACTO COMPATIBLE (IP)
IT 18 – 29	IMPACTO MODERADO (IM)
IT 30 -35	IMPACTO SEVERO/ MUY BENÉFICO (IS)
IT>35	IMPACTO CRÍTICO/ EXTREMADAMENTE BENÉFICO (IC)

Fuente (CICA, 2009)

Después de la determinación de los impactos producidos sobre los factores ambientales se realiza la valoración de cada impacto teniendo en cuenta los indicadores propuestos por el CITMA 2009 (tabla 3).

**Tabla 3: Matriz de evaluación de los impactos.**

N	Impactos	Indicadores								Ponderación	IT
		Na	Mg	I	R	D	C	O	S		
1	Contaminación del suelo por el vertimiento de hidrocarburos, restos de hormigón, y aguas residuales domésticas.	-	3	3	7	3	6	3	4	29	Moderado
2	Degradación del suelo, procesos erosivos en las calicatas, escombreras, facilidades temporales y viales.	--	6	3	7	6	6	3	7	38	Crítico
3	Alteración de las formas del relieve por la construcción de calicatas, la formación de escombreras y la construcción de facilidades temporales.	-	10	3	7	6	6	3	7	42	Crítico
4	Cambio del uso del suelo en las calicatas, viales y escombreras	-	6	3	7	6	6	3	7	38	Crítico
5	Compactación del suelo por el paso de equipos y maquinarias en viales, facilidades temporales y escombreras.	-	3	3	2	4	6	3	7	28	Moderado
6	Mejora del estado de los suelos que han sido sometidos a su transformación	+	6	3	2	4	6	3	5	29	Moderado
7	Contaminación del suelo por vertimiento de residuales sólidos	-	1	2	2	2	5	2	2	16	Compatible

	procedentes de la actividad humana.										
8	Contaminación de las aguas por vertimiento de hidrocarburo y escombros, residuales domésticos (aguas negras) y fecalismo al aire libre.	-	6	3	4	3	5	3	4	28	Moderado
9	Posible afectación a los cauces naturales de ríos y arroyos por la construcción de los túneles.	-	3	3	2	3	4	3	2	20	Moderado
10	Obstrucción del flujo natural de las aguas subterráneas por la construcción de túnel.	-	6	3	2	4	5	3	2	25	Moderado
11	Posible reducción del cauce de algunos arroyos por infiltración hacia el túnel	-	2	4	4	3	4	3	5	26	Moderado
12	Garantía de un flujo estable de agua a la presa Mayarí.	+	10	8	9	9	9	8	7	60	Extremadamente beneficioso
13	Garantía de agua para la población y la agricultura lo que mejora la calidad de vida de la misma	+	10	8	9	9	9	8	7	60	Extremadamente beneficioso
14	Deficiencias con el drenaje natural superficial en las obras y facilidades temporales.	--	2	2	3	3	4	3	4	21	Moderado
15	Contaminación de la atmósfera por la expulsión de gases nocivos de los equipos, maquinarias y grupos electrógenos tanto en el interior de las obras como en el exterior	-	6	3	7	3	6	3	5	33	Severo
16	Contaminación de la atmósfera por polvo producto de las voladuras dentro de las obras subterráneas.	-	5	3	4	2	5	2	3	26	Moderado
17	Contaminación de la atmósfera por polvo en suspensión por el tránsito de equipos y maquinarias por los viales.	-	6	3	4	3	5	3	4	28	Moderado
18	Incremento del ruido dentro y fuera de las obras subterráneas que afectan a los trabajadores y las comunidades faunísticas	-	7	3	7	3	6	3	4	33	Severo
19	Posible afectación a la vegetación superficial por la aceleración en el escurrimiento subterráneo.	-	3	3	3	4	4	4	4	25	Moderado
20	Afectación a la vegetación por la construcción y rehabilitación de viales	-	5	3	7	5	5	3	5	33	Severo
21	Afectación a la vegetación por vertimiento de escombros por el borde de las pendientes	-	4	3	7	6	6	3	5	34	Severo
22	Afectación a la vegetación por incorrecta selección del sitio para escombreras.	-	3	3	3	4	5	3	6	27	Moderado

23	Afectación a las comunidades florística por los cortes en calicatas, y la construcción de escombreras y facilidades	-	7	3	8	7	6	3	5	39	Crítico
24	Posibles afectaciones por incendios forestales.	-	6	6	7	2	5	4	5	35	Severo
25	Mejoramiento del estado de la flora y la vegetación	+	7	3	2	4	7	4	7	34	Muy beneficioso
26	Creación de efecto barrera por la construcción de viales y otras obras.	-	6	7	7	7	6	3	5	41	Crítico
27	Emigración de las especies faunísticas por la acción de los trabajos	-	6	3	7	7	6	3	6	38	Crítico
28	Garantía de obtener mayor producción de alimentos para la población lo que mejora su calidad de vida al trasvasar el agua.	+	10	8	9	9	9	8	7	60	Extremadamente beneficioso
29	Posible afectación a los trabajadores por contaminación o accidentes.	-	6	3	5	3	5	3	5	30	Severo
30	Posibles derrumbes con afectaciones a los trabajadores y equipamiento	-	6	3	7	3	6	4	5	34	Severo
31	Generación de nuevas fuentes de empleo	+	2	6	7	6	6	6	5	38	Extremadamente beneficioso
32	Incremento de nuevas viviendas	+	3	3	8	4	6	4	5	33	Muy beneficioso
33	Mejora de los viales	+	6	3	8	4	6	3	4	35	Muy beneficioso
34	Alteración del paisaje por la construcción de las obras en especial calicatas y escombreras	-	6	3	7	6	6	3	6	37	Crítico
35	Rehabilitación de las áreas afectadas en la construcción que mejora el paisaje afectado.	+	7	3	7	6	7	3	6	39	Extremadamente beneficioso
36	Persistencia en las facilidades temporales de chatarras y otros elementos que afectan los paisajes	-	1	2	2	2	4	4	3	18	Moderado

Fuente: (Autor, 2019)

#### 4.2 Análisis y ponderación de los impactos

Del análisis de la valoración de cada uno de los impactos que se refleja en la tabla 3, al tener en cuenta los indicadores propuestos en su ponderación se procesaron un total de 36 impactos, de ellos solo nueve se clasificaron como positivos, el resto es de naturaleza negativa; de ellos 12 impactos moderados, siete críticos, siete severos y uno compatible, al tener como más significativa la afectación a las comunidades florística por los cortes en calicatas, y la construcción de escombreras y facilidades temporales. De naturaleza positiva como extremadamente beneficioso de mayor ponderación la garantía de un flujo estable de agua a la

presa Mayarí, la garantía de agua para la población y la agricultura lo que mejora la calidad de vida de la misma y la garantía de obtener mayor producción de alimentos para la población, lo que mejora su calidad de vida al trasvasar el agua.

4.3 Medidas preventivas, correctoras y de mitigación para los componentes del medio más afectados

Como resultado del estudio detallado de los impactos más significativos en el Túnel, se elaboró un conjunto de medidas preventivas que pueden generalizarse para atenuar los efectos negativos. Estas medidas se relacionan en función del menor tiempo de permanencia de los efectos negativos sobre los factores del medio afectado y se agrupan en la siguiente tabla 4.

**Tabla 4: Medidas preventivas, correctoras y de mitigación para el túnel.**

No	Impactos	Medidas correctoras
1	Contaminación del suelo por el vertimiento de hidrocarburos, restos de hormigón, residuales de las hormigoneras y aguas residuales domésticas	1. Manejar adecuadamente los desechos peligrosos, fundamentalmente en los talleres de las obras, para evitar el vertimiento de hidrocarburos al suelo
		2. Los aceites usados se recolectarán en tanques metálicos, bajo techo, con muros de contención para la recolección de derrames, con acceso limitado y trasladarlos a la empresa una vez llenos, repetir el ciclo de forma permanente
		3. Los materiales contaminados con hidrocarburos, aserrín, trapos, estopas, etc, trasladarlos al almacén permanente de la empresa
		4. Los filtros para aceites una vez agorada su vida útil, trasladarlos al almacén permanente de la empresa
		5. Los almacenes de aceites contarán con muros de contención para recolectar cualquier derrame.
		6. Construir lechos de infiltración para los residuales domésticos de los pantry- comedor
		7. Los escombros procedentes de los túneles y de otra naturaleza sólo serán dispuestos en las escombreras destinadas a estos fines o emplear parte de éstos en el arreglo y mantenimiento vial.
		8. Los residuales procedentes del fregado de los carros hormigoneras solo se depositarán en las escombreras, se prohíbe su disposición en los viales o cualquier otros sitio no autorizado
		9. En los fregaderos de cada taller construir trampa de grasa para evitar la contaminación del suelo
2	Degradación del suelo, procesos erosivos en las calicatas, escombreras, facilidades temporales y viales	10. Evaluar mensualmente en las obras los procesos erosivos que surjan y puedan surgir en las calicatas, viales, facilidades temporales y escombreras
		11. En el caso de las calicatas solucionar los procesos erosivos con hormigón proyectado
		12. En el caso de las facilidades temporales, escombreras y viales, solucionar los procesos erosivos con barreras muertas, empleando piedras, maderas o neumáticos usados

		13. Para minimizar el surgimiento de procesos erosivos, evaluar y mantener adecuadamente el drenaje superficial del terreno
3	Alteración de las formas del relieve por la construcción de calicatas, la formación de escombreras y la construcción de facilidades temporales	14. Concluidos los trabajos retirar las facilidades temporales, descompactar el suelo y aplicar capa vegetal para su revegetación o reforestación 15. Las escombreras, una vez concluidos los trabajos, serán sometidas a su conformación, riego de capa vegetal y revegetación o reforestación adaptándola al paisaje existente en la zona
4	Cambio de uso del suelo en las calicatas, viales y escombreras	16. No afectar mayor cantidad de área que la establecida en los proyectos para evitar afectaciones al suelo no autorizado para la construcción
5	Compactación del suelo por el paso de equipos y maquinarias en viales, facilidades temporales y escombreras	17. Una vez concluidos los trabajos, se descompactará el suelo afectado en los viales, facilidades temporales y escombreras, se le aplicará capa vegetal y se le entregará bajo acta al inversionista para su reforestación o su revegetación con especies propias el lugar
6	Mejora del estado de los suelos que han sido sometidos a su transformación	18. Descompactar los suelos afectados y aplicar capa vegetal para su revegetación o reforestación
7	Contaminación del suelo por vertimiento de residuales sólidos procedentes de la actividad humana	19. Los sólidos procedentes del los pantry-comedor serán recolectados adecuadamente, destinar los que sirven para uso animal a estos fines, el resto soterrarlos en las escombreras
8	Contaminación de las aguas por vertimiento de hidrocarburo, escombros, residuales domésticos (aguas negras) y fecalismo al aire	20. No verter hidrocarburos en la faja hidrorreguladoras de los ríos y arroyos 21. No fregar equipos en las aguas superficiales ni cercanos a estas. 22. Construir obras de fábrica para el paso por los cursos de aguas superficiales 23. No parquear ni arreglar equipos en la faja hidrorreguladora de ríos y arroyo 24. Construir losa de fregado para los equipos alejada de los ríos y arroyos que contengan trampa de lodo y grasas 25. Situar los embases de productos acelerantes alejados de la faja hidrorreguladora de los ríos y arroyos, mantenerlos bajo techo, con muro de contención, acceso limitado y cajuela para recolectar cualquier derrame 26. No verter material rocoso por el borde de las pendientes que pueda afectar las aguas superficiales, ni situar las escombreras temporales en las fajas hidrorreguladoras de las corrientes de aguas superficiales, siempre que las condiciones lo permitan 27. Construir sedimentador en las bocas de los túneles para colectar las aguas residuales, limpiarlo semanalmente

		28. Construir letrinas en todas las facilidades temporales y frentes de trabajo
--	--	---------------------------------------------------------------------------------

9	Posible afectación a los cauces naturales de ríos y arroyos por la construcción de los túneles.	29. El lodo procedente de la limpieza de los túneles no verterlos a las aguas superficiales
		30. Construir lechos de infiltración para los residuales de los pantry- comedor
		31. Cuando las calicatas estén situadas frente a los arroyos, construir obra de fábrica para no afectar su cauce
		32. Los escombros procedentes de las excavaciones no situarlos a la orilla de los arroyos, siempre que las condiciones lo permitan
10	Obstrucción del flujo natural de las aguas subterráneas por la construcción de túneles	33. Impermeabilizar adecuadamente y con la calidad requerida, los túneles, para que las aguas subterráneas no penetren a las obras, fundamentalmente en los lugares de afluencia de manantiales
11	Posible reducción del cause de algunos arroyos por infiltración hacia el túnel	34. En la construcción de las calicatas cercanas a los arroyos y ríos con peligro de que se infiltren a las obras realizar y ejecutar proyectos de inyección para detener el flujo de agua
		35. Cuando el túnel tenga que cruzar por debajo de los ríos y arroyos, impermeabilizar muy bien el intercepto para evitar las filtraciones hacia las obras.
		36. Cuando el intercepto del túnel pase mitad fuera del cauce del arroyo o río y mitad subterráneo, construir un dique para represarlo, con tuberías del 1000mm para mantener su flujo normal; concluida la obra del intercepto retirar la tubería y eliminar el dique
		37. No permitir el paso por el cauce de los ríos y arroyos, sin las obras de fabrica, de los equipos automotores
12	Garantía de agua para la población y la agricultura lo que mejora la calidad de vida de la misma	38. Es positivo, sin embargo, en la etapa de construcción se deberá llevar paralelo a la construcción de las obras hidráulicas, las que beneficiarán a la agricultura y la población para no hipotecar el agua embalsada, darle un valor de uso inmediato y comenzar a recuperar la inversión
13	Garantía de un flujo estable de agua a la presa Mayarí.	39. Positivo, no hay necesidad de establecer medidas correctoras para la etapa de construcción, para la etapa de explotación se debe:
		40. Manejar acertadamente el agua de los embalses para su mejor aprovechamiento en la agricultura y para la población
14	Deficiencias con el drenaje	41. En todas las obras, facilidades temporales, viales y

	natural superficial en las obras y facilidades temporales	escombreras, mantener el drenaje natural superficial
15	Contaminación de la atmósfera por la expulsión de gases nocivos de los equipos, maquinarias y grupos electrógenos tanto en el interior de las obras como en el exterior	42. Mantener en buen estado técnico los sistemas de limpiezas de gases de los equipos de combustión interna que laboran dentro de las obras subterráneas 43. Mantener la ventilación y extracción de gases adecuados en las obras subterráneas
16	Contaminación de la atmósfera por polvo producto de las voladuras dentro de las obras subterráneas	44. Mantener la ventilación y extracción de gases adecuados en las obras subterráneas
17	Contaminación de la atmósfera por polvo en suspensión por el tránsito de equipos y maquinarias en los viales	45. Señalizar los viales con límite de velocidad de 30 km/hora 46. De ser posible regar agua en los viales que afectan a las facilidades temporales con la emisión de polvo
18	Incremento del ruido dentro y fuera de las obras subterráneas que afectan a los trabajadores y las comunidades faunísticas	47. En los túneles que dependan la energía eléctrica generada por grupos electrógenos, estos se situarán a 50 metros de la entrada de las obras y de las facilidades temporales, siempre que las condiciones topográficas del terreno lo permita
19	Posible afectación a la vegetación superficial por la aceleración en el escurrimiento subterráneo	48. Impermeabilizar adecuadamente los túneles de forma tal que no se permita la afluencia de manantiales a su interior
20	Afectación a la vegetación por la construcción y rehabilitación de viales	49. Para la construcción vial sólo se empleará lo establecido en el proyecto para la faja de éste 50. No se permitirá que en la construcción vial se viertan escombros por el borde de las pendientes, siempre que las condiciones topográficas lo permitan 51. Una vez concluidas las obras y si se determina que no se emplearán más estos viales, mantenerlos como trochas corta fuego
21	Afectación a la vegetación por vertimiento de escombros por el borde de las pendientes	52. En la construcción vial, construcción de calicatas y escombreras no permitir el vertimiento de material rocoso por el borde de las pendientes siempre que las condiciones topográficas del terreno lo permitan
22	Afectación a la vegetación por incorrecta selección del sitio para escombreras	53. Las escombreras se situarán en áreas geológicamente estables de forma tal que no ocurran procesos erosivos violentos 54. Para la construcción de las escombreras se retirará la maleza y capa vegetal, se preparará el sitio y posteriormente se comenzará el depósito de material, el que será regado sistemáticamente 55. Concluidos los trabajos serán rehabilitadas las escombreras y revegetadas con especies del lugar, adaptándolas al paisaje existente
23	Afectación a las comunidades florística por	56. Rehabilitar las áreas afectadas con el objetivo de la recolonización de las mismas por las comunidades florísticas y

	los cortes en calicatas, y la construcción de escombreras y facilidades temporales	faunísticas
24	Posibles afectaciones por incendios forestales	57. No se permitirá el uso del fuego en los lugares cercanos a la vegetación por ningún obrero, ni para guarecerse del frío en las guardias
		58. Todos los equipos automotores contarán con dispositivos matachispas para evitar incendios, así mismo contarán con extintores para sofocar cualquier fuego que surja en los equipos
		59. Los carros pipas que trasladan combustible a las obras, su velocidad por las áreas de bosque será de 30 km/h para evitar accidentes que pueda provocar incendios
		60. Los almacenes de material especial no contarán con vegetación en un perímetro de diez metros alrededor de los nichos
		61. Los almacenes de combustibles a cielo abierto contarán con sistemas de aterramiento
25	Mejoramiento del estado de la flora y la vegetación	62. Rehabilitar todos los sitios de trabajo, una vez concluidos los mismos para llevarlos al estado casi inicial, no introducir en las áreas especies vegetales invasoras o que no sean propias del ecosistema existente
		63. Se prohíbe la fuma en los lugares con vegetación, ello se realizará en los lugares al descampado
		64. Se mantendrán en activo todos los puntos contra incendios para ser empleados en caso de necesidad
		65. Aplicar lo establecido en los planes para contingencias ambientales establecidos al efecto
26	Creación de efecto barrera por la construcción de viales y otras obras	66. Una vez concluidos los trabajos, de no emplearse los caminos para la explotación de la obra, descompactarlos y regarle capa vegetal, en el caso de que los mismos sean empleados como trochas contra fuego se ira eliminando el efecto nocivo sobre el medio por la propia acción natural.
27	Emigración de las especies faunísticas por la acción de los trabajos	67. Minimizar los efectos del ruido sobre el medio producto de los equipos con el empleo de silenciadores.
		68. Rehabilitación de las áreas afectadas para la recolonización de la misma por las especies que han emigrado
28	Garantía de obtener mayor producción de alimentos para la población lo que mejora su calidad de vida al trasvasar el agua	69. Mantener el flujo de agua para el riego de las plantaciones dedicadas a la producción de alimentos
29	Posible afectación a los trabajadores por contaminación o accidentes	70. En el caso de las obras subterráneas, cumplir estrictamente con el proyecto de ventilación establecido, aunque se incrementa el ruido dentro de las mismas.
		71. Obligar a los trabajadores al empleo de los medios de protección contra ruido , polvo y gases
		72. Realizar el monitoreo de ruido, polvo y gases dentro de las obras, compararlos con la norma cubana y adoptar las pedidas correspondientes

30	Posibles derrumbes con afectaciones a los trabajadores y equipamiento	73. En las zonas de falla, cumplir estrictamente lo establecido en los proyectos, sin violar la secuencia tecnológica en la construcción de las obras
		74. Realizar la descripción la descripción del frente cada vez que se ejecuten las voladuras, determinar el estado de agrietamiento y los peligros potenciales de derrumbes.
		75. Cuando se detecten los posibles derrumbes proceder de inmediato a retirar los equipos y el personal del lugar hasta que se de la solución técnica por parte del proyectista y el inversionista
31	Generación de nuevas fuentes de empleo	76. Mantener la prioridad de empleo para el personal que vive en la localidad siempre que exista plantilla por cubrir
32	Incremento de nuevas viviendas	77. Construir anualmente un nivel de viviendas de acuerdo a las asignaciones de las FAR, entregar las mismas a los mejores trabajadores y que tengan necesidades de vivienda
33	Mejoras de viales	78. Mantener en buen estado los viales que garanticen menos rotura del transporte y los equipos, así como para la mejora social de la zona donde existan poblaciones, priorizando los que están directamente relacionados con las obras.
34	Alteración del paisaje por la construcción de las obras en especial calicatas y escombreras	79. Rehabilitar las escombreras de forma tal que se adapten al paisaje existente empleando las propias especies vegetales del lugar.
35	Rehabilitación de las áreas afectadas en la construcción que mejora el paisaje afectado	80. Para la rehabilitación de las áreas una vez concluidos los trabajos, se descompactará el suelo, se aplicará 15 cm de capa vegetal y se forestará con especies propias del lugar.
36	Persistencia en las facilidades temporales de chatarras y otros elementos que afectan los suelos y el paisaje	81. Eliminar las chatarras, escombros y otros desechos no utilizables en las obras, enviarlos a materias primas los reciclables y los no reciclables depositarlos en la escombrera.
		82. Los áridos que se empleen en lasa facilidades temporales mantenerlos con muros de contención para evitar su erosión

Fuente: (Autor, 2019)

## 5 CONCLUSIONES

1. La geología del área de estudio se caracterizó por una marcada complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el transcurso del tiempo geológico, lo cual interviene de manera directa en las construcciones de obras subterráneas.

2. La aplicación de la metodología de evaluación de impactos propuesta evidenció su efectividad y la posibilidad de su uso en las demás contrucciones de obras subterráneas en la provincia.

3. La evaluación ambiental producto de la construcción de la obra subterránea en el municipio de Mayarí, permitió identificar, caracterizar y evaluar los impactos producidos, con un alto nivel de generación de impactos negativos sobre los componentes ambientales: atmósfera, suelo, paisaje, población y economía.

4. Se identificaron un total de 36 impactos, de ellos solo 9 se clasificaron como positivos, el resto es de naturaleza negativa; de ellos 12 impactos moderados, siete críticos, siete severos y uno compatible, al tener como más significativa la afectación a las comunidades florísticas por los cortes en calicatas y la construcción de escombreras y facilidades temporales. De naturaleza positiva como extremadamente beneficioso de mayor ponderación: la garantía de un flujo estable de agua a la presa Mayarí, la garantía de agua para la población y la agricultura lo que mejora la calidad de vida de la misma y la garantía de obtener mayor producción de alimentos para la población.

5. Se propusieron 82 medidas preventivas, correctoras y de mitigación que satisfacen las necesidades que la problemática ambiental demanda generados por la construcción de la obra subterránea en el municipio Mayarí.

## 6 REFERENCIAS

- Aguilera, I. (2003). *Estudio del impacto ambiental ocasionado por la explotación del yacimiento fluvial de arena y grava "Río Nibujón"*. (Tesis de Maestría). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Álvarez, C. (1989). *Manual de Contaminación Ambiental*.
- Cartaya, M. & Blanco, R. (1997). *Informes Ingeniero – Geológicos y valoración de estabilidad de los túneles populares del municipio Moa*. Estado Mayor Municipal de la Defensa Civil – Moa.
- Cartaya, M. (2001). *Caracterización geomecánica de los macizos rocosos de algunas minas y túneles subterráneos de la región oriental del país: Memorias "Primer Simposio Internacional la geodesia y la Geomecánica Aplicadas a la Construcción: Ciudad de la Habana. Cuba*.
- CICA (2009). *Guía para la realización de la Solicitudes de Licencia Ambiental y los estudios de Impactos Ambiental*. La Habana.
- Conesa, V. (1997). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental* (2da edición) Madrid: Editorial Madrid Prensa. Madrid.
- Espinosa, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*.
- García, C. (2010). *Evaluación de impacto ambiental de la construcción de túneles populares en el municipio Moa*. (Tesis en opción al título académico de Máster en Geología.) Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba.
- Gómez, D. (1999). *Evaluación del Impacto Ambiental*. Ed. Mundi--Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid. 1ª edición. Referencia de la biblioteca de Filosofía: FL/TD 194.4. G6.

- Hernández, T. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Explotación de los años 2002-2005 del Yacimiento Punta Gorda*. (Tesis de Maestría). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Hurtado, G. (2007). *Estudio de la influencia en el medio ambiente del sistema de generación de la empresa del níquel Comandante Ernesto Che Guevara de Moa y el Sistema de Transmisión Eléctrico adyacente*. (Tesis doctoral).
- Leopold, L. B. et al. (1971). *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. United States Geological Survey, Geological Survey Circular No. 645, Washington, D.C.
- Leyva, A. (1992). *Flora de la República de Cuba*. Madrid: Real jardín botánico.
- Mejía, P. (2013) *Evaluación de impacto ambiental de la construcción del túnel hidráulico Levisa-Mayarí* (Tesis de grado). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba.
- Sánchez, L. (2001). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Segundo Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental.
- Sorensen, J. & Moss, M. (1973). *Procedures and Programmes to Assist in the Environmental Impact State Ment Process*. University of California. USA.
- Suárez, I. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental en obras Subterráneas en funcionamiento del EO*. (Tesis de Maestría). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Ulloa, M. (1999). Influencia sobre el medio ambiente producida por la explotación a cielo abierto de los yacimientos lateríticos de Moa en el nordeste de la provincia de Holguín, Cuba. *Libro de trabajos de la Conferencia Internacional PROTAMBI/99*. Moa.
- Ulloa, M. (2006). *Estudio preliminar sobre al influencia de la construcción de los túneles populares sobre el medio ambiente de Moa*.

#### COMO CITAR ESTE ARTICULO:

García- Cruz, S., Borges-Terrero, Y., Oca-Risco, A. M. de., Hernández-Noa, T. (2020). Evaluación de impacto ambiental de la construcción del túnel subterráneo en el municipio de Mayarí. *Holos*. 36(8), 1-23.

#### SOBRE OS AUTORES

##### S. GARCÍA- CRUZ

Profesora en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, máster en ciencias geológicas y profesora auxiliar. Su línea de investigación es sobre Medio Ambiente.

E-mail: [sgarcia@ismm.edu.cu](mailto:sgarcia@ismm.edu.cu)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0051-9841>

##### Y. BORGES- TERRERO

Profesora de la Univerdad de moa. Trabaja en el centro de estudios del medio ambiente de dicha universidad. Ela es máster y profesora auxiliar. Su línea de investigación es sobre Medio ambiente y estudios de suelo y aguas.

E-mail: [Yborgest@ismm.edu.cu](mailto:Yborgest@ismm.edu.cu)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0920-7801>

**A. M. DE OCA-RISCO**

Profesor de la Universidad de Oriente, profesor auxiliar, máster en minería y Doctor en ciencias técnicas. Sus líneas de investigación están relacionados con el estudio del medio ambiente.

E-mail: [amrisco23@gmail.com](mailto:amrisco23@gmail.com)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6645-5639>

**T. HERNÁNDEZ-NOA**

Profesora de la Universidad de Moa, máster en ciencias sociales. Sus líneas de investigación están relacionados con la investigación del medio ambiente.

E-mail: [thernadez@ismm.edu.cu](mailto:thernadez@ismm.edu.cu)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3149-546X>

**Editor(a) Responsável:** Francinaide de Lima Silva Nascimento

**Pareceristas Ad Hoc:** Vandervilson Carneiro e Elenice Schons Silva

