

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
TÍTULO: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA
CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES POPULARES EN EL MUNICIPIO
MOA.
TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE MASTER EN
GEOLOGÍA MENCIÓN GEOLOGÍA AMBIENTAL
MAESTRÍA GEOLOGÍA



AUTOR: Lic. Suraymi García Cruz

TUTORES: Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés

Dra. C. Alina Rodríguez Infante

MsC. Armando Cuesta Recio

Año 52 de la Revolución

Moa / 2010

AGRADECIMIENTOS

Nada más justo será para mí, en estos momentos, que agradecer a todo aquel que me apoyó en los momentos que más lo necesité:

A mis padres: Wilmedis y Virgen que con sus sacrificios, dedicación y cariño me ayudan a vencer todas las dificultades y a mi hermano Wilmedito, Yaremis, Yoanis, Esther mi abuela y mi suegra, mi tía María Antonia y demás familia.

A mi esposo Rafael por su dedicación, comprensión y paciente espera.

A mi hijo anhelado y muy querido Abraham Rafael.

A mis tutoras Mayda Ulloa Carcassés.

Alina Rodríguez Infante

A mis primas: Yaritza y Adelfa.

A todas las personas que me ayudaron incondicionalmente Gladimir, María del Carmen, Sonia, Xiomy, Diana, Nelía, Yanmary, Barbarita, Dalay, Naisma, Maday, Alexis, Mayito, José Batista, Armando Cuesta, Ortelio, Yury, Yoenis, Ramona, Katia.

Finalmente a quienes debo este logro, a mis seres queridos y a la Revolución Cubana.

A todos, muchas gracias.

DEDICATORIA

El resultado de este trabajo se lo dedico a todas aquellas personas que confiaron en mí y me dieron mucho apoyo para seguir adelante en los momentos más difíciles.

En especial a mi papá Wilmedis García Hernández, a mi madre Virgen Cruz Leyva, mi hermano Wilmedito, a mi esposo Rafael López Machado y a mi hijito querido Abraham Rafael.

RESUMEN

Una forma de elevar la preparación combativa del pueblo, debido a las constantes amenazas que es sometido nuestro archipiélago, es la construcción de túneles populares, se convierte en una tarea priorizada, sin embargo, resulta necesario evaluar los impactos originados por éstas en el contexto del territorio, teniendo en cuentas 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 el impacto ambiental en la construcción de túneles en dos consejos populares del municipio de Moa, para proponer medidas para minimizar y corregir los efectos negativos.

Como parte del trabajo, se identificaron, caracterizaron y evaluaron los diferentes impactos ambientales que se produjeron durante la construcción de túneles populares en el municipio de Moa, se elaboró un plan de medidas con plazos establecidos para la prevención, mitigación y corrección de los efectos negativos y por último se propuso un programa de información general para la población que le permita comprender la importancia que tiene poder contar con estos tipos de instalaciones de protección apropiadas para el uso adecuado de la población.

A partir de los resultados del trabajo se conoce que los factores ambientales que más impactos reciben producto de las diferentes actividades son la población, la economía, la atmósfera y el paisaje. Con el objetivo de minimizar los impactos generados por la construcción de túneles populares, las medidas propuestas satisfacen las necesidades que la problemática ambiental demanda y su eficiencia dependerá de su correcta implementación.

ABSTRACT

A way of increase the combative preparation, due to the constants threats that affects our country, the construction of popular tunnels, becomes a prioritized task. However, it is necessary to evaluate the impacts originated by these in the context of the territory, due to the importance of the effects that take place and to the environmental politics of the country.

The objective of this investigation consists on identifying, to characterize and to evaluate the environmental impact in the construction of tunnels in two neighborhoods of the municipality of Moa, to propose measures to minimize and to correct the negative effects.

As part of the work, there were identified, characterized and evaluated the different environmental impacts that took place during the construction of popular tunnels in the municipality of Moa, a plan of measures was elaborated with established terms for the prevention, mitigation and correction of the negative effects and lastly purposed a program of general information for the population that allows to understand the importance that has to be able to have these types of appropriate protection facilities for the population's appropriate use.

Starting from the results of the work it's known that the environmental factors that more impacts receive product of the different activities are the population, the economy, the atmosphere and the landscape. With the objective of minimizing the impacts generated by the construction of popular tunnels, the measures proposed satisfy the necessities that the environmental problems demand and their efficiency will depend on its correct implementation.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 8

1.1. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO REGIONAL	8
1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	8
1.1.2. CLIMA	9
1.1.3. PRECIPITACIONES	9
1.1.4. TEMPERATURA	10
1.1.5. VIENTO	10
1.1.6. SUELO	10
1.1.7. FLORA Y FAUNA	11
1.1.8. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN	12
1.1.8.1. Características tectónicas	14
1.1.8.2. Características Hidrogeológicas	17
1.1.8.3. Fenómenos y procesos geodinámicos.....	18
1.1.8.3.1. Meteorización.....	18
1.1.8.3.2. Movimientos de masas	18
1.1.8.3.3. Sismicidad.....	19
1.1.8.3.4. Situación socio- económica del territorio	20
1.2. ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE MOA	21
1.3. ANTECEDENTES DE LOS TÚNELES Y ANÁLISIS DE LAS FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	24
1.3.1. ANTECEDENTES DEL USO DE LOS TÚNELES	24
1.3.2. TRABAJOS PRECEDENTES RELACIONADOS CON ESTUDIOS DE IMPACTOSE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN LOS TÚNELES DEL MUNICIPIO DE MOA	28
1.4. MARCO LEGAL	30
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.1. MÉTODO PARA LA SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA	33
2.2. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES POPULARES	34
2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FASES METODOLÓGICAS	34
2.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS URBANOS B Y C	44
2.3.2. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DE LA CALIDAD DE LOS DIFERENTES FACTORES AMBIENTALES DONDE SE ENCUENTRAN LOS TÚNELES A, B Y C	45
2.3.2.1. Atmósfera	45
2.3.2.2. Suelo.....	46
2.3.2.3. Flora y Fauna.....	46
2.3.2.4. Principales características geológicas de la zona de estudio	47
2.3.2.5. Erosión.....	48
III. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	49
3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN LOS TÚNELES POPULARES A, B Y C	49
3.2. DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES IMPACTANTES	50
3.2.1. ACCIONES IMPACTANTES EN LOS TÚNELES A, B Y C	51
3.2.1.1. Caracterización de cada una de las acciones.....	52

3.2.1.2. Resultados de los factores ambientales impactados en los Túneles A, B y C	55
3.2.1.3. Impacto ambiental en los túneles A, B, C	56
3.2.1.3.1. Túneles A, B y C	56
3.2.1.4. Resultados de la evaluación de las matrices en los túneles A, B y C	62
3.3. MEDIDAS DE MEJORA DE LA SITUACIÓN CONSTRUCTIVA DE LOS TÚNELES A, B, C	64
3.3.1. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN, CORRECCIÓN Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES POPULARES	65
3.3.1.3. Programa de información general para la población.....	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	77

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del Homo sapiens hasta la actualidad, el hombre ha mantenido una íntima relación con la naturaleza para la satisfacción de sus necesidades, relación que pasó de una total dependencia a una posición de poder sobre ella, y evolucionó desde la más ciega mistificación en épocas inmemoriales hasta la más brutal depredación, característica de nuestros días.

El hombre primitivo se valió de la naturaleza para protegerse, calentarse, alimentarse y como objeto de adoración. Según se desarrolló esta relación, fue aprendiendo a usar los elementos naturales como instrumentos. En estos momentos de la historia nació la tecnología.

La evolución de la sociedad, impulsada por el desarrollo de las fuerzas productivas, fue asumida por los diferentes grupos humanos de acuerdo con su condición de poseer o no los medios de producción, lo que determina sus patrones de comportamiento, sus valores, sus formas de organizarse socialmente, su concepción del mundo, en fin su cultura y el impacto sobre la naturaleza.

A partir de la década de 1970 se aceleró la conciencia ecológica y la sociedad comenzó a entender que el origen de los conflictos ambientales se encontraba en las estructuras económicas y productivas de la economía, dado en que los principales problemas que aquejan al medio ambiente, tienen su origen en los procesos productivos mal planificados y gestionados. Es precisamente mediante la transformación de tales sistemas como se podía acceder a una mejora integral de éste.

El estado actual de la población humana en crecimiento explosivo y con necesidades en constante incremento, demanda con urgencia la protección de los ecosistemas urbanos lo que implica un uso sostenible de los mismos. Para ello, es menester que este uso se corresponda con las verdaderas necesidades humanas de las presentes generaciones, como condición para salvaguardar la satisfacción futura.

En la actualidad el hombre es considerado el principal responsable de las diferentes acciones agresivas que motivaron las transformaciones en la naturaleza, por lo que se está afectando su equilibrio ecológico y el límite de auto restauración o resiliencia de los ecosistemas. Es por ello que debemos compatibilizar las acciones tecnológicas, científicas, económicas y socioculturales en el entorno natural.

Pero todas las influencias negativas de las acciones del hombre sobre la naturaleza resultan insuficientes, comparadas con la destrucción que puede ocasionar una guerra. Nuestro Héroe nacional José Martí dijo: "El mundo sangra sin cesar por los crímenes que se cometen en él, contra la naturaleza". Estas palabras, a más de un siglo de haber sido pronunciadas, se mantienen vigentes en la realidad de hoy, cuando se acometen atrocidades originadas por enfrentamientos armados entre naciones que causan enormes desastres ecológicos. Vale recordar los impactos producidos por la Guerra del Golfo Árabe Pérsico y las actuales contiendas en Afganistán e Irak, donde fueron arrojadas a la atmósfera enormes cantidades de gases y hollín, la destrucción del entorno físico, alteración de la fauna silvestre y hábitat naturales debido al uso de armas.

No solo los conflictos armados generan degradación ambiental. La industria de armamento e incluso la preparación y el entrenamiento de las tropas, traen consigo también el deterioro del medio ambiente.

La destrucción de la vida ha sido una amenaza que los humanos han asumido con preocupación, en especial el gobierno cubano. Esta preocupación cobra mayor importancia debido al bloqueo económico y las constantes amenazas a que es sometido el país por parte de los Estados Unidos de América.

Como resultado de estos peligros, Cuba se ha visto obligada a mantener una elevada preparación defensiva de todo el pueblo para afrontar cualquier tipo de lucha armada. (Suárez, 1999; EMPI-FAR, 1999) y en ese contexto, la construcción de túneles populares y obras protectoras se convierte en una tarea priorizada.

En el municipio de Moa, como medida de protección a la población en caso del ataque enemigo se construyen túneles popular, cumpliendo cada uno con un objetivo estratégico específico para el fin que fueron ubicados.

En los túneles del municipio se han desarrollado importantes trabajos, dirigidos al mejoramiento de las condiciones constructivas y de estabilidad de los mismos, pero no ha formado parte de esas investigaciones lo referente a las cuestiones ambientales, justificado por el predominio del interés que ocupan las actividades mineras a cielo abierto, sumamente agresivas al medio ambiente y los efectos de los procesos metalúrgicos, (Ulloa, 2006).

La ejecución y el funcionamiento de estas obras, como cualquier obra minera y constructiva, no está exenta de generar serios impactos sobre el medio donde se encuentran situadas, (EMPI-FAR, 1997). Sin embargo la necesidad de construirlo no implica necesariamente la degradación indiscriminada del entorno, pues a través de los procedimientos establecidos de EIA y gestión ambiental se podrán minimizar los impactos negativos identificados.

Del análisis preliminar se pudo establecer en los túneles que:

- EL municipio de Moa al igual que en el resto del país, se procedió a la construcción de túneles populares, respondiendo a metas establecidas por el nivel central.
- En línea general, los procesos tecnológicos que se aplican en la ejecución de cada obra, no difieren significativamente, debido a que responden a una orientación regional.
- En la mayoría de los casos, las obras se ejecutan sin un proyecto de construcción previamente elaborado y sin la necesaria atención a las características particulares de cada zona.
- No se le presta la suficiente atención a los aspectos ambientales en la construcción de estas obras, por lo que se evidencia que no se realizan estudios profundos, que demuestren dichas afectaciones al medio ambiente.

- En los túneles de Moa no se ha realizado la evaluación de impacto ambiental, que refleje los efectos negativos y las medidas correctoras para su posible mitigación.

La necesidad de evaluar los impactos ambientales originados por la construcción de los túneles populares en el municipio de Moa y en particular, los correspondientes a los dos Consejos Populares analizados, constituye el **problema** sobre el cual se basa la realización de ésta investigación.

Para dar solución al mismo y como parte del Proyecto 56/08 “Estudio de Impacto Ambiental de la Construcción de Túneles Populares en el Municipio de Moa” por el Instituto Superior Minero Metalúrgico (ISMM), se realiza el presente estudio de, Evaluación de impacto ambiental en la construcción de túneles en dos consejos populares del municipio de Moa.

Partiendo de lo anterior, el **objeto de investigación** son los Túneles populares de dos Consejos Populares del Municipio Moa y el **campo de acción** es la evaluación de impacto ambiental producto de su construcción.

El **objetivo general** del trabajo consiste en identificar, caracterizar y evaluar el impacto ambiental en la construcción de túneles en dos consejos populares del municipio de Moa, para proponer medidas para minimizar y corregir los efectos negativos.

De este objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

- Identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales producto de la construcción de túneles populares.
- Proponer un plan de medidas preventivas, correctoras o de mitigación de los impactos negativos producto de la construcción de túneles populares.

El trabajo se fundamenta en la siguiente **hipótesis**, “Si se identifica el impacto ambiental negativo de la construcción de túneles populares y se determinan las

acciones que lo generan, se podrán establecer y aplicar medidas para minimizarlos o corregirlos”.

En la realización de la investigación hemos confrontado como dificultad las limitaciones al acceso de la información referida a la construcción de los túneles, en particular a los proyectos sobre los cuales se construyeron, debido a que la misma, al pertenecer al Teatro de Operaciones Militares es considerada Información Clasificada.

Fundamento metodológico

Para el cumplimiento de estos objetivos se emplearon diferentes métodos de la investigación científica, entre los que se destacan los siguientes:

De los **métodos teóricos** se emplearon

- Histórico- lógico: Permitió estudiar y valorar la situación ambiental que ha caracterizado la actividad antes y durante el transcurso de la investigación y establecer de forma lógica y coherente los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.
- Análisis- síntesis: Para identificar los impactos ambientales y establecer las causas de ellos y aplicar la metodología para su estudio.
- Inducción-deducción: Se empleó para interpretar los resultados obtenidos de la evaluación de impactos y establecer las medidas dirigidas a minimizar y corregir los impactos negativos provocados al medio.

Dentro de los **métodos empíricos**

- Observación: Para, de manera consciente y planificada, percibir visualmente los impactos que los Túneles Populares causan sobre el medio ambiente dentro del ecosistema urbano.
- Encuestas: A expertos y pobladores para constatar el nivel de información que tienen acerca de los impactos que se generan producto de la construcción de

túneles populares y a la vez su reconocimiento de la importancia de poder contar con estos tipos de instalaciones.

- Entrevistas: A los residentes de la zona para comprobar el conocimiento que tienen de la importancia de protegerse en los túneles y mediante la identificación de los impactos contribuir a disminuir sus efectos negativos.
- Criterio de expertos: Por su aporte en el dominio en la materia objeto de estudio y en la elaboración de la metodología para la identificación, caracterización, valoración y evaluación de los impactos producto de la construcción de túneles populares.

Los resultados de esta investigación constituyen el punto de partida para la ejecución de un conjunto de tareas que deben emprenderse con vistas a mejorar los índices de calidad ambiental del territorio, contribuyendo a la disminución de la presión que actualmente existe sobre los elementos del medio ambiente producto de la actividad minero-metalúrgica en general y de construcción de túneles populares y obras de protección de manera particular, permitirá el desarrollo de mejores prácticas en estas actividades y servirá de guía para emprender acciones por parte de los principales actores que intervienen en las mismas, tendientes a lograr una sostenibilidad del medio ambiente en la construcción de túneles populares.

La **significación práctica** del trabajo consiste en que todos los resultados podrán ser aplicados de forma inmediata en los tres objetos de obra estudiados y ser extensivo para el resto de las obras del municipio Moa, además que, de implementarse correctamente el plan de medidas recomendado, se logrará minimizar los impactos causados al medio y un significativo aporte a su conservación.

Resultados esperados y aplicabilidad

Los resultados esperados son los siguientes:

1. Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales de la construcción de túneles populares.
2. Propuestas de un plan de medidas preventivas, correctoras o de mitigación para la etapa de construcción de túneles populares.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En este capítulo se procede, como parte de la investigación, analizar todos los elementos teóricos necesarios que permitan alcanzar los objetivos trazados y dar solución a la problemática existente, aplicando el método científico adecuado. El conocimiento de las características geográficas, geológicas, climáticas y económicas del territorio permite comprender los antecedentes de los problemas medioambientales del municipio. Además se realizará el análisis de los trabajos precedentes relacionados con estudios de impactos ambiental EIA en la práctica mundial y las investigaciones desarrolladas en los túneles populares del municipio. Y por último se aborda lo legislado en el país al respecto.

1.1. Caracterización del medio físico regional

1.1.1. Ubicación Geográfica

Moa es una rica región minera situada al noroeste de la provincia Holguín, limita al norte, con el Océano Atlántico, al sur y este con el Municipio de Baracoa y al oeste con el Municipio Sagua de Tánamo.

El territorio tiene una extensión de 732,6 Km². Su población asciende a 71 098 habitantes. Es un Municipio de alto grado de urbanización y se asienta en dos núcleos urbanos: Moa como una comunidad urbana propiamente dicha, y Punta Gorda. La población rural es aproximadamente de 8 463 habitantes que se encuentra en los asentamientos de Cañete, La Melva, Yamanigüey, Cupey, Veguitas, Farallones, Quemado del Negro, Cayo Grande, Cayo Chiquito y Centeno.

Desde su fundación, en 1883 hasta 1963, Moa fue un barrio más de Baracoa, pero hoy es uno de los Municipios más importantes de la provincia Holguín, al encontrarse en él una de las mayores reservas ferroniquelíferas del país.

Moa se caracteriza por una inadecuada estructura urbana por lo que ha dado lugar a un uso irracional de su terreno, un asentamiento disperso no funcional con serios problemas ambientales. Su estructura ha variado, su zona más antigua es el centro, donde hoy se conservan muy pocas construcciones de las que fueron hechas producto de la instalación del Aserrío y que carece de valores arquitectónicos.

1.1.2. Clima

El clima de la región es tropical, caracterizado por la presencia de dos períodos de lluvia (Mayo-Junio y Octubre-Enero) y dos períodos de seca (Julio-Septiembre y Febrero-Abril).

Este clima se encuentra influenciado por la orografía, sirviendo de pantalla a los alisios del NE las barreras montañosas del Grupo Sagua – Baracoa. La zona se encuentra bajo el régimen de brisas y terrales así como de vientos gravitacionales (vientos que descienden siguiendo el curso de los ríos aproximadamente).

1.1.3. Precipitaciones

Las precipitaciones de la región, son abundantes, estando estrechamente relacionadas con el relieve montañoso que presenta la misma. Los datos de lluvia fueron tomados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos del municipio de Moa, el cual cuenta con valores tomados a partir del año 2000 hasta el 2007, encontrándose ubicados los pluviómetros utilizados según el sistema de coordenadas Lambert como se describe en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Ubicación de los pluviómetros (Fuente: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos).

Pluviómetros	Coordenadas
Derivadora (1696)	x: 698.200 y: 219.600
Cayo Grande(1306)	x: 689.400 y: 214.400
Cayo Chiquito (1302)	x: 689.600 y: 216.600

Presa Moa (1695) x: 692.800 y: 212.700

T/C Moa (1547) x: 697.300 y: 223.400

Los meses más lluviosos son los de noviembre y diciembre y los más secos febreros, abril y junio.

1.1.4. Temperatura

Los datos de temperatura fueron tomados de la Estación Hidrometeorológica “El Sitio”. Esta estación está ubicada en las coordenadas N: 218,6; E: 621, 2 y registrada con el Número 1678.

Según observaciones realizadas en los años 2000-2008, se evidencia que los meses más calurosos son desde julio hasta septiembre, lográndose temperaturas de 27,1; 29,0 y 30,5 °C respectivamente, mientras que los más fríos son enero-febrero, con temperaturas promedios de 22,6 y 23,2 °C respectivamente.

1.1.5. Viento

El régimen de los vientos en la región es de moderada intensidad. Casi todo el año soplan vientos alisios, proveniente de la periferia del anticiclón de los Azores-Bermudas, provocando que el viento en superficie tenga una dirección NE-E. Se caracteriza el viento por ser muy variable, presentando una velocidad máxima de 10 m/s, el valor medio anual es de 2 m/s predominando las direcciones antes mencionadas. El viento es un parámetro importante en la región de Moa, pues controla el movimiento de las emanaciones industriales vertidas a la atmósfera (Pérez et al, 1991).

1.1.6. Suelo

Existe variedad de suelos producto al clima, la vegetación y la morfología. En la zona costera baja aparecen ciénegas con un terreno carmelita grisáceo, muy arcilloso y con un alto contenido de material orgánico. En las riberas de los ríos aparecen suelos aluviales de diferentes tamaño y color. En el territorio predominan los suelos aluviales formados de la meteorización de las rocas serpentinizadas y

gabroides. Estos suelos pueden alcanzar potencias considerables de más de 50 m en bolsones situados en zonas tectónicas. En sentido general, las cortezas más potentes se desarrollan en las partes inferiores de las laderas con pendientes suaves y aplanadas en forma de mesetas. En las cimas más elevadas, los suelos son pardos, violetas, rojos y amarillentos. Estos no fueron sometidos a un proceso de sumersión, lo que puede probarse porque muchas plantas primitivas se conservan, han evolucionado, adaptándose a estos terrenos. La composición química de estos terrenos, ricos en distintos minerales pesados, lo hacen poco fértil, dificultando la alimentación de la población en lo que respecta a los productos del agro. El drenaje superficial y subterráneo en estos suelos son buenos y en ocasiones excesivos, lo que unido a sus características físicas – mecánicas y las intensas precipitaciones y el tectonismo del terreno, dan lugar a la fuerte erosión laminar y en cárcavas. (Edmon, 1996).

1.1.7. Flora y Fauna

El municipio de Moa tiene una situación particular, por las características de su vegetación, que ha provocado la evolución de una flora muy típica que comprende el 33 % de todos los endemismos cubanos, compuesta por pinares, pluvisilvas, charrascales y bosques de galerías.

De los manglares de Moa, existe poca información, pero sí es evidente que los mismos reciben los impactos causados por el licor residual de las Empresas Comandante Pedro Sotillo Alba y la Che Guevara en la cual son depositados en el Río Cabañas a una temperatura superior a 85°C, produciéndose una contaminación térmica que varía la composición química del agua del río que va a desembocar en el mar, ello elimina los seres vivos de la parte del río en que se deposita el residual, contamina también al río Moa y por ende a la bahía, sus costas, los manglares y los ecosistemas asociados a él.

La fauna presenta heterogeneidad y abundancia de especies raras con características peculiares, desde las pequeñas microrrisas hasta el cocosí, además de poder contar con la vistosa cotorra, la cartacuba, el ruiseñor, el catey,

el zunzún, el murciélago, el colibrí, entre otros, que corresponden a los grupos característicos de muchos bosques del país. Se reportan como endémicas 104 especies, 17 son exclusivas de Moa y 13 vulnerables a desaparecer.

Al hacer un balance integral de la biodiversidad se reportan un total de 772 especies, de ellos, 317 son taxones infragenéricos endémicos, 10, están en peligro de extinción y 33 son vulnerables, lo que hace que dicha área tenga un alto valor en su diversidad biológica.

1.1.8. Principales características geológicas de la región

El Bloque Oriental Cubano presenta características geológicas muy particulares dentro del marco de la estructura geológica cubana. De ahí el gran interés que ha despertado en diversos investigadores (Adamovich y Chejovich, 1964; Cobiella, 1978; Quintas, 1989; Blanco y Proenza, 1993; Iturralde-Vinent, 1996, llevando a cabo estudios encaminados a profundizar en la estructura geológica cubana en general.

En el sector afloran litologías pertenecientes al cinturón plegado cubano (Iturralde-Vinent, 1996, 1998; Proenza, 1997; Proenza et al, 1999).

El cinturón plegado está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfizados de edad pre-Eoceno Medio, representado por las unidades oceánicas, constituidas por las ofiolitas septentrionales. A continuación se describen los rasgos más importantes de estas secuencias:

Ofiolitas septentrionales

Las rocas típicas de la secuencia ofiolítica están ampliamente representadas en el área de estudio, presentando un desarrollo considerable de los complejos ultramáfico, de gabros y volcánico-sedimentario (Proenza, 1997; Proenza et al., 1999). Según Fonseca et al. (1985) el espesor aproximado del complejo ultramáfico es de 1000 m y el de gabros de 500 m. El complejo ultramáfico ocupa la mayor porción del área de investigada. Petrológicamente estas se caracterizan por el predominio de harzburgitas y en menor grado dunitas; también se han

descrito dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas y piroxenitas (Adamovich y Chejovich, 1964; Fonseca et al, 1985, 1992; Andó et al, 1989; García y Fonseca 1994; Proenza et al, 1999).

La existencia de un macizo rocoso de composición ultrabásica, un clima cálido y húmedo, un relieve que no permite que el escurrimiento superficial favorezca la erosión y transporte de los productos de meteorización y la presencia de un sistema de grietas y fisuras de diversos orígenes constituyen factores en el territorio de Moa, que propician el desarrollo de potentes horizontes lateríticos, utilizados como base natural de las construcciones.

En el corte o perfil que se analiza se distinguen 4 zonas que se caracterizan a continuación de arriba hacia abajo:

1 - Ferrícetas: presenta un color marrón oscuro, con tonalidades negras. En la parte superficial se observan partículas de forma esférica de hidróxidos de Fe, frecuentemente cementadas entre sí por material ferruginoso, de composición similar al que forman los propios hidróxidos, estos procesos de cementación dan lugar al crecimiento de capas de hidróxidos de hierro de variadas dimensiones, que pueden tener varias toneladas de peso. El proceso de cementación de los hidróxidos de hierro es el resultado de los procesos a los que está expuesto el corte laterítico en condiciones naturales, debido a las variaciones climáticas anuales. La potencia es variable entre 0.2-15 m. Granulométricamente predomina la fracción areno gravosa.

2- Zona limonítica: se caracteriza por un color ocre o marrón oscuro. Su potencia es variable 2-6 m. Presenta una humedad mayor que la zona superior. La granulometría es limo-arcillosa, predominando la fracción limo.

3- Zona de transición: constituye la zona de transición entre la zona limonítica y la saprolítica. La coloración del corte es pardo-amarilla. Su granulometría es limo-arcillosa, con predominio de la fracción limo. En su interior se pueden encontrar bloques de la zona saprolítica. Esta zona se corresponde con la zona de variación del nivel freático del agua durante las diferentes estaciones del año (ciclos de

secado y humedecimiento), aspecto que favorece la hidratación, disolución, transporte y precipitación de los diferentes elementos o compuestos químicos, así como el desarrollo de los procesos de oxidación de los minerales por la entrada de los diferentes gases atmosféricos (principalmente oxígeno) al bajar el nivel freático.

4- Zona saprolítica: la coloración verde-amarilla varía en relación con su grado de alteración. Esta zona presenta mayor irregularidad en cuanto a su extensión y potencia. Normalmente el material se encuentra en estado saturado. La granulometría es de tipo limo-arcilloso, predomina la fracción limo en más del 50% de su peso. Está compuesta por peridotitas y harzburgitas serpentinizadas muy meteorizadas.

1.1.8.1. Características tectónicas

El Bloque Oriental Cubano comprendido desde la falla Cauto-Nipe hasta el extremo oriental de la isla, presenta una tectónica caracterizada por su alta complejidad, dado por la ocurrencia de eventos de diferentes índoles que se han superpuesto en el tiempo y que han generados estructuras que se manifiestan con variada intensidad e indicios en la superficie (Rodríguez, 1998a, 1998b).

En los estudios tectónicos precedentes del territorio se han reconocido cuatro sistemas de fallas que cortan a las rocas del complejo ofiolítico y que corresponden a cada uno de los períodos de la evolución geotectónica. El sistema más antiguo para la región tiene su origen asociado al cese de la subducción e inicio del proceso compresivo de sur a norte del arco volcánico cretácico y que culminó con la presumible colisión entre el arco insular y la margen pasiva de la Plataforma de Bahamas. Bajo estas condiciones compresivas ocurre el emplazamiento del complejo ofiolítico a través de un proceso de acreción, por lo cual las fallas de este sistema se encuentran espacial y genéticamente relacionadas con los límites internos de los complejos máficos y ultramáficos y de estos con las secuencias más antiguas.

El segundo sistema cronológico está constituido por las dislocaciones más abundantes y de mayor extensión de la región, que indistintamente afectan todas las litologías presentes y son a su vez los límites principales de los bloques morfotectónicos, haciéndose sumamente importante la caracterización del mismo desde el punto de vista geodinámico contemporáneo. Este sistema está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte-noroeste que se desplazan mutuamente y se cortan entre los sesenta y ochenta grados.

El tercer sistema de estructuras está constituido por dos fallas de deslizamiento por el rumbo - Strike-Slip. El origen de estas estructuras se consideró está asociado al momento en que se inician los movimientos hacia el este de la Placa del Caribe a través de la falla Oriente, desarrollándose un campo de esfuerzo de dirección norte-noreste, con la compresión del Bloque Oriental Cubano, en la zona de sutura de éste con la Plataforma de Bahamas, lo que provocó la ruptura y el reacomodamiento de la corteza desde el Eoceno Medio-Superior.

El cuarto sistema de fracturas que aparece desarrollado en el territorio corresponde a estructuras sublongitudinales que aparecen en toda el área, pero tienen su máxima expresión en las zonas periféricas de los sectores de máximo levantamiento, como por ejemplo las fallas a través de las cuales corren algunos tributarios como el arroyo La Veguita del río Moa, el arroyo La Vaca, arroyo Colorado al oeste del Cerro Miraflores y la de mayor envergadura que se encuentra al sur de Caimanes. (Rodríguez, 1998a, 1998b).

En las estructuras de este sistema no siempre se encuentran desplazamientos geológicos y geomorfológicos apreciables y su expresión está dada fundamentalmente por la formación de barrancos, alineaciones fluviales, líneas rectas y netas de tonalidades más oscuras y en algunos casos, se han determinado rasgos evolutivos en la comparación entre fotos de años diferentes.

Localmente esta complejidad en el área de estudio se pone de manifiesto a través de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas con dirección noreste y noroeste que se cortan y desplazan entre sí, formando un enrejado de bloques y

microbloques con movimientos verticales diferenciales, que se desplazan también en la componente horizontal y en ocasiones llegan a rotar por acción de las fuerzas tangenciales que los afecta como resultado de la compresión (Campos, 1983, 1990; Rodríguez, 1998a, 1998b). La estructura que se manifiesta en el área se describe a continuación conjuntamente con el bloque:

Falla Cabaña. Aparece en el norte de la ciudad de Moa, cortando la barrera arrecifal y limitando el extremo oriental de Cayo Moa Grande.

En algunos sectores el trazo de la falla topográficamente se pierde, debido fundamentalmente por la actividad antropogénica como ocurre en el tramo Los Pinos - Moa; esta falla es de fácil identificación a través de los siguientes criterios.

- Alineación fluvial.
- Cizallamiento intenso a lo largo del plano de fractura con presencia de abundante mineralización.
- Límite recto de zona pantanosa.

En el mapa del campo magnético esta estructura presenta un pobre reflejo, observándose solamente desplazamientos entre áreas de valores positivos y negativos de la intensidad del campo.

Bloque Cabaña. Sub-bloque Cabaña norte

El área de estudio en casi su totalidad se localiza en este bloque, el cual se sitúa al este del bloque Miraflores, con orientación noreste desde la localidad de Zambumbia hasta Cayo Moa Grande y en su porción meridional, en la zona Cayo Grande-Caimanes Abajo, mantiene una dirección noroeste. Geológicamente el basamento sobre la cual se sustenta la morfología de este bloque en el área de estudio que nos ocupa está conformado por las rocas del complejo ofiolítico y sedimentos parálicos y fluviales en la zona aledaña al litoral.

El relieve es de llanuras erosivas y erosivo-acumulativas las que hacia el sur transicionan a submontañas ligeramente disecionadas con divisorias de

configuración arborescente. El drenaje es de densidad moderada a alta con predominio de redes dendríticas exceptuando los cauces primarios del río Cabaña cerca de la zona de intersección con el río Moa, donde aparecen redes enrejadas.

Los valores morfométricos que para este bloque se comportan con gran variabilidad evidencian una intensidad mínima de levantamiento relativo respecto a los bloques laterales con una disección vertical máxima de 100 m/km^2 en la parte centro - septentrional, disminuyendo hasta 90 m/km^2 hacia el norte y 40 m/km^2 hacia el sur.

Para el bloque los valores máximos del nivel de base de erosión para el segundo y tercer orden se alcanzan hacia el sur con 200m y 150m respectivamente, formándose cierres de isobasas de carácter muy local al suroeste y noreste de Caimanes Arriba y hacia el norte, en la zona de Playa la Vaca.

Este bloque se encuentra cortado por la falla Cananova presentando valores morfométricos diferenciados entre el sub-bloque norte y sur, desplazándose el sub-bloque norte según el plano de fractura en dirección noroccidental.

1.1.8.2. Características Hidrogeológicas

Debido al régimen de precipitaciones, particularidades hidrogeológicas regionales, características de las rocas acuíferas y parámetros hidrogeológicos existentes en el territorio, lo identificamos como una zona de elevada complejidad hidrogeológica. Se ha establecido para la región, la existencia de cinco complejos acuíferos fundamentales, a partir de la caracterización del tipo de rocas presentes, así como, de su capacidad para el almacenamiento en mayor o menor grado de aguas subterráneas (Sidimohamed Jatri, 2002; Pérez, 1999), los mismos son descritos a continuación:

- Complejo acuífero de las ofiolitas

Se extiende en dirección noroeste-sudeste, al oeste del río Moa. Litológicamente se encuentra constituido por serpentinitas alteradas, peridotitas serpentinizadas y piroxenitas. La capacidad acuífera ha sido poco estudiada; su profundidad de

yacencia es de 1.3 - 12 metros. El coeficiente de filtración (K) oscila entre 1 - 14.7 m/día, el gasto de aforo (Q) entre 1.2 - 4 L/s. Según las clasificaciones de Kurlov y Aliokin las aguas son de tipo hidrocarbonatadas - magnésicas.

- Complejo acuífero de los sedimentos costeros

Se extiende por casi todo el norte del área, formando una franja estrecha que presenta dimensiones de 1 - 2 Km de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 - 2m sobre el nivel del mar; su edad se corresponde con el Cuaternario. Su composición litológica integrada por depósitos arcillosos contiene fragmentos angulosos de composición múltiple. Las rocas acuíferas se asocian a calizas organógenas, en menor escala sedimentos no consolidados, así como, depósitos arcillo - arenosos con fragmentos angulosos de composición variada. Predominan aguas cársicas y de grietas, y en algunos casos intersticiales. Por lo general tienen interrelación hidráulica con el agua de mar.

A una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m yace el nivel freático. El coeficiente de filtración (K) de estas rocas alcanza valores hasta los 268.4 m/días, el gasto (Q) es aproximadamente de 14 L/seg, con un gasto específico (q) de 93.4 L/seg. En las calizas, según Kurlov, el agua se clasifica como clorurada – hidrocarbonatada – sódica.

1.1.8.3. Fenómenos y procesos geodinámicos

1.1.8.3.1. Meteorización

Aunque no es el más proceso más importante, en la región, este fenómeno físico-geológico está vinculado con la formación de cortezas de meteorización, sobre los grupos litológicos existentes.

1.1.8.3.2. Movimientos de masas

Este proceso esta vinculado a los movimientos de laderas naturales y taludes generados por procesos naturales. Los mecanismos de rotura y las tipologías de los movimientos de masas desarrollados, están condicionados por las

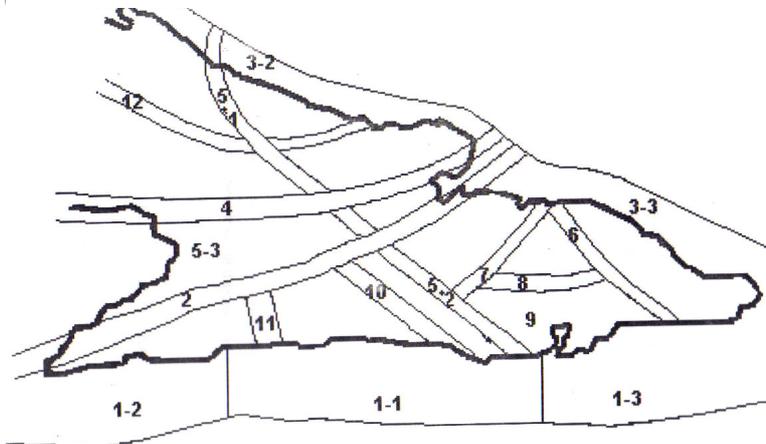
características estructurales del macizo rocoso. Las propias condiciones naturales de las rocas como intenso agrietamiento, altas pendientes, así como la intensa actividad sismo-tectónica en la región y elevados índices pluviométricos, hacen que este fenómeno sea muy común y se convierta en un peligro latente, capaz de generar grandes riesgos en el territorio.

1.1.8.3.3. Sismicidad

Por la posición geólogo-estructural que tiene el sector Calentura-Farallones, de estar bordeada por tres zonas sismogeneradoras coincidentes con fallas profundas que constituyen límites entre o interplacas, lo ubican dentro del contexto sismotectónico de Cuba Oriental (Oliva et al., 1989). Estas tres zonas son:

- Zona sismogeneradora Oriente: Está asociada a la falla transcurrente Bartlett-Caimán de dirección este-oeste. Constituye el límite entre la placa Norteamericana y Caribeña. A esta zona corresponde la más alta sismicidad de toda Cuba y con ella se encuentran asociados los terremotos de mayor intensidad con epicentros en el archipiélago cubano. La intensidad máxima pronóstico promedio para la zona es de VIII grados en la escala MSK, llegando hasta IX en el sector Santiago-Guantánamo. La magnitud máxima es de 8 grados en la escala Richter.

- Zona sismogeneradora Cauto-Nipe: Está asociada a la zona de fractura de igual nombre, con dirección suroeste-noreste desde las inmediaciones de Niquero hasta



la bahía de Nipe. Constituye un límite ínter placa, que separa al Bloque Oriental Cubano del resto de la isla. La potencialidad sísmica de esta zona alcanza los 7 grados en la escala Richter, mientras que la intensidad sísmica, según el mapa complejo de la Región Oriental de Cuba señala valores entre VI y VII grados MSK.

Figura 2.6. Zonas sismogeneradoras de Cuba Oriental de Cuba (CENAI, 1982).

1-1 Oriente 1(8), 1-2: Oriente 2(7,6), 1-3 Oriente 3 (7,6), 2: Cauto-Nipe(7), 3 Sabana (6-7), 4: Cauto-norte (6,5), 5: Baconao (6-7), 6: Purial (6,5), 7: Santiago-Moa (5), 8: Palenque (5), 9: Guaso(5), 10. Santiago-Bayamo (5,5), 11: Bayamo (6) y 12: Cubitas (5,5).

- Zona sismogeneradora Sabana: Se encuentra asociada a la falla Sabana (falla Norte Cubana) o zona de sutura entre el Bloque Oriental Cubano y la Placa Norteamericana. La potencialidad sísmica es variable en el rango de VI a VII grados MSK, alcanzando sus máximos valores hacia su extremo oriental. Los principales focos sísmicos de la zona se localizan en los puntos de intersección de ésta con las fallas de dirección noreste y noroeste que la cortan.

1.1.8.3.4. Situación socio- económica del territorio

Económicamente Moa se encuentra dentro de uno de los municipios más desarrollados del país, dado por sus características socioeconómicas mixtas

agroindustriales. El territorio se distingue por tener una estructura polarizada en la minería y la metalurgia no ferrosa, con signos de participación en la rama química. Como mesoregión, presenta valores intermedios de densidad vial (12 - 19,9 Km /Km). Aunque se reporta una débil actividad de cabotaje debido a la influencia del puerto de Moa con el mayor volumen de carga, la cual se asocia a la fuerte actividad comercial del territorio.

El proceso de asimilación de la industria en la región de Moa durante los últimos 20 años, propició que la ciudad se convirtiera en el principal eje de atracción de movilidad pendular de toda la región, contribuyendo además a un fuerte proceso de migración, quedando el resto de los Municipios de la mesoregión (Guantánamo, Segundo Frente, Sagua de Tánamo, San Antonio del Sur y otros) como emisores de población con valores que oscilan entre los 500 y 600 habitantes.

El grado de urbanización de Moa está entre el 60 y 80 %. La población del municipio asciende a 65 689 habitantes. El sistema de asentamientos tiene dos centros urbanos, la cabecera municipal Moa y Punta Gorda.

1.2. Antecedentes de la problemática ambiental de Moa

Para poder analizar las condiciones ambientales del entorno, que de forma simple podemos definir como crítica, debemos partir del entendimiento de los problemas ambientales del país, los que tienen su origen y dimensión, en las formas inapropiadas en que, por varios siglos, fueron explotados los recursos naturales, las limitaciones e insuficiencias con que Cuba enfrentó el proceso de industrialización, la inadecuada técnica agropecuaria y los impactos ocasionados por la situación social en la etapa pre-revolucionaria.

Pero tampoco podemos obviar que después del Triunfo de la Revolución, aún cuando se ha trabajado para solucionarlos, las limitaciones económicas como país del tercer mundo, agravadas por el bloqueo imperialista, no han permitido revertir en la magnitud necesaria las deficiencias heredadas.

Además, el desarrollo vertiginoso de programas económicos no siempre contó con la solución adecuada respecto al tratamiento de residuales, emplazamientos urbanos y cuidado integral del medio, todo ello influido por una falta de conciencia y educación ambiental en una parte considerable de la población.

Inciden además en la situación cubana los problemas de deterioro a nivel regional o global como por ejemplo los cambios climáticos.

La identificación de los principales problemas del país, jerarquizar su atención y dirigir hacia ellos los principales esfuerzos de la gestión ambiental ha constituido un objetivo básico en los últimos años, cuando en 1992 se adoptaron los acuerdos de Río de Janeiro en la Cumbre de la Tierra, plasmados en la Agenda 21.

Al evaluarse la evolución que ha tenido el medio ambiente cubano, puede afirmarse, que existen avances, dado por las profundas transformaciones económicas y sociales, que han permitido alcanzar importantes metas, que para muchos países resultan aún lejanas.

Entre los principales problemas que afectan al medio ambiente en el entorno moense está la degradación de los suelos. Existen dos causas principales que degradan los suelos, una relacionada con la actividad agrícola y la otra, la minera. Es el segundo grupo de actividades el responsable del impacto al suelo en Moa. Los yacimientos ferroniquelíferos son explotados con el sistema de minas a cielo abierto y ello implica la deforestación y destape de las menas. De esta forma se expone a la acción de las aguas superficiales y en menor grado por el viento, un suelo desprotegido por la pérdida de la cobertura vegetal.

Los materiales así acarreados pasan a formar parte de las corrientes fluviales, depositándose en estas o transportándose hasta el mar donde se acumulan, creando a su vez otros problemas como: contaminación de las aguas alterando su turbidez; del aire, aumentando las partículas en suspensión, colmatando la franja litoral con sedimentos, dentro de lo que se encuentra la dársena del puerto.

Los medios para controlar este fenómeno existen y se aplican en la minería actual, pero no siempre con la inmediatez que se requiere, además de que existen áreas minadas en periodos anteriores a este nuevo enfoque de la sustentabilidad que aun esperan por la acción conservacionista.

Otro problema ambiental es el deterioro del saneamiento y de las condiciones ambientales en los asentamientos humanos, dado por la contaminación del aire derivada de las emanaciones industriales, dado por la pobre aplicación del conocimiento científico en la prevención de estos problemas, y la violación de la legislación ambiental. A lo anterior se unen las dificultades para acceder a tecnologías de punta y la no disponibilidad, por su elevado costo, de sistemas modernos y eficientes de depuración de las emisiones.

Lo evidente es que pueden encontrarse soluciones, con las mismas herramientas científicas con que se aumenta y se expande la minería y la producción metalúrgica y por supuesto, con los mismos hombres.

La contaminación de las aguas terrestres y marinas, tanto por partículas sólidas como por residuales líquidos es otro de los problemas que se confrontan en el municipio y aun cuando no es muy elevado la incidencia sobre el agua que consume la población, tiene efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos y sus alrededores. Ejemplos en este caso son muchos: albañales que van a ríos, arroyos o al mar, vertidos de la fábrica Pedro Soto en Río Cabaña y de la Ernesto Che Guevara en la presa de cola que filtra hacia el mar y el manto freático.

Además de los altos índices de contaminación en el municipio, dado por los factores antes señalados existen otras fuentes de impacto al medio ambiente como el tratamiento insuficiente de residuales de origen doméstico, los niveles de contaminación acústica en algunas áreas, el impacto sobre el paisaje de la actividad minera e industrial así como la insuficiente calidad y cantidad de las áreas verdes.

Muchos de estos problemas que persisten en el medio tienen explicación, pero también tienen solución. Sabemos por ejemplo que la minería se hace con una

concepción mucho más satisfactoria para el cuidado del ambiente, que se protegen las cuencas hidrográficas del deslave de las minas, que se intenta reforestar y se logra en algunos sectores, pero también sabemos que no es suficiente.

En el transcurso de los años de una forma u otra estos problemas han incidido negativamente en la diversidad biológica, pues se ha maltratado el hábitat natural de especies y además, afectan la salud humana.

1.3. Antecedentes de los túneles y análisis de las fuentes bibliográficas

La búsqueda y revisión bibliográfica estuvo orientada en dos líneas fundamentales:

- La información relacionada con el enfoque teórico - metodológico, estructural y legal del estudio a realizar.
- Los trabajos realizados en los túneles.

1.3.1. Antecedentes del uso de los Túneles

Una de las posibles formas de adentrarse en la historia y la cultura de los pueblos es estudiando sus túneles y construcciones subterráneas. Resulta fascinante adentrarse en ese reflejo de las civilizaciones a partir de la forma en que construían sus túneles y subterráneos, tomando como referencias sus creencias y mitos en torno a lo profundo, observando el enfoque místico o funcional dado al adentrarse en la tierra.

El hombre primitivo no solo se guarece en la cueva sino que desde ella se proyecta, invoca la caza a través de las pinturas rupestres, primera manifestación artística- mágica del ser humano. Aquí la cueva ya es mucho más que receptáculo pétreo que cobija de una climatología adversa; constituye de alguna manera un vínculo de unión con la vida, con la supervivencia a través de la potencia que irradia del arte parietal.

Desde épocas antiguas, el hombre ha utilizado los túneles durante las guerras como refugio para salvaguardar sus bienes, familiares, armamento y para combatir directamente desde ahí. (EMPI – FAR ,1997).

Los túneles pueden ser de tipos diversos, por sus cometidos y el entorno en que se ubican; así hay túneles urbanos, rurales, de montaña, subacuáticos, de carretera, dependiendo las consideraciones medioambientales de tipo de túnel de que se trate, es decir del entorno en que se ubique, de las ventajas socioeconómicas que reporte y de las características de la obra superficial a la que sustituye.

Resulta impresionante la tremenda perseverancia y el desprecio por el riesgo que mostró el hombre desde sus orígenes de la Historia en sus intentos de perforar la Tierra, partiendo inicialmente sólo de las propias manos y la fuerza bruta y poco a poco, confeccionando herramientas, rudimentarios martillos, picos y cinceles.

Precisamente las guerras significaron un importante empuje para la utilización de las obras subterráneas. Durante la segunda Guerra Mundial fue de gran importancia la utilización de túneles y excavaciones mineras por guerrilleros rusos, polacos, yugoslavos, griegos e italianos, en la lucha contra los fascistas alemanes. Debe destacarse también el empleo de estas obras por los ejércitos populares de Corea, China y Vietnam, en los combates contra el militarismo japonés y en Afganistán e Irak por los talibanes.

La realidad de la guerra moderna donde existe un armamento con mayor poder de destrucción, hace necesario que todo nuestro pueblo conozca la importancia que tienen la construcción de obras protectoras, así como su empleo y seguridad, donde además del personal, se protegen las reservas vitales de todo tipo y se crea la base para la victoria sobre el enemigo. Para de esta forma disminuir, las pérdidas de vidas humanas en pueblos, ciudades, instalaciones sociales y otros objetivos de carácter social o económico.

En un túnel se protegen cientos y miles de personas fácilmente. Se construyen en tiempo de paz por lo general. Son seis veces más económicos que las Obras

Ingenieras a cielo abierto y 90 veces más invulnerables a los medios de destrucción del enemigo. Con los túneles se logra un aumento de la capacidad y disposición combativa, producto de la desconcentración y porque su ubicación se corresponde, en la mayoría de los casos, con alturas dominantes que pasan a ser centros fortificados, desde donde las tropas tienen todas las ventajas para batir al enemigo.

Este pequeño país se ha venido organizando y preparando para librar esa guerra mediante una gran Operación de Resistencia, Desgastes y Victoria, donde la preparación Ingéniera del Terreno, de antemano, juega uno de los principales papeles. Dondequiera que viva la población hay que protegerla con Obras Protectoras resistentes a las bombas de mayores calibres.

Con la puesta en vigor de las Indicaciones No 153 del Ministro de las FAR, sobre la protección de la población y sus bienes, se convierte en una prioridad y se intuyen las medidas necesarias para lograr este fin. Como objetivo fundamental se establece la construcción de obras protectoras. Como fundamento, este concepto se ha ampliado desde el empleo de refugios, túneles popular, hasta el uso de sótanos, semisótanos, obras abiertas y el aprovechamiento de las propiedades protectoras naturales del terreno, en dependencia de la densidad demográfica.

Las principales actividades a desarrollar en este sentido son:

- Elaboración de los planes de ocupación de las obras.
- Control de la situación higiénico - sanitaria de las obras.
- Preparación psicológica de la población para la permanencia en las obras.

Con la opción túnel se minimiza el impacto paisajístico en comparación con la obra superficial, quedando este tipo de problema reducido a la fase de obras en las bocas del túnel y a los portales o boquillas en la explotación. En el caso de ejecución de un falso túnel las ventajas en la fase de explotación se mantienen.

Sin embargo, en la práctica se demuestra que es necesario prevenir los problemas medioambientales ya sea en menor o mayor proporción, para lo cual debe diferenciarse entre la fase de construcción y explotación que acarrearán los túneles en específico, como obra de protección a la población.

Pudimos constatar en el estudio realizado que en la fase de construcción los aspectos ambientales a tener en cuenta en los túneles escogidos en el territorio son:

- Afección a los usos del suelo.
- Degradación de las condiciones paisajísticas del entorno.
- Producción de ruidos molestos o dañinos.
- Vibraciones por causa de los martillos rompedores y la circulación de maquinarias pesadas.
- Generación de humos y polvo.
- Producción de residuos, como los escombros procedentes de la excavación del túnel y las procedentes de la maquinaria utilizadas.
- Afecciones a la hidrología subterránea del macizo rocoso atravesado por la obra.
- Problemas ambientales por los pozos de ventilación.
- Contaminación de los valores estéticos.

Es evidente que hoy en día constituye una preocupación los problemas ambientales que genera la construcción de los túneles populares, aunque comparados, con los producidos por la explotación de un yacimiento son insignificantes, sin embargo dado por la situación medio ambiental del territorio no debemos dejar sumar otros problemas.

1.3.2 Trabajos precedentes relacionados con estudios de impactos e investigaciones realizadas en los Túneles del Municipio de Moa

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. 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.

Además 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.

Años más tarde también lo hace Sánchez en el (2001), en su artículo "Evaluación de Impacto Ambiental" en el Segundo Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, donde 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.

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 1997), Estudio de Impacto Ambiental en Obras subterráneas en funcionamiento del Ejército Oriental” (Suárez 1997), “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Explotación del Yacimiento Punta Gorda”, de, 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 2003), Estudio del Impacto Ambiental ocasionado por la Explotación del Yacimiento Fluvial de Arena y Grava Río Nibujón (Aguilera 2003) entre otras.

Para la caracterización morfotectónica del municipio de Moa se consultó la tesis doctoral de: “Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica” de (Infante 1998) también en trabajos realizados por Cartaya en el (2001), realiza la caracterización geotectónica de importancia para el objeto de investigación y partiendo de este trabajo realiza un aporte en cuanto a los elementos que desde el punto de vista constructivo deben tenerse en cuenta para la ejecución de las obras subterráneas.

Se tuvieron en cuenta además las investigaciones realizadas en los túneles, encaminadas por el grupo de construcción subterránea del ISMMM, dentro de los que se encuentran Caracterización geomecánica de los macizos rocosos de la Mina Mercedes (Cartaya, 1996), la Geometría del agrietamiento del macizo rocoso de la Mina Mercedes y su estabilidad (Falero, 1996), Mecanismos de acción de la presión minera en las minas de cromo (Mondejar, 1996), Evaluación del método de arranque más eficiente para el laboreo de excavaciones subterráneas en la región oriental (Noa, 1996), entre otras investigaciones.

Todas estas investigaciones y bibliografías consultadas han servido de base para desarrollar la presente investigación. Sin embargo en los trabajos realizados en los túneles populares no han considerado los aspectos medio ambientales pasando

esto a un segundo plano hasta la fecha, lo que ha estado motivado por el predominio del interés que ocupa lo relacionado con los efectos de las actividades mineras a cielo abierto, y los procesos metalúrgicos sumamente agresivos al medio ambiente.

1.4. Marco Legal

Para que un ordenamiento jurídico contribuya a la protección del Medio Ambiente, el país en cuestión debe tener regulado en su constitución la Protección Ambiental, pues es la norma a la que se subordinan los demás instrumentos legales.

La Constitución de la República de Cuba recoge elementos de protección ambiental desde 1976, siendo modificada en agosto de 1992, después de la Cumbre de Río. Su artículo No 27, dispone que el Estado proteja el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. En este documento se estipula que todos los ciudadanos tienen el derecho de vivir en un ambiente sano y disfrutar de una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza, en tanto los seres humanos constituyen el objetivo esencial del desarrollo sostenible. (Ley 81 del Medio Ambiente 1997).

Para realizar cualquier estudio de impacto ambiental se debe tener en cuenta la Resolución 77/99, del CITMA, "Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental". En su primer capítulo, el artículo 1 hace referencia al artículo 27 de la Ley No 81 antes mencionada, comprende la solicitud de una licencia ambiental, el estudio en los casos en que se proceda y una evaluación de impacto propiamente dicha. En su artículo 2 recoge que a los efectos del presente reglamento considera autoridad responsable en el sistema al CITMA, al Centro de Inspección y Control Ambiental de la Agencia de Medio Ambiente y a los delegados provinciales o a la persona en quienes éste delegue en cada territorio.

En el análisis sobre el tema se destacan las consideraciones de Díaz (2002), al explicar las funciones de la familia ISO- 14000, la cual se encarga de establecer los estándares relacionados con los sistemas de gestión medio ambiental que resultan valiosos instrumentos para ayudar a las instituciones a llevar a cabo políticas, objetivos y metas medio ambientales.

La normativa fundamental acerca de la Defensa Civil está constituida por la Ley No. 75/94 de la Defensa Nacional y el Decreto Ley No 170/97 del Sistema de Medidas de Defensa Civil, que es un documento complementario de la primera, recoge en su Capítulo 5 el acondicionamiento operativo del territorio nacional. Y en el artículo 85 establece el acondicionamiento operativo del territorio Nacional, como parte del teatro de operaciones militares, lo que constituye el conjunto de medidas y actividades de organización, técnicas e ingenieras que se ejecutan desde tiempo de paz por los órganos y organismos estatales, las entidades económicas e instituciones sociales, para garantizar la preparación del país para la defensa y la realización de la lucha armada. Como parte de estas obras ingenieras se hace alusión a la construcción de los túneles populares.

Conclusiones

Se puede expresar que en Cuba debido a la permanente hostilidad de los Estados Unidos, la protección de la población y sus bienes se han convertido en una prioridad y se ha implementado como objetivo fundamental, la construcción de obras protectoras, fundamentalmente túneles populares, como refugios.

En la práctica mundial y en Cuba se han desarrollado numerosos trabajos que establecen las bases metodológicas para la realización de estudios ambientales de diferentes obras y tipos de proyectos sin embargo los relacionados con las obras de protección, debido a su carácter estratégico, no aparecen referenciados en las bases de datos consultadas.

El desarrollo y la expansión territorial de la actividad minero metalúrgico y la deforestación, ha ocasionado un impacto notable sobre el medio ambiente del territorio de Moa. Presentando una vegetación muy característica propia del suelo.

Debido a ello, ha evolucionado una flora muy típica por lo que se considera muy valiosa en la biodiversidad y en la ecología. La fauna ha sido poco estudiada, aunque presenta heterogeneidad y abundancia de especies raras con características peculiares.

Existe un nivel de antropización elevado en todos los elementos de la biota y el medio físico, causado por acciones desplegadas con anterioridad, por lo que se puede afirmar que la situación ambiental de la zona, es el resultado de la acumulación de impactos de diversa naturaleza, magnitud y alcance.

La geología del área se caracteriza por una marcada complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el transcurso del tiempo geológico, lo cual influye de manera directa en las construcciones subterráneas y debe tenerse en cuenta, de manera especial, para garantizar la estabilidad y seguridad de las obras subterráneas de protección a la población.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En el presente capítulo se procede a explicar la metodología que se aplicó para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos que se producen al medio ambiente producto de la construcción de túneles populares.

Además se caracterizan los ecosistemas urbanos donde se encuentran ubicados los túneles A, B y C.

2.1. Método para la selección de la metodología

La selección del método de la metodología se fundamentó en las necesidades específicas de la obra y se tuvo en cuenta los criterios de Salomón (1997), un clásico de la evaluación de impacto, que plantea que las técnicas para evaluar impactos deben ser:

1. **Comprensibles:** Significa que deberán definir los diferentes impactos de la obra sobre el medio abiótico, biótico y socio-económico.
2. **Dinámica:** Al ser capaz de incluir variables adicionales e incorporar mediciones y técnicas predictivas.
3. **Objetiva:** Para analizar de forma imparcial todos los impactos.
4. **Flexible:** Para responder a variaciones del proyecto.
5. **Implementable:** No debe ser compleja para su implementación dentro del tiempo y los recursos disponibles.
6. **Reproducibles:** Significa que los resultados obtenidos deben proveer un sistema, que pueda ser aplicable en otros escenarios similares.

2.2. Metodología para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos de la construcción de túneles populares

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 1997, Espinosa 2003, Hernández 2003, López 2003 y Aguilera 2003, entre otras. Utilizando la observación directa, consultas de expertos, escenarios comparados, tormentas de ideas, las encuestas y entrevistas.

Partiendo de lo antes expuesto se estableció una metodología que consta de los siguientes pasos:

1. Identificar las acciones del proyecto, susceptibles de producir impactos sobre los principales factores ambientales.
2. Identificar los factores del medio susceptibles de recibir impactos producto de las actividades.
3. Identificar los principales impactos ambientales producidos por la obra.
4. Evaluar cada impacto aplicando los parámetros definidores de impactos propuestos por el CITMA (2008).
5. Propuestas de un plan de Medidas de mitigación y corrección de los impactos negativos de la construcción de Túneles Populares.

2.2.1. Descripción de las Fases Metodológicas

1. Identificación de las acciones del proyecto, susceptibles de producir impactos sobre los principales factores ambientales. En esta fase se visitaron las

obras y se identificaron todas las acciones que se llevan a cabo para la construcción de túneles, capaz de provocar algún impacto. Para ello utilizamos los diferentes métodos y técnicas de investigación acorde con el objeto de estudio tales como: la observación directa, la consulta de experto a través de encuestas, listas de revisión, escenarios comparados y consultas públicas (a los responsables de las obras y tuneleros). Anexos 3, 5.

2. Identificación de los factores del medio susceptibles de recibir impactos producto de las actividades de la construcción de túneles populares. Al igual que en el caso anterior, fue necesario visitar los túneles para de manera visual percibir los factores ambientales más afectados por las acciones identificadas. Se realizó utilizando los mismos métodos ya mencionados. Además de las entrevistas a los vecinos más cercanos a las obras, para constatar la presencia de los factores identificados por la autora y los expertos y su reconocimiento de la importancia de uso para su protección. Anexos 3, 4, 5.

3. Identificación de los principales impactos ambientales. Para la identificación de los impactos se realizaron visitas a las tres obras por separadas, anotando los más significativos ya que este representará un cambio de valor desde el punto de vista de la calidad ambiental, producto al funcionamiento de las obras, haciendo uso además de las consultas de expertos, las encuestas y entrevistas, listas de revisión, escenarios comparados. Anexos 3, 4, 5

4. Evaluación de los impactos ambientales: La identificación de los impactos ambientales que se producen producto de la construcción de los túneles, nos permitió la evaluación de cada uno, teniendo en cuenta los parámetros definidores de impactos propuestos por el CITMA (2008) y su ponderación (Tabla 2.1), se procede asignarle un valor a cada impacto, en dependencia de los valores asignados según la **Fórmula (2.1)**

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

Donde: Mg Magnitud, I Importancia, S Sinergismo, R Reversibilidad, O Ocurrencia, D Duración, 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.

Parámetros Definidores de Impactos

Teniendo en cuenta la **Naturaleza de los impactos**

Es necesario al tratar sobre los impactos ambientales diferenciar desde el principio los efectos que ocasiona al factor ambiental, los que pueden ser impactos negativos y positivos.

- § Impactos positivos: Representan una mejoría en la calidad intrínseca de los componentes del medio físico, contribuyendo a aumentar su complejidad orgánica – funcional y su estabilidad zonal.
- § Impactos negativos: Suponen un empeoramiento de las condiciones naturales del medio ambiente, favoreciendo su desestabilización y conduciéndolo hacia una mayor simplicidad funcional concretada en su disminución de la riqueza biológica y de las relaciones ecológicas de autorregulación.

En cuanto a la **Magnitud de los impactos ambientales**

Se considera una medida de grado, extensión o escala de la alteración ambiental, es una cifra eminentemente objetivo y debe predecirse en función de las características y magnitud de la acción. Por su magnitud los impactos se catalogan en la siguiente escala:

- § Leve: Los que tienen un efecto de consecuencias bajas sobre el medio ambiente sin originar cambios naturales ni funcionales.
- § Moderado: Los que originan un cambio funcional o natural del ecosistema.
- § Fuerte: Los que originan un cambio natural y funcional del medio ambiente de manera más fuerte.

Desde el punto de vista de su **Importancia o Extensión**

Los impactos presentan una diferente importancia en función de la combinación de las características que les afecten, eminentemente subjetivo, ligado a la percepción social del impacto. Relacionado con el ámbito espacial del impacto puede ser:

- § Local: Cuando la extensión afectada es puntual y no rebasa los límites del Área de estudio establecida.
- § Zonal: Cuando el impacto se difunde a un área mayor rebasando los límites del Área de estudio.
- § Regional: Cuando el impacto tiene implicaciones regionales.

Para identificar su **Sinergismo**

La sinergia es un carácter que acompaña a un impacto cuya presencia refuerza o desencadena el efecto de otros. Por su sinergismo los impactos se dividen en:

- § Con Sinergias catastróficas: Su efecto es tan considerable que puede causar catástrofes.
- § Con sinergias importantes: Causa un efecto considerable.
- § Con sinergias poco importantes: Causa un efecto no muy considerable.
- § Sin sinergias transparentes: Su efecto no es reconocible.

Hay que tener presente su **Reversibilidad**

La reversibilidad o recuperabilidad permite considerar los siguientes tipos de impactos:

- § Reversible: es aquel en el que, una vez producido, el entorno de forma natural y sin intervención artificial alguna, vuelve a recuperar la situación que tenía antes de producirse el impacto (reversible sin dificultad)
- § Recuperable: es aquel que es posible evitar, pero tan solo de forma artificial (reversibles con dificultad, con medidas correctoras).

- § Irrecuperable: como su nombre lo indica es el que ni con medidas artificiales permite que el entorno recupere su situación previa (irreversible)

En dependencia de su **Ocurrencia**

Por su ocurrencia los impactos pueden ser:

- § Directos o primarios: En la alteración que sufre un atributo o elemento ambiental por la acción directa del hombre sobre dicho atributo. Generalmente son fáciles de identificar, describir y valorar puesto que son los efectos directos del proyecto o acción surgen casi siempre en un lapso a tiempo de corto plazo después de la acción.
- § Indirectos o Secundarios: Se derivan de los anteriores y no son fáciles de identificar, ni de controlar, surgen con el transcurso del tiempo o sea, a largo plazo, a veces tienen más entidad que los primarios, causando los verdaderos problemas.
- § Acumulativos: Son aquellos que inicialmente no se detectan sus efectos, pero como su nombre indica, se van acumulando con el tiempo hasta alcanzar concentraciones tales que acusan serios problemas.

En cuanto a su **Duración**

Esta tiene en cuenta el tiempo que demora en desaparecer el efecto producido por la acción del hombre.

- § Corto plazo: Cuando se produce de inmediato a la realización de la acción.
- § Mediano plazo: Cuando aparece después de algún tiempo de realizada la acción (1 año).
- § Largo plazo: Cuando el efecto aparece mucho tiempo después de realizado la acción del hombre (2 a 5 años).

Teniendo presente su **Certeza**

Está determinada por la probabilidad de ocurrencia de un impacto por lo que puede ser:

- § Poco probable: Cuando hay pocas posibilidades de que el impacto ocurra por la actividad humana.
- § Probable: Cuando hay seguridad de que el impacto ocurra por la actividad humana.
- § Inevitable: Cuando el impacto está presente irremediablemente, es decir ocurre porque la acción del hombre lo activa o acelera.

Tabla 2.1. Ponderación de los Impactos.

Naturaleza (Na)	Positivo (+) / Negativo (-)
Magnitud (Mg)	Leve: 1,2,3 Moderado: 4,5,6 Fuerte:7, 8,9,10
Importancia (I)	Local : 1,2,3 Zonal : 3,4,5 Regional: 6,7,8 Global: 9,10
Sinergismo (S)	Sin sinergias aparentes: 1 Con sinergias poco importantes: 2,3,4 Con sinergias importantes: 5,6,7 Con sinergia catastrófica: 8,9,10

Reversibilidad (R)	Reversible : 1,2 Reversible con medidas: 3,4,5,6,7 Irreversible: 8,9,10
Ocurrencia (O)	Directos o primarios: 1,2,3 Indirectos o secundarios: 4,5,6 Acumulativos: 7,8,9,10
Duración (D)	Corto plazo: 1,2,3 Mediano plazo: 34,5,6 Largo plazo: 7,8,9,10
Certeza (C)	Poco probable: 1,2,3 Probable: 4,5,6 Inevitable: 7,8,9,10
Impacto Total (IT) 7	70

La evaluación del impacto total tiene como finalidad llegar a clasificar los impactos ambientales en términos de:

Tabla 2.2. Escala de clasificación de los impactos del CITMA (2008).

RANGO	CLASIFICACIÓN
IT < 18	IMPACTO COMPATIBLE
IT 18 – 29	IMPACTO MODERADO
IT 30 -35	IMPACTO SEVERO/ MUY BENÉFICO

IT>35	IMPACTO CRÍTICO/ EXTREMADAMENTE BENÉFICO
-------	---

- § Impacto Compatible: 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: 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: 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.
- § Impacto crítico: Es el impacto que por su enorme magnitud e importancia, supera el denominado Umbral del Impacto, que es el límite a partir del cual se considera que el deterioro es irreversible, la acción capaz de producirlo provoca la destrucción completa de elementos o recursos naturales que son piezas claves en el funcionamiento del paisaje, imponiendo en su lugar

una dinámica regresiva continuamente adversa al establecimiento de las condiciones que posibilitarán su restitución. Se clasifica en fuerte, global o regional, acumulativo, irreversible, a largo plazo se mantiene, con sinergias importantes o catastróficas, inevitable y el impacto total alcanza un valor mayor que 35.

5. Propuestas de un Plan de medidas de mitigación y corrección de los impactos negativos de la construcción de Túneles Populares. Esta fase se considera la más importante, en ella se elabora un conjunto de medidas preventivas, correctoras y de mitigación que pueden generalizarse para atenuar los efectos negativos de la construcción de túneles en los consejos populares de Miraflores y las Coloradas. Estas medidas se relacionan con plazos establecidos en función del menor tiempo de permanencia de los efectos negativos sobre los factores del medio afectado y se agrupan en:

- § Medidas a corto plazo: Se aplicarán inmediatamente después de presentarse el impacto.
- § Medidas a mediano plazo: Serán aplicadas en el transcurso de la ejecución de la obra.
- § Medidas a largo plazo: Se ejecutarán en un período mayor de tiempo y serán fundamentalmente de mantenimiento.

2.3. Caracterización del Ecosistema Urbano A

El objeto de obra se encuentra situado dentro de la Circunscripción No 71 en ella residen un total de 749 habitantes, de ellos 371 representan al sexo masculino y 378 al femenino; del total de personas que habitan en esta comunidad, 241 se encuentran en el grupo de edad comprendido entre los 0 y 16 años, 459 entre 17 y 60 y 49 superan los 60 años de edad, representando el 6.5 % del total, lo que denota una población progresiva o joven según el índice de Rosset, aplicado por la Organización Mundial de la salud.

El número de vivienda ocupadas es de 230, de las cuales 219 están en buen estado y las 11 restantes (5%), se hallan en los estados de regular y malo. El índice de habitabilidad es de 3 personas por casa.

La infraestructura técnica esta conformada por red de acueducto que beneficia a toda la población de la circunscripción, la fuente de abasto la constituye la presa nuevo mundo, ubicada a 20 km al sur del asentamiento, existe una red de alcantarillado que satisface las necesidades de la comunidad, la misma se encuentra en buen estado técnico. La energía eléctrica procede del sistema eléctrico nacional.

Para la comunicación por vía telefónica esta población cuenta en la circunscripción con 20 teléfonos, 19 particulares y uno público, con un índice de satisfacción bajo dada la cantidad de personas que demandan este servicio. La prensa escrita y la correspondencia son debidamente distribuidas por el personal vinculado a la oficina de correos. Las señales de radio y televisión se perciben con buena intensidad.

Por encontrarse la inversión en una zona urbana, la principal vía de acceso es la calle 1 de Enero del Reparto Miraflores, la que se encuentra asfaltada y en buen estado técnico. La vialidad interna del asentamiento esta compuesta por otros viales, con iguales características que la calle antes mencionada.

La población con vínculo laboral se desempeña en diversas esferas, predominando fundamentalmente la Industria del Níquel.

La actividad educacional se desarrolla en los siguientes centros docentes: Escuela primaria Julio Antonio Mella, Escuela Secundaria básica Urbana Carlos Baliño e Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Esta comunidad posee dos consultorios del Médico de la familia, ambos dotados de un médico y una enfermera, este personal corrobora que las enfermedades de mayor incidencia en esta población son: la Hipertensión Arterial, Cardiopatía Isquemica, Asma Bronquial, y Diabetes Mellitas, sin restarle importancia al número

de personas que padecen de enfermedades derivadas del consumo de tabaco y alcohol.



2.3.1. Caracterización del ecosistema urbano B y C

Las obras B y C pertenecen a la Circunscripción No 72 que posee un total de 3718 viviendas, predominando los edificios multifamiliares y en menor cuantía vivienda de tipología I, II, III construidas con bloques y cubierta ligera la tercera y otras de tipología IV y V.

Los edificios presentan un estado regular por las filtraciones y mal estado de la carpintería. De las viviendas de tipología 4 y 5, 773 están reportadas con peligro de derrumbe. En cuanto a la salud, el consejo popular cuenta con 15 consultorios. Las enfermedades más abundantes identificadas se encuentran: Asma Bronquial, Alergias, Diabetes Mellitas, Hipertensión Arterial y Cardiopatías, destacando el alto grado de consumo de tabaco y alcohol.

Las condiciones higiénico-sanitarias en los edificios se ven afectadas constantemente por la tupiciones y deterioros de las redes hidrosanitarias producto de varios años de explotación sin mantenimiento. En el reparto Las coloradas Viejas, existen algunas fosas en mal estado, que por sus desbordamientos sistemáticos invaden calles y solares de los vecinos. El

arroyuelo que nace en la parte alta de universidad y desemboca en el barrio Silvano es contaminado por los residuales del Instituto Superior Minero Metalúrgico y el Hotel Miraflores. Igualmente el río María es contaminado por las aguas albañales que se vierten.

En cuanto a la educación el Consejo Popular cuenta con un círculo infantil, un semi-internado, una escuela primaria, una secundaria básica y la escuela de comercio.

2.3.2. Caracterización del estado de la calidad de los diferentes factores ambientales donde se encuentran los túneles A, B y C

Se realiza una caracterización de los diferentes factores ambientales partiendo del análisis de su estado actual en el presente estudio. Solo lo que consideramos que son los más afectados. Principalmente en la atmósfera, suelo, en la flora y la fauna y en la geología.

2.3.2.1. Atmósfera

El aire de la región no posee buenos índices de calidad, existen fuentes contaminantes propio de las industrias niquelíferas, por emisiones de gases, polvo (Geocuba 2006). Sumado a esto en las áreas donde se construyen los túneles populares, se perciben un aumento de estas partículas trayendo consigo aumento en la disminución de la calidad atmosférica fundamentalmente en las actividades de extracción del material resultante de las excavaciones hacia el exterior, transportación de escombros, caídas del material, la acción del viento, el humo de los vehículos transportadores, contienen sustancias contaminantes generadas por la combustión interna del motor. La emisión de polvo es provocada además en las voladuras y en la perforación de barrenos para la realización de la excavación por los martillos rompedores, al fragmentarse y proyectarse la roca se produce de forma puntual una gran cantidad de polvo. El incremento en el nivel de ruidos se produce generalmente en todas las etapas de construcción del túnel causando grandes molestias a los vecinos.

2.3.2.2. Suelo

Los suelos son poco productivos, en ellos hay gran acumulación de óxido de hierro, están empobrecidos por la falta de nutrientes y son muy susceptibles a la erosión. Actualmente no poseen interés desde el punto de vista agrícola y forestal, por encontrarse en la zona de desarrollo urbano. Aunque las obras no ocupan gran porción de terrenos, no deja de ser significativo, debido a la importancia que tiene este recurso, los posibles daños que pueden ocasionarles durante el proceso de construcción de Túneles. Fundamentalmente las actividades de transporte de la roca, las labores de excavación de las entradas y salidas del túnel (calicatas), la construcción de los pozos de ventilación, el movimiento de equipos le producen: la pérdida y alteración de la capa del suelo fértil en los emboquilles, cambios de sus propiedades físico- químicas y compactación crítica.

2.3.2.3. Flora y Fauna

La vegetación de estas áreas presenta un alto grado de antropización. Se observan los tres tipos de estratos vegetales, aunque con poca abundancia. El más representativo es el herbáceo que se encuentra ampliamente distribuido por los diferentes sitios que comprende la obra. En él abundan, fundamentalmente, las especies invasoras como hierba fina, romerillo, bledo, tua tua, platanillo y escoba amarga, entre otras. Los principales representantes de la flora observados en la zona de estudio se muestran en las tablas 1, 2, y 3. Ver Anexo 1.

Dentro de las formaciones arbóreas se destacan algunos ejemplares de abundante follaje como el guapén, mango, almendra, los cuales se encuentran en buen estado de conservación, además se aprecian algunos arbustos como al ateje y el marabú. Además, se constató la presencia de un pequeño bosque de casuarina intercalado con algunas especies herbáceas.

En cuanto a las especies faunísticas existe en este entorno poca variedad, en las que las aves sobresalen por el número de especies, aunque habitan además algunos tipos de reptiles, anfibios e insectos (Tablas 4, 5, .6 y .7). Ver anexos 1.

Dentro de las clases de aves se han podido observar fundamentalmente, aquellos géneros adaptados a ecosistemas antropizados como es el judío, el sabanero, el sinsonte y el aura tiñosa, entre otros ejemplares.

Formando parte de la trama ecológica se hallan los reptiles, representados principalmente por ejemplares del suborden Ophidia, entre los que se encuentran culebras y jubos, asimismo, aparecen anfibios como la rana y el sapo común. Dentro de los insectos se destacan por su abundancia las mariposas y las moscas. También se pudo comprobar por inventario inicial la desaparición de algunas especies que habitaban cerca de la zona de estudio

Se pudo constatar la pérdida de algunas especies de plantas preexistentes que aunque son consideradas especies exóticas, no dejan tener su valor ecológico ya que sirven de refugio a especies de reptiles e insectos que ahí abundan, pudiendo también degradar las condiciones edáficas del área. Esto está dado principalmente por la ocupación de terreno en las cercanías de los emboquilles, por arrastre del horizonte húmico, erosión, contaminación y compactación, con lo que se reducirá la productividad vegetal en las fases posteriores, lo cual supone también un efecto negativo sobre la fauna.

2.3.2.4. Principales características geológicas de la zona de estudio

Desde el punto de vista geológico, las áreas de estudio se localizan en la cobertura de la plataforma moderna, representada principalmente por rocas precuaternarias, además se aprecian depósitos de rocas constituidas por arcillas intercaladas, areniscas, margas arenosas y conglomerados de elementos aluviales.

Teniendo en cuenta que la geología del área no es favorable desde el punto de vista de sostenimiento y seguridad estructural de túnel se deben tener en cuenta para la construcción de este tipo de obras. Evidenciado en la afectación de estado tensional del macizo en la obra C.

2.3.2.5. Erosión

Es un fenómeno muy difundido en el sector de estudio. Es un proceso, que aunque se produce de forma natural, se ha visto incrementado por la actividad antrópica. La erosión, que se desarrolla sobre la superficie de las cortezas, arrastra las partículas fundamentalmente hacia las zonas donde el relieve es menos elevado. Se observa además, un amplio desarrollo del acarcavamiento, que aumentan sus dimensiones rápidamente en el tiempo. La dirección de las cárcavas está condicionada fundamentalmente por las condiciones estructurales de los suelos y las correntías superficiales.

Conclusiones

La metodología empleada permite identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales, es de fácil aplicación y puede ser adaptable para otro tipo de investigación relacionada con la temática.

La caracterización de los ecosistemas urbanos nos reveló que los elementos más afectados en la zona de estudio son la atmósfera, la erosión de los suelos debido a la actividad antrópica y la geología desde el punto de vista geotectónico dado por la inestabilidad del macizo, para la construcción de este tipo de obra. Abundan plantas exóticas con buen grado de conservación.

III. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Introducción

En el presente capítulo se procede al análisis y discusión de los resultados obtenidos en cada una de las fases metodológica antes expuestas. Partiendo de la interpretación de los métodos científicos utilizados y la validación de la metodología hasta la especificidad de cada una de las etapas metodológicas en los túneles A, B y C. En algunas de las etapas los resultados no difieren, por lo que se exponen de forma general.

3.1. Análisis de los resultados obtenidos en la metodología empleada en los túneles populares A, B y C

Para la selección y validación de la metodología propuesta para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos, se partió de la consulta a los 15 expertos seleccionados a través de las encuestas. A continuación se relacionan las diferentes fases seguidas para la consideración de los especialistas. Para la selección de los expertos se tuvo en cuenta el dominio en la materia y las categorías científicas y docentes que poseen. Anexo 2

No.	Metodología a seguir para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos	Total de selección	%
1	Identificación de las acciones del proyecto susceptibles de producir impactos sobre los principales factores ambientales.	13	86
2	Identificar los factores del medio susceptibles de recibir impactos producto de las actividades.	15	100
3	Identificar los principales impactos ambientales producidos por la obra	15	100

4	Evaluación de cada impacto aplicando la seleccionada por la autora.	15	100
5	Confección la matriz de interacción de correlación seleccionada por la autora.	13	86
6	Concebir un plan de medidas para mitigar los negativos, adecuados por la autora al objeto de estudio.	15	100

Del análisis de la tabla se deduce que la metodología propuesta tiene un alto por ciento de aceptación por los expertos y aunque no consideraron la propuesta de un programa de información general para la población, la autora si lo consideró por los resultados en las entrevistas efectuadas a los pobladores, referido a su miedo al uso de estas obras para su seguridad. Anexo 8.

3.2. Determinación de las acciones impactantes

Los resultados del análisis de la consulta de expertos a través de encuestas, las listas de revisión, tormentas de ideas, la observación directa, utilización de escenarios comparados y las entrevistas realizadas a los responsables de las obras y tuneleros. Anexos 3,5.

Refieren alcanzando más del 60% que estas son las actividades que se realizan para la construcción de túneles y que las mismas con sus respectivas acciones, en mayor o menor medidas producen impactos.

Las acciones impactantes coinciden en su mayoría en los tres túneles A, B y C. Solo se difieren, que en la obra A se realizó voladura y en el resto se utilizaron los martillos rompedores. Por las condiciones constructivas y el nivel de terminación solo se efectúa el acondicionamiento en la obra A.

3.2.1. Acciones impactantes en los túneles A, B y C

Las acciones impactantes están relacionadas con las actividades que se realizan en la construcción de túneles. Anexos 3 y 5.

Están enmarcadas en las siguientes 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) Voladura (A) Utilización de martillos rompedores (B y C)
- f) Extracción de la roca
- g) Acarreo de escombros

3. Transportación de la roca

- h) Traslado del material no útil
- i) Movimiento de equipos de transporte.
- j) Saneamiento del frente de trabajo.

4. Ventilación del túnel

- k) Exploración
- l) Perforación de pozos
- m) Colocación de tuberías de ventilación

5. Fortificación

- n) Laboreo de excavaciones
- o) Construcción de cimientos, paredes y bóvedas

6. Operaciones auxiliares

- p) Instalación eléctrica.
- q) Construcción de desagües.
- r) Trabajos Topográficos.
- s) Colocación de tuberías y cables.

7. Acondicionamiento

- t) Crear condiciones indispensables para la estancia del personal (A).

3.2.1.1. Caracterización de cada una de las acciones

1. **Preparación del terreno:** La preparación del terreno consiste en la eliminación de todos los obstáculos que se encuentran dentro del área destinada a la realización de la obra y que pueden entorpecer los trabajos a ejecutar posteriormente. Para el desarrollo de esta actividad se utilizan medios manuales y mecanizados tales como, machetes, picos, palas, bulldózer y otros.
2. **Arranque de la roca:** El arranque de las rocas se realiza de forma manual y de forma mecanizada de forma manual, con picos y barretas de excavación, que arrancan las rocas fácilmente del macizo; de forma mecanizada con martillos rompedores o voladuras.

Esta actividad se ejecuta excavando tramos cortos no mayores de diez metros y alternándose con las operaciones de revestimiento y terminación en forma de ciclo.

En la construcción de túneles en Moa para el arranque mecanizado se emplea actualmente el martillo picador del tipo MO-8.

§ Acarreo de escombros.

El acarreo de escombros se realiza de forma manual. Esta forma de carga, en la actualidad prácticamente no se usa, debido a que no es productiva, sólo se admite cuando el volumen a cargar es pequeño.

La duración de esta operación cuando se realiza manualmente puede llegar hasta un 50% del tiempo de duración del ciclo.

La carga manual consta de dos etapas:

- Preparación de la roca.
- Carga en el medio de transporte.

Saneamiento del frente de trabajo consiste en la limpieza de las paredes y el frente de excavación y la separación de los pedazos grandes. La productividad de la carga manual es muy baja y depende de 4 factores fundamentalmente:

- Distancia de traslado hasta el medio de transporte.
- Altura del medio de transporte.
- Tipo y estructura del material que se carga.
- Estado del piso y otros.

3. **Transportación de la roca:** Para el traslado del material desde el frente de trabajo hasta la salida de la excavación se cuenta con carretillas manuales. El material se carga con la pala manual a las carretillas, obteniéndose una baja productividad.

4. **La combinación arranque - carga - transportación** complementa los procesos tecnológicos básicos. Para lograr el avance de la excavación, después de producirse el arranque con el martillo rompedor, se procede a la carga de las rocas a las carretillas que evacuarán inmediatamente el material hasta la salida del túnel. Finalmente el escombros es transportado a través de equipos.

5. **Ventilación:** La ventilación de estas obras se realiza de forma natural aprovechando al máximo las condiciones del entorno local. Para ello se ubican pozos cada 50 y 100 metros con un diámetro 1,80 metros que garanticen la penetración del volumen del aire necesario para las condiciones del diseño previsto. Estos pozos se ubicarán previendo que el ángulo de incidencia de los vientos predominantes sea lo más cercano posible a los 90°
6. **Fortificación:** La fortificación se realiza en todos los objetos de obras que formarán parte de la instalación con materiales de construcción seleccionados (bloques, ladrillos, elementos prefabricados) según los requerimientos para cada área. Esta acción se llevará a cabo por los métodos tradicionales para la construcción de muros y arcos de medio punto.
7. **Operaciones auxiliares:** Dentro de las operaciones auxiliares se encuentran las instalaciones de la red eléctrica, la hidráulica, ventilación, pintado y señalización de los diferentes objetos de obras, dirección y sentido del desplazamiento interior de los refugiados, depósitos de agua y punto de comunicación entre otras.
 - Iluminación. En condiciones subterráneas, para aumentar la seguridad del trabajo y la productividad, es indispensable una buena iluminación. Por las características de esas obras y la situación económica del país, se utilizarán al máximo los medios y fuentes alternativas de energía. Para ello se tiene previsto el uso de faroles, generadores, lámparas de corriente directa y el aprovechamiento de la luz solar.

La disposición de diversos elementos para la iluminación se realiza por el techo a lo largo de los ejes, de acuerdo a los parámetros establecidos en las normativas del MINFAR. A medida que el frente avanza, cada 10 – 20 m se va alargando la red eléctrica de alumbrado, colocándose las lámparas a la distancia que demande la situación.

- Construcción de desagüe. El agua que llega a las excavaciones se elimina por gravedad a través de zanjas construidas en el piso de estas, con una cierta inclinación hacia el colector.

La forma, las dimensiones y el material de fortificación de la zanja se eligen en dependencia de una serie de factores como:

- Magnitud del flujo del agua en la excavación.
- Propiedades de las rocas.
- Tipo de fortificación que se emplean en la excavación.
- Dimensiones de la excavación.
- Trabajos Topográficos.
- Colocación de tuberías y cables.

Las tuberías y los cables se instalan en las excavaciones de forma que no afecten el movimiento normal del personal. En las excavaciones que permanecen sin fortificar, los tubos se suspenden de clavijas metálicas que se fijan en barrenos de hasta 40 cm. de profundidad.

8. **Acondicionamiento:** Consiste en dar cumplimiento a diferentes acciones para crear las condiciones indispensables, que permitirán la estancia de personal en la obra, por el tiempo que sea necesario.

3.2.1.2. Resultados de los factores ambientales impactados en los Túneles A, B y C

En las encuestas realizadas a los pobladores, expertos y la observación directa. Pudimos 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 de túneles. Anexos 3, 4, 5.

Los factores ambientales identificados en los (Túneles A, B, y C) son los siguientes:

Medio físico

§ Suelo

§ Agua

§ Atmósfera

Medio biótico

§ Vegetación

§ Flora

§ Fauna

Medio sociocultural

§ Población

§ Economía

Medio perceptual

§ Paisaje

3.2.1.3. Impacto ambiental en los túneles (A, B, C)

A través de las consultas a expertos de las encuestas, entrevistas a vecinos y trabajadores de las obras, se identificaron los siguientes impactos producidos sobre los factores ambientales que a continuación se relacionan en los diferentes túneles. Anexos 3, 4, 5.

3.2.1.3.1. Túneles A, B y C

I. Al suelo

1- Pérdida y alteración de la capa del suelo fértil en los emboquilles. A, B y C.

2- Cambios de las propiedades físico- químicas de los suelos. (A, B, C)

3- Compactación crítica de los suelos. (B, C)

4- Afectación del estado tensional de macizo. (C)

Debido al transporte de la roca y a las labores de excavación de las entradas y salidas del túnel (calicatas) y los pozos de ventilación y al movimiento de equipos.

II. Al agua

5- Cambios de las propiedades químicas. (A, B, C)

6- Contaminación del acuífero. (A, B, C)

7- Desvío del agua subterránea. (A, B, C)

Producto al aumento de la carga de azolves durante la excavación, carga, traslado del material. Por el derrame de combustibles y lubricantes debido al movimiento de equipos. El desvío ocurre producto a las excavaciones subterráneas.

III. A la Atmósfera

8- Disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases, polvo. (A, B, C)

La alteración de la calidad del aire ocurre durante todas las actividades de escombros y extracción del material resultante de las excavaciones hacia el exterior y su traslado a los lugares de destino final que en ocasiones se acumulan en la entrada del túnel. El humo de los vehículos transportadores contiene sustancias contaminantes generadas por la combustión interna del motor. La emisión de polvo es provocado en la perforación de barrenos para la realización de la excavación por los martillos rompedores, al fragmentarse y proyectarse la roca se produce de forma puntual una gran cantidad de polvo, en la voladura, en el transporte de escombros, por las caídas de material y la acción del viento. Además generó conflictos laborales y sociales, ya que su presencia es fácilmente detectable, por las nubes que forma y por la suciedad que genera al depositarse, también reduce la visibilidad en el trabajo, lo cual puede acarrear un aumento en el riesgo de accidentes, produce efectos perjudiciales sobre la vegetación, ya que

en su deposición ocluye los estomas de las plantas dificultando su respiración y penetración de la luz.

9- Incremento en el nivel de ruidos. (A, B, C)

Este se produce generalmente en todas las etapas de construcción del túnel. El ruido es causa de molestias a las personas. Sobre la salud, el ruido puede provocar desorganización visual, taquicardias y afectar incluso a los procesos digestivos.

IV. A la vegetación

10- Pérdida de la vegetación. (A, B, C)

Es ocasionada como consecuencia del desbroce de la capa vegetal y por la construcción de caminos de acceso hasta las diferentes entradas del túnel, donde se afectarán solamente especies herbáceas.

V. A la flora.

11- Pérdida de especie de plantas exóticas. (A, B, C)

La ocupación de terreno en las cercanías de los emboquilles destruirá la flora preexistente en la misma pudiendo también degradar las condiciones edáficas del área, por arrastre del horizonte húmico, erosión, contaminación y compactación, con lo que se reducirá la productividad vegetal en las fases posteriores, lo cual supone un efecto negativo también sobre la fauna.

VI. A la fauna

12- Alteración del hábitat de especies de reptiles e insectos. (A, B, C)

Debido a la perturbación y fragmentación del hábitat y se produce durante las excavaciones, acarreo y traslado de materiales de la obra afectándose la fauna edáfica y aquella de lento desplazamiento situada a nivel de terreno.

VII. A la población y economía

- 13- Generación de nuevas fuentes de empleo. (A, B, C)
- 14- Aumento de riesgos de accidentes de trabajo. (A, B, C)
- 15- Incremento del potencial defensivo de la región. (A, B, C)
- 16- Proliferación de vectores. (A, B, C)
- 17- Deterioro a las edificaciones. (A)
- 18- Rotura del pavimento (A, B, C)

La construcción de túneles de carácter popular da la posibilidad de emplear mano de obra disponible por parte de la población ya sean fijos o temporales pero también trae consigo pérdida a la economía por el derroche de los recursos materiales de las obras paralizadas.

Los riesgos y accidentes de trabajo están presentes en todas las etapas de ejecución de la obra, debido a que la mayoría de los trabajos se realizan de forma manual en galerías subterráneas con instrumentos filosos y con amenazas de posibles derrumbes.

La ejecución de obras de protección y su unificación al sistema defensivo de la región, aumenta de forma considerable la protección y seguridad de la población.

Debido al vertido incontrolado de desechos por trabajadores de la obra, ya sea de tipo líquido como sólidos, entre lo que se encuentran los plásticos y envoltorios, lodos de perforación y aguas con finos en suspensión o con sustancias contaminantes disueltas. Puede traer consigo la proliferación de vectores además son muy susceptibles las dos obras que se encuentran paralizadas aún no terminadas las B y C.

IX Al paisaje

- 19 - Modificación de las características visuales del paisaje. (A, B, C)
- 20 - Disminución del atractivo paisajístico. (B, C)

Fundamentalmente en los túneles que están paralizados e inhabitables por lo que hay permanencia de huecos y durante las etapas de preparación al terreno, transporte de la roca y la ventilación producto de la emanada de polvo que ahí se produce.

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 3.2. Matriz de valoración de los impactos ambientales según CITMA 2008.

Impactos	Indicadores								Ponderación de los Impactos	IT
	Na	Mg	I	R	D	C	O	S		
1	-	3	3	4	3	4	3	4	24	IM
2	-	3	3	5	3	4	5	4	30	IM
3	-	4	3	4	4	4	4	2	25	IM
4	-	5	3	4	2	3	3	3	23	IM
5	-	3	2	5	1	5	3	3	22	IM
6	-	3	2	1	1	3	3	3	16	IC
7	-	1	1	1	1	1	2	3	10	IC
8	-	5	5	4	3	5	6	3	31	IS
9	-	1	2	3	5	5	3	1	19	IM

10	-	5	2	5	1	5	2	1	21	IM
11	-	3	2	5	3	5	2	3	23	IM
12	-	3	2	5	3	5	2	3	23	IM
13	+	3	3	1	5	5	3	3	+23	IM
14	+	6	3	2	3	8	3	7	32	IB
15	-	3	2	3	5	5	3	3	+32	IM
16	-	5	2	5	5	5	3	5	30	IS
17	-	5	5	5	5	5	3	3	31	IS
18	-	5	3	5	1	5	3	5	27	IM
19	-	5	3	5	1	5	3	5	27	IM
20	-	5	3	5	1	5	3	5	27	IM

Del análisis de la valoración de cada uno de los impactos reflejado en la (tabla 3.2), teniendo en cuenta los indicadores propuestos en su ponderación. Se obtuvo un total de 21 impactos, de ellos solo dos se clasificaron como positivos (Aumento del potencial defensivo de la región y la generación de nuevas fuentes de empleo). El resto es de naturaleza negativa. Dentro de los impactos compatibles: La contaminación del acuífero y el desvío del agua subterránea. Lo que significa que tienen poca entidad y sus efectos son perjudiciales al cesar las causas que lo producen. Como impactos severos son: la disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases, polvo. Se trata de un impacto de magnitud notable y de gran importancia, el aumento de riesgos de accidentes de trabajo. Se trata de un impacto de magnitud notable y de gran importancia, el incremento del potencial defensivo de la región. Se considera muy benéfico teniendo en cuenta que la construcción de túneles y su unificación al sistema defensivo de la región,

aumenta de forma considerable la protección de los recursos humanos, la proliferación de vectores. Se trata de un impacto negativo de magnitud notable y de gran importancia y el Deterioro de las edificaciones. Se trata de un impacto de magnitud notable y de gran importancia. Presente principalmente en el Túnel A.

El resto de los impactos se consideran moderados, producen daños de moderada intensidad, son regional, indirectos, pero su importancia es considerable y debe tenerse en cuenta en los tres tipos de casos, la implementación de medidas preventivas, correctoras y de mitigación.

3.2.1.4. Resultados de la evaluación de las matrices en los túneles A, B y C

La matriz de evaluación de los impactos ambientales se desarrolló de forma individual, teniendo en cuenta los factores ambientales más afectados y las acciones de la construcción capaz de producir impactos. De este análisis se concluye que:

Factores Ambientales Túnel A

En la fase de construcción reciben un total de impactos negativos alto, la población, la economía y la atmósfera, medio, el paisaje y el agua, el resto se ubica dentro de los bajos y dentro del positivo alto, la población. Anexo 6, Tablas 1, 2. Gráfico 1.

Factores Ambientales Túnel B

En la fase de construcción reciben un total de impactos negativos alto, la población y la economía, medio, el suelo, la atmósfera y el paisaje, el resto se ubica dentro de los bajos y dentro del positivos alto, la población, no hay medio ni bajos. Anexo 6, Tablas 3, 4. Gráfico 3.

Factores Ambientales Túnel C

En la fase de construcción reciben un total de impactos negativos alto, la población, la atmósfera, economía, y el paisaje, medio, el suelo, el resto se ubica

dentro de los bajos y dentro del positivo alto, la población. Anexo 6, Tablas 5, 6. Gráfico 5

Acciones Túnel A

En la fase de construcción reciben un total de impactos negativos alto dentro de la preparación del terreno, movimientos de equipos y maquinarias, medio dentro del arranque de la roca, la voladura, acarreo de escombros, el resto se ubica dentro de los bajos. Anexo 6, Tabla 1, 2. Gráfico 2.

Acciones Túnel B

En la fase de construcción reciben un total de impactos negativos medio dentro del arranque de la roca, utilización de martillos rompedores, transportación del material no útil, moviendo de equipos y maquinarias, dentro de la fortificación la construcción de cimientos y acarreo de escombros, el resto se ubica dentro de los bajos. Anexo 6, Tablas 3, 4 Gráfico 4.

Acciones Túnel C

En la fase de construcción reciben un total de impactos negativos medio dentro de la preparación del terreno, está la eliminación de los obstáculos no útil, movimiento de equipos y maquinarias, dentro del arranque de la roca, la extracción de la roca y el saneamiento del frente de trabajo, el resto se ubica dentro de los bajos. Anexo 6, Tabla 5, 6. Gráfico 6.

En síntesis destacar que durante la construcción de túneles los factores ambientales que más impactos reciben producto de las diferentes actividades son: la población, la economía, la atmósfera y el suelo. Los demás factores identificados y evaluados tienen una connotación espacial relativa baja, debido a su carácter puntual y al alcance local de sus efectos.

Las actividades más impactantes al medio son: la preparación del terreno, el transporte de la roca y el arranque de la roca.

Hay que destacar que la construcción de estas obras reportan, nuevas fuentes de empleo y la unificación al sistema defensivo de la región, aumenta de forma considerable la protección de la población con gran significación social.

Debemos señalar que los impactos ocasionados por la construcción de túneles de forma general, no son muy significativos, comparados por ejemplo los que se producen debido a la explotación de un yacimiento, sin embargo, las características particulares, que tiene el municipio de contaminación ambiental, nos exige evitar que pudieran agregarse otros nuevos al medio. Por eso no deja ser menos importante la evaluación de estos impactos identificados en esta investigación, para su mitigación y que a la vez pudiera ser un material útil para el resto de las obras.

3.3. Medidas de mejora de la situación constructiva de los Túneles A, B, C

Debido a la paralización temporal de las obras, se recomendó de manera inmediata ejecutar algunas acciones de carácter particular, para mejorar las condiciones que presentaban los Túneles A, B y C al inicio de la investigación, pero que ya en la actualidad se ha ejecutado.

Túnel A: En el lado este, frente a la entrada, debe crearse un pequeño borde para contener las aguas exteriores y a partir de la misma pendiente de entrada comenzar una zanja de desagüe con pendiente mínima, buscando el primer escalón de la acera del edificio, para que a través de un tubo de 200 mm cuya cota invertida sea de 300 mm por debajo de la cota del piso, pase por debajo de la acera.

Túnel B. Frente a la entrada de este túnel debe eliminarse el material producto de las excavaciones y todo lo que se encuentra a su lado oeste, pues constituye una cortina de contención y vertimiento de las aguas pluviales hacia el interior del túnel. En el frente y en el lado este del túnel crear un pequeño talud de 50 mm de alto (al mismo borde del túnel) con el propósito de desviar las aguas que correrán pendiente abajo, y en la etapa de terminación reconstituir toda el área de entrada

por donde en estos momentos, se evacuan los materiales, hasta dejar como entrada, solo una pequeña pendiente que debe ser techada.

Túnel C. Frente a la entrada de este túnel, en el lado este y a todo lo largo del frente, hasta conectarse con la otra boca, crear un borde de 50 cm de alto tratando de que éste abarque la menor área posible, dejando solo el espacio necesario para las labores de trabajo. Esta acción es correctora, ya que primeramente los tuneleros realizarán una obra de drenaje que abarcaba un área muy extensa, que provocaba, que al evacuarse las aguas de la parte exterior del túnel, se acumulara en el interior del mismo.

3.3.1. Medidas generales de prevención, corrección y de mitigación de los impactos negativos de la construcción de túneles populares

Como resultado del estudio detallado de los impactos más significativos en los Túneles A, B y C, se elaboró un conjunto de medidas preventivas que pueden generalizarse para atenuar los efectos negativos de la construcción de túneles populares. Estas medidas se relacionan con plazos establecidos en función del menor tiempo de permanencia de los efectos negativos sobre los factores del medio afectado y se agrupan en:

Entre las medidas a corto plazo están:

1. Reducir en lo posible la cantidad de área de suelo a afectar durante la apertura de las calicatas, de los pozos de ventilación, y donde se depositará el material extraído en zonas aledañas.
2. Durante la etapa de preparación de terreno, separar la capa de suelo vegetal y depositarla en zonas alejadas de los lugares donde se verterá el resto del material extraído, para ser utilizada en la recuperación de las áreas, una vez concluido a la obra.
3. Entregar al personal que laborará en la obra, los medios de protección individual necesarios para el desarrollo de las diferentes etapas constructivas, tales como; linterna, espejuelos, cascos y guantes, entre otros.

4. Eliminar de forma sistemática el material extraído, para evitar la posible interrupción del drenaje superficial y la proliferación de vectores.
5. Depositar el material extraído en el o los sitios previamente autorizados, principalmente en oquedades o terrenos que necesitan rellenos.
6. Realizar un estudio detallado de las filtraciones de agua que tienen lugar en el interior de estas obras, con el objetivo de diseñar un sistema para el drenaje de las mismas.
7. Chequear el cumplimiento de las medidas de seguridad y protección adoptadas luego de terminada la obra, para impedir actos delictivos.
8. Elaborar el estudio de estabilidad y factibilidad de cada obra con el fin de determinar con mayor exactitud su ubicación y uso futuro.

Las medidas a mediano plazo que se recomiendan son:

1. Repoblar los espacios afectados sin vegetación natural ni pasto para evitar la erosión del suelo y propiciar su enmascaramiento.
2. Establecer un programa de preparación ambiental para los trabajadores del proyecto de construcción de túneles populares con el objetivo de lograr la introducción de la dimensión ambiental en esta actividad.
3. Desarrollar un programa de Educación Ambiental y preparación de la población de los asentamientos, que involucra las organizaciones de masas el Ministerio de Educación y el Poder Popular con el objetivo de lograr que la población comprenda la importancia que presenta para su protección la utilización de los túneles populares como refugio en tiempo de guerra.

A largo plazo se deben desarrollar las medidas siguientes:

1. Cerrar herméticamente las bocas de los pozos de ventilación y realizar sistemáticamente el control de vectores (mosquitos y roedores) en los mismos después de terminada la obra.

2. Teniendo en cuenta que la geología de las áreas no es favorable desde el punto de vista de sostenimiento y seguridad estructural del túnel, se deben realizar los estudios correspondientes para el cálculo de la fortificación en cada caso y cumplir los lineamientos generales del MINFAR para la construcción de este tipo de obra.

3.3.1.3. Programa de información general para la población

La elaboración de un programa de información general forma parte del plan de medidas recomendadas y que deberán ser ejecutadas en todas las fases del proyecto para la población, (según la programación del proyecto CITMA aprobado), que establece la participación de los organismos de salud y educación, las organizaciones de masas y el Poder Popular, y las responsabilidades de cada uno en el cronograma de ejecución.

A la vista de la situación actual de amenazas, este programa se convierte en un instrumento estratégico de singular importancia que puede proporcionar a la población en general la información necesaria para comprender el riesgo de no protegerse y las ventajas de contar con las instalaciones de protección apropiadas. Este de forma general debe promover la generación, desarrollo y consolidación de la cultura necesaria de protección en caso de guerra y la auto preparación individual y colectiva.

Las acciones más importantes de este programa se relacionan a continuación:

- Impartir en cada obra, conferencias al personal que trabaja en las mismas sobre:
 - La necesidad de desarrollar las obras según el proyecto de construcción.
 - Las afectaciones que provoca la construcción de túneles populares sobre el medio.

- La necesidad de simultanear las acciones del proyecto con las medidas correctoras correspondientes.
- Divulgar el plan de medidas de prevención, corrección y de mitigación de impactos negativos, a través de murales, carteles, conferencias, seminarios, plegables.
- Realizar talleres con los ejecutores para analizar los resultados de la aplicación de las medidas de mitigación registradas en el proyecto.
- Establecer una estrategia con la participación de todos los actores identificados, encaminada a lograr la aceptación de la población en el uso de estas construcciones como obras de protección en tiempo de guerra, que recoja acciones educativas preventivas.
- Implementar murales, carteles, conferencias, seminarios, plegables, para sensibilizar a los trabajadores de las obras, y la población en general sobre la importancia del uso de los túneles populares para la protección en tiempo de guerra.
- Divulgar los beneficios de las instalaciones de protección a través de charlas, intercambios, plegables etc.
- Alertar, para convencer a la población, sobre los daños que pueden sufrir en caso de ataques del enemigo, las personas no protegidas.
- Diseñar y coordinar materiales que apoyen la divulgación de conocimientos que promuevan las conductas de autoprotección (carteles, folletos, críticos, guías prácticas, materiales audiovisuales).
- Vincular a la población con el acondicionamiento y mantenimiento de las obras de protección de su área.
- Incorporar materias con perspectivas de protección civil en todos los niveles educacionales.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron un total de 21 impactos, de ellos solo dos son de naturaleza positiva (Aumento del potencial defensivo de la región y la generación de nuevas fuentes de empleo). El resto es de naturaleza negativa que representa un 90,7%.
2. Los impactos negativos clasificados como severos alcanzan un valor entre 30 y 35 son: la disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases, polvo, el aumento de riesgos de accidentes de trabajo, la proliferación de vectores, el deterioro de las edificaciones. Se trata de impactos de magnitud notable y de gran importancia por los efectos que producen al medio y el muy benéfico está dado por el incremento del potencial defensivo de la región.
3. Reciben un total de impactos negativos alto sobre los factores ambientales, la población, la economía, la atmósfera, el suelo y el paisaje. Las actividades que sus acciones producen un total de impactos negativos alto son la preparación del terreno, el arranque de la roca y la transportación de la roca.
4. Las medidas preventivas, correctoras y de mitigación en los plazos establecidos en el estudio, satisfacen las necesidades que la problemática ambiental demanda generados por la construcción de túneles populares y su eficiencia dependerá de su correcta implementación.
5. La evaluación ambiental de la construcción de túneles populares, permitió identificar, caracterizar y evaluar los impactos producidos, con un alto nivel de generación de impactos negativos sobre los componentes ambientales.

Recomendaciones

1. Hacer extensivo los resultados de este estudio a los demás túneles populares del municipio.
2. El Gobierno Municipal debe garantizar un programa de preparación ambiental para los trabajadores del TOM, con el objetivo de lograr la correcta introducción de la dimensión ambiental en todas las etapas de esta actividad.
3. Proponer al sector militar orientar la implementación del sistema de medidas propuestas para atenuar los efectos negativos de la construcción de túneles populares, según los plazos establecidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Academia de Ciencia de Cuba (1981). Ley 33 sobre la protección del Medio Ambiente y el uso racional de los recursos naturales.
2. Álvarez C (1989). Manual de Contaminación Ambiental. 569p.
3. Batista J (2003). Aplicaciones de las Normas ISO 14000 para un sistema de gestión ambiental en las investigaciones geotécnicas. 80p
4. Belete I (2007). Sistema de Gestión Ambiental para el Aprovechamiento Forestal en la EFI. Moa. Tesis de Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 91p.
5. Borges C (1998). Cálculo económico de las variantes de sostenimiento de los túneles populares del municipio Moa. Trabajo de Diploma. ISMM. 48p.
6. Cabrales Y (2008). Valoración de la Influencia sobre el Medio Ambiente de la Rehabilitación de las Áreas minadas en el Yacimiento Moa Oriental de la Empresa Pedro Sotto Alba Moa Níkel. Trabajo de Diploma. 87p
7. Cabrera M (1996).Evaluación de Impacto Ambiental.-Revista Obras públicas.- Vol.12. 25 - 42p.
8. Carmenate J (1996). "Evaluación de las condiciones ingeniero-geológicas para la zonificación de los fenómenos geológicos en áreas urbanas y suburbanas de la ciudad de Moa". ISMMM, Departamento de Geología. Tesis de Maestría. 108p
9. 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.100 p.
10. Cartaya M (2000). 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. 122- 130p.

11. Cartaya M (2001). Caracterización geomecánica de macizos rocosos en obras subterráneas de la región oriental del país. Tesis Doctoral. 103 p.
12. CENAI S (2007). Informe sobre la situación sismológica del Nordeste de la Provincia de Holguín, las acciones llevadas a cabo por el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas para reducir el riesgo sísmico en las instalaciones de níquel y propuesta de estrategia para enfrentar los estudios de riesgos sísmicos en la industria de níquel. 25p.
13. Cendero A (1997). La interpretación de la problemática ambiental: enfoques básicos II Capítulo 1 Riesgo naturales e impactos ambientales. Colección medio ambiente y educación ambiental Madrid. 23-84 p.
14. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (1988). Formulación y evaluación de proyectos ambientales compatibles.-Chile. 300p.
15. CICA. Centro de Inspección y Control Ambiental (2009). Guía para la realización de la Solicitudes de Licencia Ambiental y los estudios de Impactos Ambiental. La Habana. 56 p.
16. Colectivo de autores. Unidad Técnica del Medio Ambiente UTMA (1998). Manual para la Evaluación de Proyectos Aeroportuarios en la Etapa de Preinversión. 32p.
17. Conesa V (1997). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental 2da edición Madrid Editorial Madrid Prensa. Madrid. 1997. 3ª edición. Referencia de la biblioteca de Filosofía: FL/ TD 194.6.C66. 108p.
18. CONAP (2002). Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guía para la Elaboración de estudio de Evaluación de Impacto Ambiental. Guatemala. 120p.

19. Chiu J (1996). Influencia sobre el Medio Ambiente de la actividad minera en el Yacimiento de la planta Las Camariocas. Moa: ISMM. Trabajo de Diploma. Ingeniera en minas. 65p.
20. Cuba. Ley 85. Ley Forestal (1999). La Habana. Gaceta Oficial de la República de Cuba.
21. Cuba. Resolución No. 77/99. Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. La Habana. Gaceta Oficial de la República de Cuba.
22. Cuba. Ley (2001). Ley No.75 de la Defensa Nacional La Habana. Gaceta Oficial de la República de Cuba.
23. Cuba. (1997). Ley 81 del Medio Ambiente.
24. GEOCUBA IC División de Estudios Medio Ambientales. (2006). Construcción y Ampliación del Objetivo Miraflores. Solicitud de Licencia Ambiental. Las Tunas
25. Directiva No. 1 (2005) del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación del País para las situaciones de Desastres. 88p.
26. EMPI-FAR (1997). Estudio de Impacto Ambiental en obras Subterráneas en explotación –Holguín.46p.
27. EMPI-FAR (1997). Estudio de Impacto Ambiental en obras Subterráneas en construcción en la provincia de Holguín.46p.
28. Espinosa G (2002). Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. 255p.
29. Evaluación del impacto ambiental en la minería (Primera y segunda partes). Informe técnico preparado por expertos españoles. Revista Latino minería. No. pag. 19-23; No. 26 pp 59-70. Santiago de Chile. (1997).
30. Gaceta oficial de la republica de cuba. Modificación de la resolución no. 27/2000. 2004.

31. Gaceta oficial Ley No. 81. Ley de Medio Ambiente: La Habana. 1997.
32. Gómez D (1999). "Evaluación del Impacto Ambiental". Ed. Mundi--Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid. 1999. 1ª edición. Referencia de la biblioteca de Filosofía: FL/TD 194.4. G6.100p
33. González L (2002). Investigaciones in situ en Ingeniería Geológica. ISBN: 84-205-3104- Pearson Educación, Madrid. 715 p.
34. Guardado R (1998). Protección del Medio Ambiente y los Geo-recursos/ En curso de diplomado. Moa, ISMM. 25p
35. Guía metodológica para la Elaboración de Estudios de Impactos Ambientales (2000). Ministerio de Medio Ambiente España. 150p
36. Guía para la realización de las solicitudes de Licencia Ambiental y los estudios de Impacto Ambiental (2001). CICA. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente Centro de Inspección y Control Ambiental. 108p.
37. Hernández T (2003). 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, 104p.
38. Hurtado G (1999). 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 ISMMM. 86p.
39. Rodríguez A (1998). Estudio geomorfológico y morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. Tesis Doctoral. Centro de Información ISMM, 124 p.
40. Rodríguez A y otros (1999). Estudio de la falla Strike – Slip Cananova: Minería y Geología. Vol XV. No. 2. 15p.
41. Introducción al conocimiento del Medio Ambiente (tabloide). 2001. 25p.

42. Iturralde M (1998). "Sinopsis de la constitución geológica de Cuba". Acta Geológica Hispánica. V. 33, No. 2. 26p
43. León M (1978). Propiedades Físico-mecánicas de las lateritas de Moa en estado natural. ISMMM, Departamento de Geología. Tesis de Grado. 75p.
44. Leopold, L. B. et al., (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. United States Geological Survey, Geological Survey Circular No. 645, Washington, D.C. 13p.
45. Leyva A (1992). Flora de la República de Cuba. Madrid: Real jardín botánico, 200p.
46. Lineamientos y Normativas para la proyección y Explotación de los Túneles Populares (1992). MINFAR. 55p.
47. Oficina de normalización. Norma cubana NC- ISO 14001. Sistemas de Gestión Ambiental. Especificación y directrices para su uso.
48. Oficina de normalización. Norma cubana NC-31-99. Requisitos para la protección de la capa fértil del suelo.
49. Oficina de normalización. Norma cubana NC-66-2000. Suelos Forestales- Clasificación y Utilización.
50. Oficina de normalización. Norma cubana NC-39-99. Calidad del aire. Requisitos Higiénicos- sanitarios.
51. Oficina de normalización. Norma cubana NC-37-99. Calidad del suelo. Requisitos para la toma de muestras.
52. Oficina de normalización. Norma cubana NC-33-99. Calidad del suelo. Requisitos generales para la clasificación de los suelos según la influencia sobre ellos de las sustancias Químicas Contaminantes.
53. Resolución -111-96 CITMA. Diversidad biológica.

54. Rodríguez Pérez, José. (1998). Recursos mineros y canterables. En: Geología Ambiental. Texto Básico del Diplomado en Evaluación de Impacto Ambiental. La Habana. ISPJAE. p. 28-31.
55. R-29-99. Rehabilitación de suelos.
56. Páez C (1996). Libro Introducción a la Evaluación de Impacto Ambiental. CREARIMAGEN. Quito, Ecuador. 345p.
57. Pérez N (1999). "Caracterización de las aguas de consumo humano en los asentamientos rurales del suroeste del municipio de Moa, Holguín". ISMMM, Departamento de Geología. Trabajo de Diploma.
58. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. (1995). Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico, Contenido y Metodología. Serie Monografías. España.
59. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Resolución No.58/98. Regulaciones generales para la protección del medio ambiente y los recursos naturales en situaciones excepcionales.
60. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. (1999). Resolución 77/99 del CITMA. Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.
61. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Centro de Inspección y Control Ambiental. (2001). Guías para la Realización de las Solicitudes de Licencia Ambiental y los Estudios de Impacto Ambiental.
62. Quintas F (1989). Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia de Guantánamo y áreas cercanas. Tesis de Doctorado. ISMM. Moa.
63. Regiones y paisajes. (Tabloide Universidad para Todos).
64. Riverón A (1996). "Caracterización de la respuesta dinámica de los suelos en la ciudad de Moa". ISMMM, Departamento de Geología. Tesis de Maestría. 80p.

65. Rodríguez A (1998). Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. ISMMM, Departamento de Geología. Tesis Doctoral. 118 p.
66. Rodríguez M, Sánchez A, Suárez I (1996). Guía metodológica de evaluaciones de impacto ambiental en general, Holguín.
67. Salomón Ch (1997). Water Resources Assessment Methodology (Wram)- Impact. Assessment and Alternative Evaluation.
68. Sánchez C (1987). Apuntes para la historia de Moa. (sf).
69. Sánchez L (2001). Evaluación de Impacto Ambiental. Segundo Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. 53-73p.
70. Santiago Y (2006). Solución a problemas de infiltración del agua en túneles. Actualización del proyecto de construcción. FORUM Provincial de Ciencia y Técnica. 31p.
71. Suárez I (1997). Estudio de Impacto Ambiental en obras Subterráneas en funcionamiento del EO. Tesis de Maestría Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 115p.
72. Sorensen, J. C. Moss, M. L. (1973). Procedures and Programmes to Assist in the Environmental Impact State Ment Process. University of California. USA. 250p
73. 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. 30p.
74. Ulloa M (2006). Estudio preliminar sobre al influencia de la construcción de los túneles populares sobre el medio ambiente de Moa. inédito. 45p

75. Velasco P (2003). Apuntes para la historia del municipio Moa tomo 2-3: La industria Forestal en los primeros años de los siglos XX. Desarrollo de la industria forestal.230p

ANEXOS

Anexo 1. Tabla 1. Listado florístico de las especies del estrato arbóreo

Nombre científico	Nombre común
Cassuarina equisetifolia	casuarina
Eretai tinifolia	quebracho
Cordia alba	ateje amarillo
Pithecellobium dulce	guinga
Bucida ducer	júcaro
Terminalia catappa	almendra
Melicococas bijuga	anoncillo
Mangifera indica	mango
Pithecellobium saman	algarrobo
Artocarpus altilis	guapén

Tabla 2. Listado florístico de las especies del estrato arbustivo

Estrato arbustivo	
Dychrostachi cinerea	marabú
Acacia farnesiana	aroma
Leucaena glauca	aroma boba
Lemaireocereus hystrix	cardona
Busera simaruba	almácigo

Tabla 3. Listado florístico de las especies del estrato herbáceo

Nombre científico	Nombre común
<i>Digitaria sanguinalis</i>	pata de gallina
<i>Portulaca oleracea</i>	verdolaga
<i>Bidens pilosa</i>	romerillo
<i>Mimosa pudica</i>	dormidera
<i>Cynodun dactylon</i>	hierba fina
<i>Panicum maximum</i>	hierba de guinea
<i>Cenchrus tribuloides</i>	guisazo
<i>Piper aduncum</i>	platanillo de Cuba
<i>Pluchea odorata</i>	salvia
<i>Abrus precatorius</i>	peonía
<i>Tillandsia balbisiana</i>	curujey
<i>Jatropha gossypifolia</i>	tua tua
<i>Ocimum bacilicum</i>	albahaca
<i>Tournefortia glabra</i>	cayaya macho
<i>Parthenium hysterophorus</i>	escoba amarga

Tabla 4. Listado de Insectos

<i>Libellula</i> sp	cigarrillo
Grillos sp	grillo
<i>Apis mellifera</i>	abeja
<i>Anartia jatrophae</i>	mariposa
<i>Atta insulares</i>	bibijagua
<i>Musca domestica</i>	mosca

Tabla 5. Listado de Aves

<i>Cathartes aura</i>	aura tiñosa
<i>Passer domesticus</i>	gorrión
<i>Tyrannus domiscensis</i>	pitirre
<i>Cortophaga ani</i>	judío
<i>Columbina passerina</i>	tojosa
<i>Dives atrovioacea</i>	totí
<i>Mimus poliglottus</i>	sinsonte

Tabla 6 Listado de Anfibios

<i>Osteopilus septentrionalis</i>	rana
<i>Peltophryne fustiger</i>	sapo común

Tabla 7 Listado de Reptiles

<i>Anolis alisoni</i>	lagartija
<i>Anolis sagrei</i>	lagartijo chino
<i>Alsophis canterigerus</i>	jubo
<i>Anolis equestri</i>	chipojo
<i>Antillophis andreae</i>	culebra

Anexo 2. Categoría de los expertos.

No	Categoría Docente			Categoría Científica	
	Instructor	Asistente	Titular	Master	Doctores
15	-	12	3	8	7

Anexo 3: Guía de encuesta a expertos



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO

Dr. "Antonio Núñez Jiménez"

Las Coloradas s/n. Moa. Holguín. Cuba. CP.83329. Teléfono: 6 6614

Fax: 6 2290

Encuesta

Compañero(a)

Por este medio se le comunica que usted ha sido seleccionado(a) como experto por su dominio en la materia y es de gran valor sus criterios en la Investigación de Evaluación de Impacto Ambiental en los Túneles Populares en el municipio de Moa.

1. ¿Qué metodología recomendaría para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos producto de la construcción de túneles? .En orden creciente.
2. ¿Cuáles son las actividades que se llevan a cabo, para la construcción de túneles populares que pudieran causar algún impacto sobre los factores ambientales? Hágalo en orden creciente.
3. ¿Cuáles son los factores Ambientales que a su juicio son susceptibles de recibir impactos producto de la construcción y ejecución de los Túneles Populares?
4. ¿Cuáles son los impactos que pudieran producirse durante la construcción de túneles populares?

Gracias por su colaboración.

Anexo 4. Guía de encuesta a los residentes en las zonas de estudio.

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO

Dr. "Antonio Núñez Jiménez"

Las Coloradas s/n. Moa. Holguín. Cuba. CP.83329. Teléfono: 6
6614 Fax: 6 2290



Encuesta

Compañero(a)

Por este medio se le comunica que usted ha sido seleccionado(a) como residentes de los consejos populares donde se realiza la investigación de Evaluación de Impacto Ambiental en los Túneles Populares y su criterio nos será de gran importancia para este trabajo.

1. ¿Conoce usted la importancia que tienen la construcción de túneles populares? Exponga su criterio.
2. ¿Conoces la existencia o no de algún programa que oriente a la población para el uso correcto de los túneles y la importancia que tienen para la protección y seguridad de la población?
3. De los factores ambientales que aparecen referenciados. ¿Cuáles consideras que son los afectados durante la etapa de construcción de los túneles. Márquelos con una X.
4. Agua_ Población_ Suelo_ Atmósfera_ Flora_ Fauna_ Paisaje_ Vegetación_ Economía_ Geología_
5. A continuación se relacionan un conjunto de impactos ambientales., que pueden ocurrir durante la construcción de los túneles. Desde su punto de vista cuáles has podido percibir por su residencia cerca de las zonas de estudio. Marque con X en cualquiera de los dos casos que consideres Si consideras que falta alguno lo puede incluir.

No	Impactos Ambientales	Si	No
1.	Deterioro de viviendas		
2.	Proliferación de vectores		
3.	Incremento del potencial defensivo de la región		
4.	Aumento de riesgos de accidentes de trabajo		
5.	Generación de nuevas fuentes de empleo		
6.	Pérdidas de especies de animales		
7.	Pérdidas de especie de plantas		
8.	Pérdida de la vegetación		
9.	Incremento en el nivel de ruido		
10.	Disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases y polvo		
11.	Contaminación de las aguas		
12.	Deterioro de las calles		
13.	Pérdida y alteración de la capa del suelo		
14.	Alteración del paisaje		
15.	Posibles derrumbes		
16.	Infiltraciones		
17.	Depósitos de escombros		
18.	Deterioro de alcantarillados		

19.	Deterioro de construcciones arquitectónicas y culturales		
20.	Entre otros		

Gracias, Muchas gracias.

Anexo 5. Entrevistas a los obreros y responsables de las obras.

Guía de entrevistas.

1. ¿Cuáles son las actividades que realizan para la construcción de estas obras?.
2. ¿Cuáles son los aspectos positivos y negativos que tienen implícito la construcción de estos túneles?
3. ¿Cómo tunelero le han ofrecido alguna preparación desde el punto de vista ambiental a tener en cuenta para minimizar los efectos negativos que causan al medio ambiente la ejecución de estas obra?
4. ¿Usted cuenta con las medidas higiénicas sanitarias y de seguridad para realizar este tipo de trabajo?

Anexo 6

Tabla 1: Matriz de identificación de los impactos de la construcción de túneles populares. A.

Factores ambientales	OPERACIONES ELEMENTOS IMPACTANTES																	Total			
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q		r	s	
Medio abiótico	I	-		1,2	2	-	1	3	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	7	
	II	-		6,7	6	-	-	6	7	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	6	
	III			8,9	9	8	8	9	8	9	8	8	-	-	8	-	-	-	-	-	12
	IV			10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	V				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	VI				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Medio socio cultural	VII	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	24
	VIII	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19
	IX	-	-	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	8
Total 108	2	2	10	8	6	4	9	5	5	3	2	5	2	3	6	2	2	2	2	2	108

Tabla 2: Matriz de evaluación de los impactos de la construcción de túneles. A.

Factores ambientales	Acciones del Proyecto																Tot (-)	Tot (+)	Tot				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p				q	r	s	
Suelo		-63	-19				-41	-22			-86										231	0	231
Agua	-10	-10	-10			-10	-26	-10								-16					92	0	92
Atmósfera	-19	-38	-38	-38	-38	-38	-19	-38	-19				-19	-19							323	0	323
Vegetación	-21	-21	-21					-21													84	0	84
Flora	-23	-23	-23					-23													92	0	92
Fauna	-23	-23	-23					-23													92	0	92
Población	-23	-23	-23	-76	-76	-46	-46	-46	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-23	-46	-23	-23	-23		635	0	635
Economía	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		0	414	414
Paisaje			-27	-27	-54	-27	-54	-54			-27										270	0	270
Total (-)	119	201	184	141	168	121	186	237	42	23	136	23	42	42	23	62	23	23	23		1819	0	1819
Total(+)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		0	414	414
Total	142	224	207	164	191	144	209	260	65	23	159	46	65	65	46	85	46	46	46		1819	414	2233

Gráfico 1: Representación de los factores ambientales del túnel A.

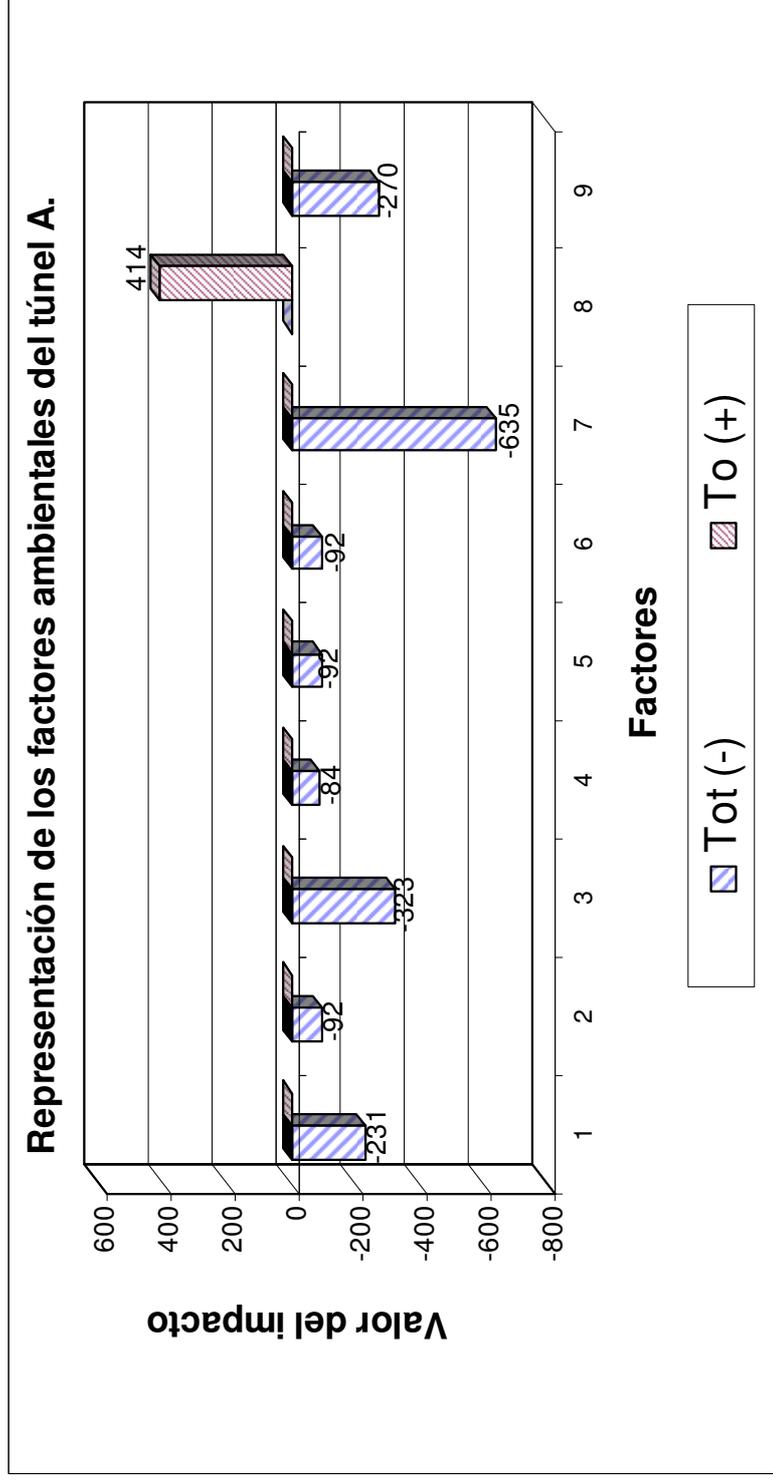


Gráfico 2: Representación de las acciones productoras de impactos del túnel A.

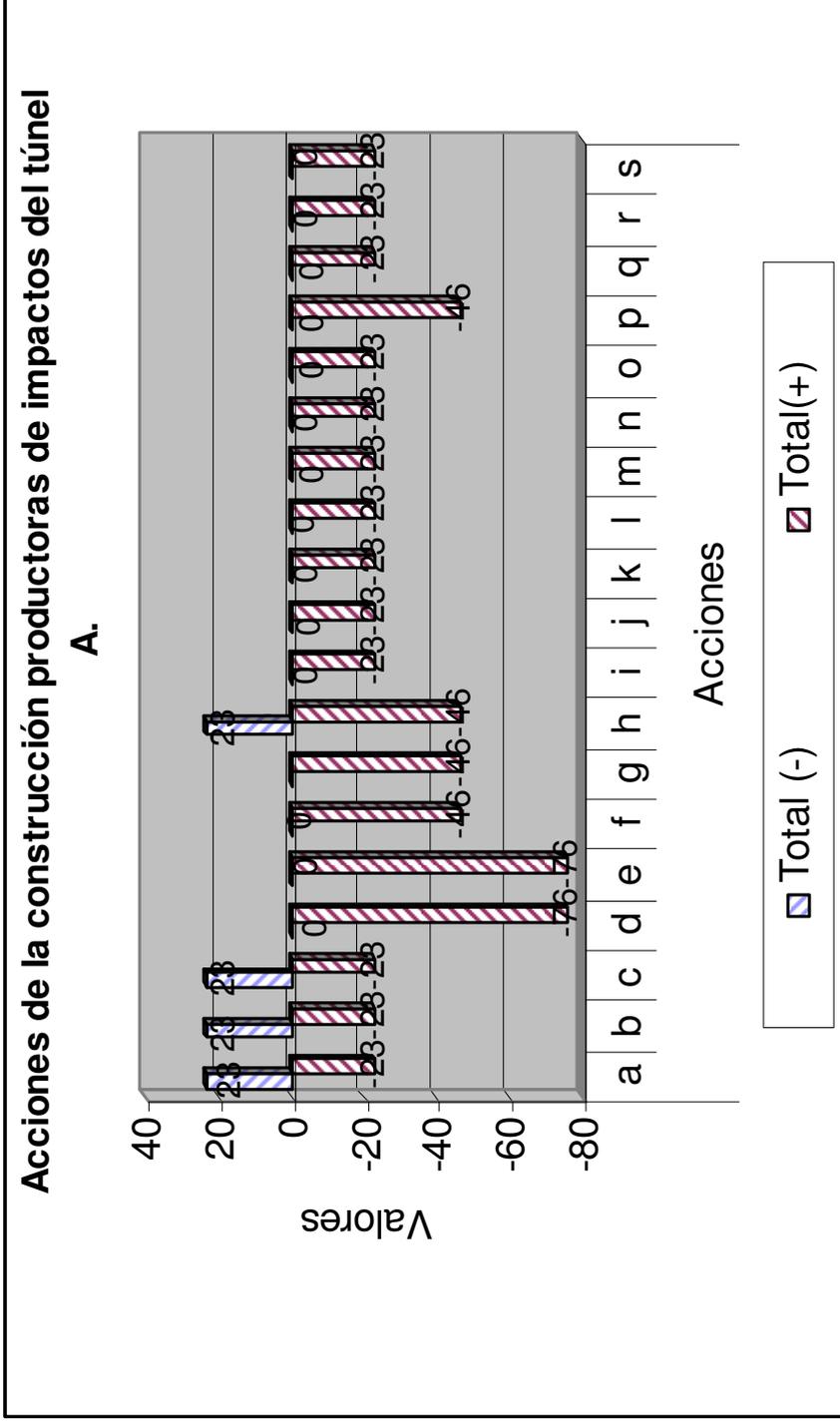


Tabla 3.: Matriz de identificación de los impactos de la construcción de túneles populares. B.

Factores ambientales	OPERACIONES ELEMENTOS IMPACTANTES																	Total			
	a	B	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q		r	s	
Medio abiótico	I	-	1,2	2	-	-	1	3	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	7	
	II	-	6,7	6	-	-	-	6	7	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	6	
	III			8,9	9	8	8	9	8	9	8	8				8	-	-	-	-	12
	IV			10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	V				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	VI				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Medio socio cultural	VII	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	24
	VIII	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	19
	VIII	-	-	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	8
Total 108	2	2	10	8	6	4	9	5	5	3	2	5	2	3	6	2	2	2	2	2	108

Tabla 4: Matriz de evaluación de los impactos de la construcción de túnel. B.

Factores ambientales	Acciones del Proyecto																Tot (-)	To (+)	Tot				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p				q	r	s	
Suelo			-40	-19			-21	-23	-19												122	0	122
Agua			-26	-16				-16	-10												68	0	68
Atmósfera			-51	-19	-32	-19	-32	-19	-32	-19					-51						274	0	274
Vegetación			-21				-21														42	0	42
Flora							-23														23	0	23
Fauna							-23														23	0	23
Población	-34	-34	-34	-34	-55	-34	-60	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-34	-64	-34	-34	-34	-34	-34	723	0	723
Economía	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	570	570
Paisaje			-30	-61	-30	-30										-61					212	0	212
Total (-)	34	34	202	149	117	83	180	92	95	53	34	34	34	64	64	146	34	34	34	34	1487	0	1487
Total(+)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	570	570
Total	64	64	232	179	147	113	210	122	125	83	64	64	64	94	94	176	64	64	64	64	1487	570	2057

Gráfico 3: Representación de los factores ambientales del túnel B.

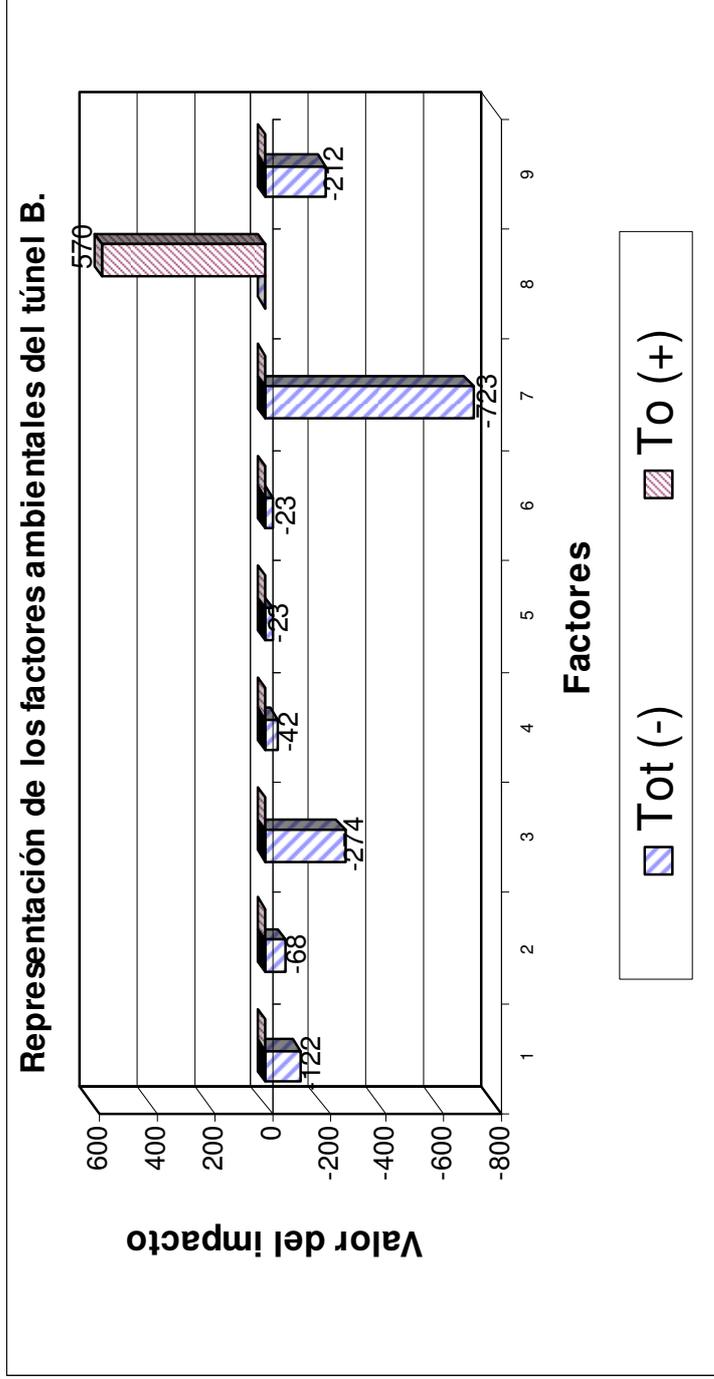


Gráfico 4: Representación de las acciones productoras de impactos del túnel B.

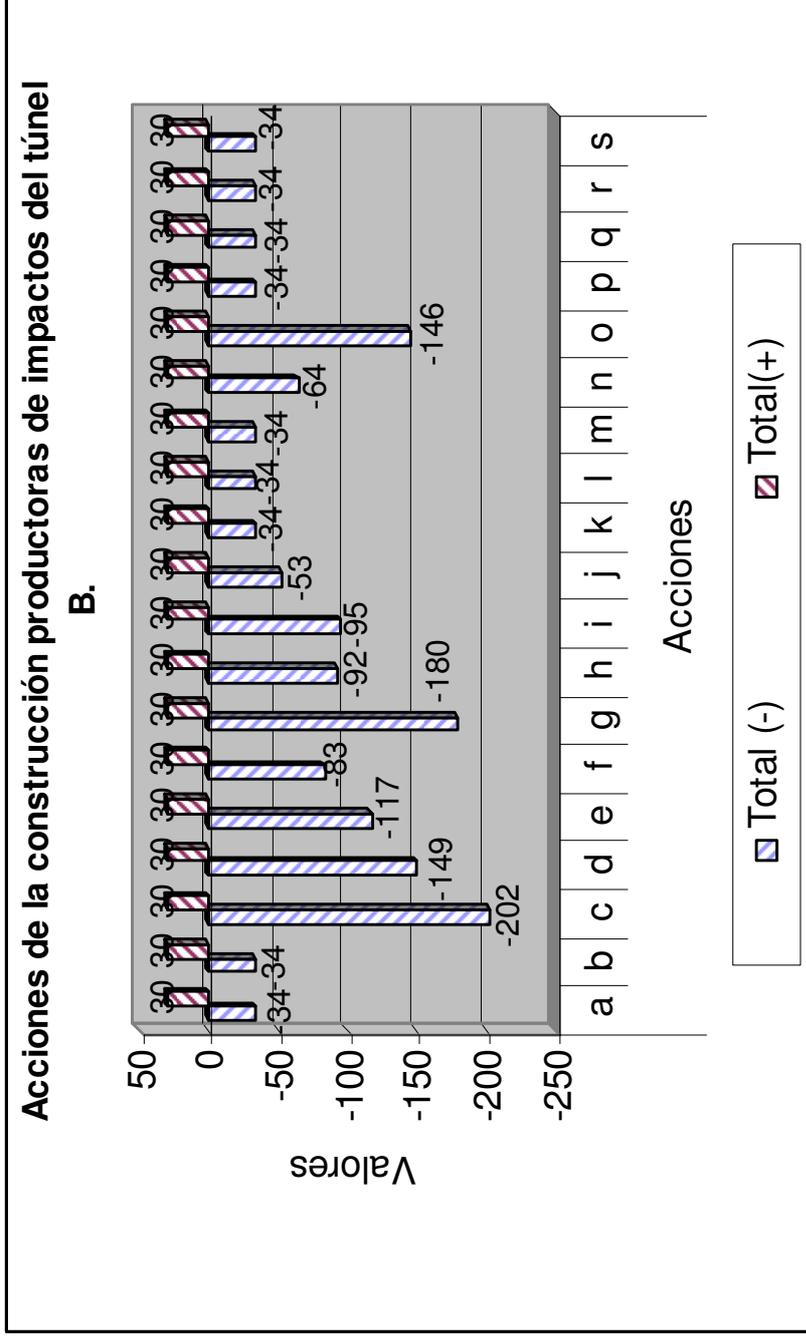


Tabla 6: Matriz de evaluación de los impactos de la construcción de túneles. C.

Factores ambientales	Acciones del Proyecto																Tot (-)	Tot (+)	Tot				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p				q	r	s	
Suelo			-63	-42		-19	-42	-42				-63									271	0	271
Agua			-26	-16			-16	-10						-16							84	0	84
Atmósfera			-51	-32	-51	-51	-32	-51	-19					-51	-51						440	0	440
Vegetación		-21	-21			-21															63	0	63
Flora		-23				-23															46	0	46
Fauna				-23		-60															83	0	83
Población	-34	-65	-34	-34	-	-95	-34	-34	-34	-34	-60	-30	-68	-60	-34	-34	-34	-34	-34	-34	912	0	912
Economía	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	570	570
Paisaje		-61	-61	-30		-61		-30	-30						-61	-30					364	0	364
Total (-)	34	170	256	177	177	146	295	124	167	83	34	93	68	127	146	64	34	34	34	34	2263	0	2263
Total(+)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	570	570
Total	64	200	286	207	207	176	325	154	197	113	64	123	98	157	176	94	64	64	64	64	2263	570	2833

Gráfico 5: Representación de los factores ambientales del túnel C.

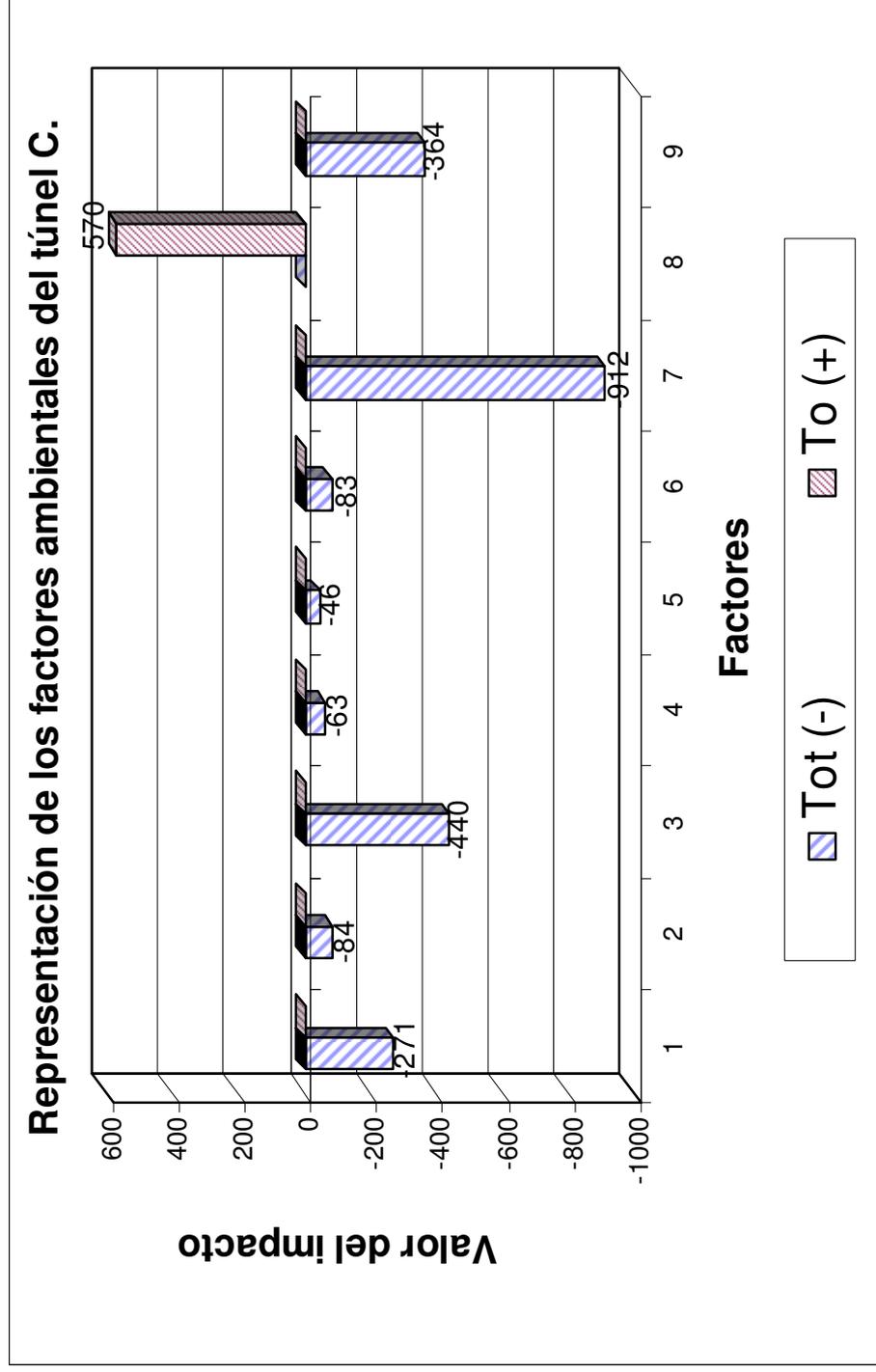


Gráfico 6: Representación de las acciones productoras de impactos del túnel C.

