



**Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
Facultad de Geología –Minería  
Departamento de Minas**

# **TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO EN MINAS**

**Influencia de la explotación minera del yacimiento Camarioca Sur  
sobre la cuenca del río Arroyón**

**Autora: Laura Silva Velasco**

**Tutora: Dra. C. Mayda Ulloa Carcasés**





**Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
Facultad de Geología –Minería  
Departamento de Minas**

# **TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO EN MINAS**

**Influencia de la explotación minera del yacimiento Camarioca Sur  
sobre la cuenca del río Arroyón**

**Autora: Laura Silva Velasco** \_\_\_\_\_

**Tutora: Dra. C. Mayda Ulloa Carcasés** \_\_\_\_\_



## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Yo: Laura Silva Velasco

Autora de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

---

Laura Silva Velasco

---

Dra.C Mayda Ulloa Carcasés

---

Ing. Rolaye Mallea Rodríguez

## DEDICATORIA

*A mi familia en general y en especial a mi Hija Dalaury's  
Terrero Silva, a mis padres y mis hermanas: Yunia,  
Alexander, Lesyanis, Marian y Marien.*

*A mi cuñada y mis sobrinos Darlis, Jean Carlos y  
Angelina Zelí.*



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A toda mi familia que siempre me ha apoyado y han estado a mi lado sin importar las circunstancias, en especial a mi hija Dalaury's Terrero Silva por ser mi inspiración cada día.*

*A mis padres Yunia y Alexander, a mis hermanas Lesyanis, Marian y Marien, a mi abuela Clara que es mi segunda madre.*

*A mi tía Altemisa por toda su ayuda a pesar de estar tan lejos.*

*A mi cuñada Darli y su esposo Wilder por toda la ayuda que he recibido de ellos sin pedir nada a cambio, a mis sobrinos Jean Carlos y Angelina Zelí por todo su cariño.*

*A mi esposo Darwin y mi suegra Chaela.*

*A mi tutora la Dra.C Mayda Ulloa Carcasés por su comprensión, ayuda y apoyo a toda hora que la necesitaba.*

*A todos mis profesores que me formaron como profesional y me inculcaron cualidades morales y sentimientos de amor y solidaridad, y en especial a todos los que me ayudaron en la realización de este trabajo.*

*A Rolaye Mayea (tutor de la producción) por todo su apoyo .A Ernesto Borrero por toda su ayuda incondicional. Al colectivo de*

*trabajadores de Sub dirección Minas de la empresa Pedro Sotto Alba.*

*A mis compañeros de aula en especial a mi amiga y hermana Taillana Caballero Galano y Eliseidi Pileta Grecesqui que estuvieron a mi lado cada día a lo largo de estos cinco años y me brindaron su ayuda siempre que lo necesité y aunque no pueda mencionarlos a todos siempre estarán en mi corazón.*

*Y a todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a que mi sueño se hiciera realidad.*

*A todos muchas gracias.*

## *PENSAMIENTO*

*“...Hay que eliminar los errores que cometen los hombres, no a los hombres que cometen errores... porque simplemente nos quedaríamos sin hombres y los errores continuarán....”*

*Ernesto Che Guevara*



## RESUMEN

La protección de los recursos hídricos, en el marco de las cuencas hidrográficas con alternativas económicas, sociales y ambientalmente viables representa una vía idónea no solo para aprovechar racionalmente estos recursos sino también, para la mitigación y reducción de su vulnerabilidad ante los desastres naturales. La explotación del yacimiento Camarioca Sur de la empresa Cmdte Pedro Sotto Alba producirá impactos significativos sobre el río Arroyón que lo recorre en toda su extensión y recibe los arrastres resultantes de las labores mineras. Por tal razón el objetivo de esta investigación consistió en determinar la influencia de la explotación de este yacimiento sobre la cuenca del río Arroyón, para lo cual se caracterizó el área de estudio y la cuenca hidrográfica, se identificaron las acciones del proceso minero susceptible de producir impactos, se identificaron, caracterizaron y evaluaron los impactos que la afectan y se elaboró un sistema de medidas para la protección de la misma. En su ejecución se aplicaron métodos empíricos y teóricos de la investigación científica y el método de Criterios Relevantes Integrados propio de la metodología de la valoración de impactos. Los principales resultados del trabajo mostraron la necesidad de proteger esta cuenca por las características relevante de su ubicación, sus altos valores naturales para la conservación de ecosistema y por la cercanía al Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

Palabras claves: cuenca hidrográfica, impacto ambiental, yacimiento, medidas correctoras.

## **SUMMARY**

The protection of the resources hydric, in the mark of the basins hydrographic with alternative economic, social and environmentally viable it not represents a suitable road alone to take advantage of these resources rationally but also, for the mitigation and reduction of their vulnerability before the natural disasters. The exploitation of the location South Camarioca of the company Cmdte Pedro Sotto Alba will produce significant impacts on the river Arroyón that travels him in all her extension and she receives the resulting haulages of the mining works. For such a reason the objective of this investigation consisted on determining the influence of the exploitation of this location on the basin of the river Arroyón, for that which was characterized the study area and the basin hydrographic, the actions of the susceptible mining process were identified of producing impacts, they were identified, they characterized and they evaluated the impacts that affect it and a system of measures was elaborated for the protection of the same one. In their execution empiric and theoretical methods of the scientific investigation and the method of Integrated Outstanding Approaches characteristic of the methodology of the valuation of impacts were applied. The main results of the work showed the necessity to protect this basin for the outstanding characteristics of their location, their high natural values for the ecosystem conservation and for the proximity to the National Park Alejandro of Humboldt.

Key words: basin hydrographic, environmental impact, location, measured proofreaders.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1 Actualidad del tema .....	5
1.2 Trabajos precedentes relacionados con la temática.....	10
1.3 Fundamentos legales de la investigación. Aspectos legislativos.....	11
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	19
2.1 Características generales del yacimiento .....	19
2.2 Descripción del proyecto de explotación (Figura 2.4).....	22
2.3 Caracterización de la cuenca del río Arroyón .....	36
CAPITULO III. INFLUENCIA DE LA EXPLOTACIÓN MINERA DEL YACIMIENTO CAMARIOCA SUR SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ARROYÓN.....	47
3.1 Determinación de los impactos ambientales sobre el río Arroyón .....	47
3.1.1 Identificación de las acciones del proyecto susceptibles a provocar impactos .....	47
3.1.2 Identificación de impactos .....	48
3.2. Medidas para la protección de los recursos hídricos .....	60
CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES .....	69
Bibliografía.....	70
Anexos	

## INTRODUCCIÓN

La protección de los recursos hídricos es un tema que día a día cobra mayor importancia dada la gran problemática que la degradación de este recurso representa para la humanidad.

Es por ello, que el manejo de estos en el marco de las cuencas hidrográficas con alternativas económicas, sociales y ambientalmente viables representa una vía idónea no solo para aprovechar racionalmente estos recursos sino también, para la mitigación y reducción de la vulnerabilidad ante los desastres naturales.(Gómez, 2002)

El interés que internacionalmente ha alcanzado el tema del manejo de cuencas hidrográficas está basado fundamentalmente en la necesidad de que sus recursos naturales sean manejados sin riesgos de su irreversible deterioro, además de que el agua es fundamental para el desarrollo sostenible, en particular para la integridad del medio ambiente, la salud y el bienestar humanos y la erradicación de la pobreza y el hambre. Con ese fin, el óptimo aprovechamiento de sus recursos hidráulicos adquiere la mayor importancia, por el papel que desempeñan en las actividades socioeconómicas que se desarrollan en estas cuencas.

A nivel mundial, las cuencas hidrográficas son consideradas una unidad física en la cual tienen lugar e interactúan como un sistema todos los procesos naturales y humanos: es un territorio que constituye una unidad natural para el desarrollo agrícola, ambiental, social y económico. Es importante que se considere como una unidad de planificación donde se ponen en acción políticas de desarrollo social y económico.

El manejo de cuencas consiste en el uso y conservación de los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, para que pueda llegar a una adecuada calidad de vida en armonía con el ambiente. Se trata de hacer un correcto uso de los recursos naturales para el bienestar de la población teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de aquellos mismos recursos y, por esto, tendrán que ser conservadas en calidad y cantidad.

El concepto de cuenca hidrográfica y de gestión integrada es una temática compleja y debatida en el mundo, muchas han sido las definiciones y los enfoques.

Dourejeanni (1992) escribe: “Es la gestión con un sentido empresarial-social que el hombre realiza a nivel de cuenca para aprovechar y proteger los recursos naturales que le ofrece con el fin de obtener una producción óptima y sostenible”.

En Cuba existen 632 cuencas hidrográficas de dimensiones superiores a los 5 km<sup>2</sup>. El 85% de ellas no rebasan los 200 km<sup>2</sup>. El territorio ocupado por cuencas hidrográficas es de 81 038 km<sup>2</sup>, mientras que 26 312 km<sup>2</sup> son áreas sin red fluvial definida, que incluyen las ciénagas.

En el año 1997, se constituyó el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (CNCH) que toma en consideración la necesidad de revertir la situación del deterioro ambiental existente en las cuencas del país.

La cuenca colectora del curso de agua conocido como río Arroyón se localiza en la vertiente norte de las Cuchillas de Moa, perteneciente a la Unidad de Relieve Nipe – Sagua – Baracoa. Ella limita al norte con las cuencas de los cursos de agua Revuelta de los Chinos y Yagrumaje, al sur con la cuenca del río Jaguaní, al este con la cuenca del río Cayo Guam y al oeste con el embalse Nuevo Mundo y el río Moa. Arroyón recorre toda la superficie del yacimiento, llevando consigo todas las partículas que capta a través del drenaje superficial y la escorrentía.

Las actividades forestales durante el aprovechamiento de los recursos maderables antes de iniciar la explotación minera, generalmente producen efectos e impactos sobre los componentes del ecosistema, como son el suelo, el agua, la biodiversidad y el paisaje, entre otros. Por lo tanto, es importante que la realización del manejo considere la minimización y mitigación de tales efectos.

En el yacimiento Camarioca Sur los principales problemas de erosión y sedimentación se producirán por las operaciones de minería. Las causas que los originarán son la deforestación de las franjas de los cauces, la extracción de madera a lo largo de la pendiente, la construcción de caminos que cambian el flujo natural de los cursos de agua y caminos con altas pendientes.



Los principales impactos que generará la explotación de este yacimiento están dados por una reducción de las fuentes de agua como consecuencia de la falta de precipitaciones, el movimiento de tierra que a su vez, contribuirá a cambios de la hidromorfología.

El impacto más importante estará dado por el incremento de sólidos suspendidos en las corrientes fluviales, que contribuye con la alteración de la mecánica de la corriente de agua. Este aumento incrementará potencialmente el arrastre de sedimentos como resultante de los procesos erosivos y producirá una intensificación de los sedimentos en suspensión ya existente en las aguas superficiales. Éste impacto se producirá mayormente en el marco de la explotación donde se desarrollarán acciones relacionadas con el movimiento del material terrígeno y particulado. Las diferentes acciones requeridas para la explotación del yacimiento generarán desprendimiento de suelo y partículas sólidas que serán acarreadas por las aguas pluviales y trasladadas a las corrientes fluviales del río Arroyón.

Partiendo de lo anterior resulta necesario determinar la influencia de la explotación del yacimiento Camarioca Sur de la empresa Pedro Sotto Alba sobre la cuenca del río Arroyón, para disminuir los efectos negativos y lograr la protección de los recursos hídricos, el medio ambiente y el hombre, que es el problema que aborda esta investigación.

Partiendo del problema anterior, se identifica como objeto de estudio la protección de cuencas hidrográficas y el campo de acción: la cuenca del río Arroyón del Yacimiento Camarioca Sur de la empresa Cmdte. Pedro Sotto Alba.

El objetivo general del trabajo es determinar la influencia de la explotación del yacimiento Camarioca Sur de la empresa Pedro Sotto Alba sobre la cuenca del río Arroyón para minimizar los impactos negativos.

La hipótesis que respalda esta investigación plantea que si se realiza la caracterización del área de estudio y la cuenca del río, se describen las fases del proceso minero susceptible de producir impactos, se identifican y caracterizan los impactos, se puede determinar la influencia que produce la explotación del

yacimiento Camarioca Sur sobre la cuenca del río Arroyón para minimizar los impactos negativos.

**Objetivos específicos:**

- Caracterizar el área de estudio.
- Caracterizar de forma general la cuenca del río Arroyón.
- Identificar las acciones del proceso minero susceptible de producir impactos sobre el río Arroyón.
- Identificar y caracterizar los impactos que afectan la cuenca del río Arroyón.
- Elaborar medidas para la protección de la cuenca del río Arroyón.

En esta investigación se emplearán métodos empíricos y teóricos de la investigación científica.

**Métodos empíricos:**

- La observación para conocer el estado de la cuenca en el área de estudio y sus características particulares.
- Criterios de expertos para fundamentar la elección de las acciones capaces de producir impactos y la identificación y valoración de cada impacto.
- Entrevistas a los especialistas de la empresa para fundamentar los resultados de las observaciones realizadas.

**Métodos teóricos:**

- El análisis-síntesis para analizar documentos existentes y sintetizarlos.
- El hipotético-deductivo en la formulación y verificación de la hipótesis.
- El método histórico-lógico para analizar la trayectoria de la cuenca.

El trabajo se desarrollará a través de las siguientes etapas metodológicas:

1. Etapa preliminar: recopilación de materiales y trabajos de campo.
2. Etapa de gabinete: procesamiento de la información y elaboración del informe final

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Actualidad del tema**

La cuenca es la unidad natural para organizar adecuadamente las actividades de manejo y controlar los efectos sobre el ambiente. Esta corresponde a un área delineada topográficamente que es drenada por un sistema de cauces. Para propósitos de planificación y gestión, esta es considerada como una unidad de respuesta hidrológica, una unidad físico-biológica y una unidad socio-económica (Folliot, 1997).

El agua (precipitación) constituye un componente vital del ecosistema dentro de la cuenca.

Las cuencas hidrográficas han sido consideradas, como las unidades o espacios geosociales y políticos más adecuados para la planificación y desarrollo, aunque como la historia y literatura lo demuestran, su mayor énfasis se ha orientado hacia temas de carácter hidrológico. De allí, la importancia para el ordenamiento y manejo con fines energéticos y de provisión de agua para consumo humano y para riego, relegándose a un segundo plano el tratamiento de los elementos biológicos y la participación de los actores locales que dependen o interactúan con los recursos de estas áreas.(Velásquez y otro, 2011)

González (2000) subrayó que la gestión integrada hace referencia a los componentes del geosistema de cuenca. Puede ser aplicado a un área específica o a uno o más componentes: se habla por ejemplo de gestión integrada de las actividades agrícolas y forestales, o de gestión integrada de los recursos hidráulicos. Se trata de un instrumento operativo de caracteres que crea sinergias e integra diferentes componentes, y que se encuentra igual en un manejo de tipo integral que en uno sectorial. En esta última fase se cuenta con una sola dimensión y se trabaja con una visión de tipo integral; o sea, teniendo en cuenta también los otros elementos cuando no se gestionan directamente. El manejo integrado o incorporado, por el contrario, propone una visión holística de la cuenca: una intervención coordinada en los diferentes sectores integrando las acciones en curso en el territorio con los intereses ambientales.

El concepto de gestión integrada está relacionado con el concepto de sostenibilidad, con la capacidad humana para gestionar de manera racional los recursos. Una definición similar ha sido propuesta en el Manual de Desarrollo Sostenible de Bolivia, donde se escribe sobre la gestión integrada de cuencas: que es la gestión que el hombre realiza a nivel de cuenca para aprovechar y proteger los recursos naturales que le ofrece con el fin de obtener una producción óptima y sostenida.

Algunos países han creado órganos específicos para el gestión como por ejemplo Argentina, que ha instituido las “Autoridades Inter-jurisdiccionales de Cuencas”; Colombia, con las Corporaciones Autónomas para el Desarrollo y Perú, que ha creado las Autoridades Autónomas de Cuencas.

Hoy en día los proyectos de manejo de cuencas cuentan con una multiplicidad de actores sociales implicados, los cuales tienen exigencias e intereses en muchas ocasiones contrarios. Los proyectos han empezado no solo a preocuparse de la movilización social, sino también de la negociación entre diferentes instituciones para la creación de alianzas. La gestión está cada vez más localizada en el territorio, y se realiza a nivel local, implicando de manera cada vez más decisiva a la gestión de territorios de los gobiernos regionales y municipios.

La participación de la población local es fundamental para la realización de esta tipología de proyectos pero no es el único factor; es necesario todavía establecer relaciones horizontales entre las autoridades y las organizaciones locales y acuerdos recíprocos entre administraciones locales, gobiernos y sector privado. Se percibe en este propósito un cambio de una gestión de tipo participativo hacia una gestión de tipo conjunto basada en una participación pluralista de la gestión de los recursos naturales, donde haya una negociación de intereses y necesidades diferentes que incluye a las autoridades normativas y técnicas. Este tipo de planificación tiene que basarse sobre una comunicación recíproca de los conocimientos a través de estudios de tipo participativo en los cuales se produzca un intercambio real de informaciones entre expertos y actores locales.

La Red Latinoamericana de Cooperación Técnica y de Gestión de Cuencas Hidrográficas (REDLACH) fue creada en 1980 con el apoyo de la Organización de

las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para mejorar la gestión de las cuencas y la promoción del desarrollo sostenible. La FAO coordina la red y realiza colaboraciones técnicas directas, da apoyo e informaciones, promueve las actividades y difunde los resultados.

La iniciativa se concretó gracias a la reunión de las instituciones vinculadas a la gestión de cuencas de los diferentes países de la región. La red fue constituida por las coordinadoras nacionales y por el coordinador regional. Actualmente la REDLACH comprende los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Ecuador, Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

La REDLACH es un mecanismo de carácter técnico constituido por instituciones públicas, privadas o autónomas de los países miembros de la red. El objetivo general de la red es aumentar progresivamente la capacidad tecnológica de los países a través del intercambio de experiencias y conocimientos, la cooperación técnica horizontal y la promoción de los programas o proyectos de financiación para el manejo de cuencas. El papel de la red se basa principalmente en facilitar estas operaciones a través del desarrollo de las siguientes actividades:

- Difundir las experiencias y los conocimientos valiosos exportables a otros países de la región respecto al uso, conservación y protección de los recursos naturales y la participación de las comunidades en las cuencas.
- Consolidar el concepto de cuenca hidrográfica como unidad física de gestión e incentivar su aplicación a nivel de los gobiernos de cada país.
- Fortalecer el proceso de intercambio y de cooperación técnica entre países miembros de la red, en particular el proceso de capacitación a todos los niveles.
- Promover la unificación de los criterios respecto al cuadro conceptual y metodológico aplicable a la gestión y conservación de las cuencas.
- Fortalecer los vínculos y promover las actividades entre la REDLACH y los otros organismos de cooperación técnica y de financiación multilateral.

La red utiliza diferentes metodologías para ejecutar sus actividades adecuándolas a las necesidades y posibilidades de las instituciones participantes, en particular se dedica a promover reuniones técnicas, seminarios, cursos de capacitación, intercambio de información, publicaciones, capacitación para la identificación, y la creación e implementación de proyectos pilotas.

A comienzos de los años 90, en América Latina se realizaron cuatro congresos a nivel regional, en los cuales se analizó la situación existente y los proyectos realizados hasta aquel momento.

En 1996 el gobierno cubano creó un consejo de cuenca de carácter nacional y provincial: se trata de una institución que une diferentes ministerios e instituciones operativas en el territorio. Esto ha representado el primer reconocimiento de la cuenca como unidad territorial de integración en el manejo ambiental. Este evento tiene una gran importancia en el plan de la teoría del manejo y de la planificación territorial y manifiesta la importancia de utilizar el método interdisciplinario en los procesos de administración. Además, se ha elegido favorecer un proceso de gestión orientado a la especificidad del objeto y no excesivamente condicionado por las estructuras burocráticas que lo administran. Esta evolución se puede interpretar como una tentativa de desarrollar una interacción entre las estructuras antrópicas y el ambiente natural según la óptica sistémica, con respecto a la integridad del medio ambiente. A pesar de estos presupuestos, dicho consejo hoy en día trabaja enfrentándose a muchas dificultades y limitaciones. La causa es una visión todavía tradicional del ambiente natural y una escasa consideración de las actividades socio-económicas del territorio.

Es en todo caso importante recordar que potencialmente se trata de una estructura de mucha importancia que pocos países a nivel latinoamericano tienen: se trata de mejorar la actividad y de insertar otras instituciones que operan en el sector social, elemento todavía demasiado marginal.

El tema del manejo integrado de las cuencas es muy actual y ha sido debatido profundamente en los últimos años, en particular dentro de la Organización Mundial de la Alimentación y de la Agricultura (FAO) que, en el 2002, presentó una iniciativa

referente a la nueva generación de programas sobre cuencas hidrográficas, a fin de proporcionar una plataforma para el intercambio de información y ofrecer asesoramiento y apoyo para la ejecución de planes locales, nacionales y regionales eficaces de gestión hidrográfica.

A la fecha se han realizado estudios de los principales protagonistas, inventario e intercambio de experiencias de la FAO, análisis de estudios de caso y talleres regionales. Se elaboraron directrices y se divulgaron los resultados entre las organizaciones internacionales pertinentes, instituciones nacionales y autoridades, así como entre los especialistas e investigadores de cuencas hidrográficas. Se prevé que estos resultados fortalezcan las bases de un consenso cada vez mayor para la elaboración de planes y estrategias futuras, que oriente la elaboración de políticas y la investigación en materia de cuencas hidrográficas.

El III Congreso Latinoamericano de Gestión de Cuencas en Arequipa del 2003, ha subrayado una serie de elementos positivos concernientes al diseño y ejecución de programas transfronterizos de gestión de cuencas con una visión regional. Han evidenciado además un crecimiento de la conciencia pública sobre el tema, así como un aumento de los proyectos en los cuales existe una participación importante de organizaciones comunitarias y gobiernos locales; y se ha percibido una mejora en la formación del personal, si bien ésta resulta todavía insuficiente. Al mismo tiempo las reuniones han sacado a la luz elementos críticos y elementos que tienen que ser fortalecidos.

En particular, los países latinoamericanos, con la única excepción de Cuba, no tienen un programa nacional de gestión de cuencas y la voluntad política de muchos países de mejorar la gestión de los recursos de las cuencas no se refleja en los niveles de inversión, normas e instrumentos de apoyo unido a esto, los repentinos cambios de gobierno no permiten una continuidad de las acciones y proyectos en lo que concierne tanto a los que explícitamente se ocupan de la gestión de la cuenca, como a los que trabajan para mejorar la situación de pobreza y de desarrollo social; elementos que son la base para un gestión sostenible de las cuencas. Estas situaciones no resueltas, no solo siguen perjudicando la situación ambiental, sino que

crean también situaciones de conflicto. Finalmente se ha subrayado un escaso interés en contribuir a rescatar las prácticas, los conocimientos locales y las tradiciones y en crear un intercambio entre la comunidad local y la científica.

## **1.2 Trabajos precedentes relacionados con la temática**

Para la realización de esta investigación se consultaron una serie de artículos, revistas y otros materiales de internet, donde se pudo comprobar que existen numerosas publicaciones relacionadas con la temática.

Son varias las investigaciones ingeniero geológico e hidrogeológico efectuadas a nivel mundial y en la región y en el Yacimiento Punta Gorda, pero para Camarioca Sur, solo se encontró un trabajo preliminar desarrollado por Geominera Oriente

Algunos trabajos que se relacionan con el manejo ambiental de cuencas hidrográficas se exponen a continuación.

Por otro lado, Berini (2008) presenta una visión sobre los conceptos de manejo integrado de cuencas y sobre la cooperación local y descentralizada, enfocando la atención sobre el contexto latinoamericano y el cubano en particular. Realizó un estudio con el objetivo de analizar el tipo de recursos presentes en el territorio de la cuenca, cómo han sido utilizados y cómo pudieran ser potenciados.

Freire, et al, (2011), realizaron un diagnóstico referencial del uso del agua en la cuenca hidrográfica del río Valdivia - California, así como conocer a los usuarios y los diferentes usos que le dan al recurso. Luego de realizada esta investigación llegaron a la conclusión que la cuenca del río Valdivia - California es de vital importancia para esta región, ya que abastece del recurso agua completamente a las comunas que ahí se encuentran. Además, esta junta administradora del agua "Valdivia" presenta más información de los usuarios y es la más organizada, pero su infraestructura de distribución del agua se encuentra en deterioro.

En la provincia Guantánamo, Marzo (2011) realiza un diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica Guaso, y demostró que el estado ambiental de la cuenca es poco favorable, lo que constituye un punto de partida para el manejo sostenible y la



protección del medio ambiente de la cuenca; y una premisa para la identificación de las unidades ambientales existentes en el área.

La metodología para la fundamentación en el diseño y aplicación de una tecnología para la gestión ambiental de las aguas subterráneas considerando como escenario de gestión de cuencas hidrográficas en Holguín se presenta por. Fernández (2013)

Cuenca et al (2013) realizaron un diagnóstico ambiental y desarrollaron el plan de manejo y conservación de la subcuenca del río Chillayacú de la Cuenca Media del río Jubones en la provincia de El Oro. En Ecuador Se fundamenta en una metodología para efectuar una correcta valoración económica ambiental de los recursos de la subcuenca y de las alternativas de manejo de la misma, así como una propuesta de zonificación económica ecológica de los recursos de la subcuenca, a través de estrategias de planificación y manejo ambiental.

Los autores referenciados tuvieron en cuenta lo relacionado con el manejo ambiental de las cuencas, pero ninguno particularizó en zonas donde existe actividad minera.

### **1.3 Fundamentos legales de la investigación. Aspectos legislativos**

Cuba ha elaborado una serie de leyes para la tutela del medio ambiente y la gestión sostenible de los recursos que conciernen directa e indirectamente a las cuencas hidrográficas.

Una importante aportación ha sido la incorporación del concepto de desarrollo sostenible a la misma Constitución. Tras la conferencia de Río y bajo los nuevos escenarios que se han desarrollado a nivel mundial y con la nueva situación de equilibrios entre potencias, en el 1992 el Parlamento cubano aprueba una nueva redacción del artículo 27 de la Constitución: “El Estado protege 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”.

El concepto de sostenibilidad se convierte en uno de los elementos sobre los cuales el Gobierno basa su propio desarrollo. La dimensión ambiental, conexas al concepto de sostenibilidad adquiere cada vez más peso en el país. Se realizan un conjunto de

programas nacionales para contrarrestar los efectos negativos provocados por las actividades del ser humano en el proceso de desarrollo socio-económico y que inciden significativamente en el manejo de las cuencas hidrográficas. (Berini 2008)

### **Decreto-Ley 197**

En el 1995 se promulgó el Decreto-Ley 197 a través del cual se creó la Comisión Nacional del Plan Turquino Manatí, un proyecto de desarrollo integral de las montañas del país, implementado en 1987. La Comisión tiene por objetivo evaluar y elaborar las políticas y los esquemas de desarrollo teniendo en cuenta la caracterización de las montañas como áreas protegidas para estimular las producciones agrícolas y mejorar la vida de la población. En este documento se hace referencia directa al manejo de cuenca en las montañas; se afirma que la comisión creada tendrá que contribuir al desarrollo y a la introducción de las actividades científicas y técnicas que aseguren el desarrollo sostenible de las áreas de montaña con particular referencia al mantenimiento de sus ecosistemas, en donde se encuentran numerosas cuencas.

### **Ley No 85. Ley Forestal**

Otra importante ley redactada por el gobierno, que concierne directamente a las motivaciones de la implementación misma del plan Turquino-Manatí, es la Ley Forestal. El sector forestal fue uno de los primeros temas relativos a la protección ambiental en el que se interesó el gobierno post-revolucionario, tanto que ya en 1959 fue creada una ley para sustentar la repoblación forestal: la Ley 239 en Abril /1959.

En el año 1998 el gobierno modificó la legislación forestal anterior y aprobó una nueva ley, la Ley Forestal No 85, una ley ambiental específica que tiene como objetivos la protección, el incremento y el desarrollo sostenible del patrimonio forestal del país; el control de los recursos forestales a través los reglamentos establecidos y los órganos competentes; la conservación de la diversidad biológica y la promoción de la repoblación forestal con finalidad económica, de protección y social. (Gaceta Oficial de la República de Cuba. 31 agosto 1998).

La ley se ocupa también de las cuencas, presenta primeramente una definición específicamente ambiental de cuenca como el “área de drenaje de un curso de agua

que tiene una salida para el escurrimiento superficial y limitada por un parteaguas que es la línea que separa cuencas adyacentes”.

El artículo 7 subraya las funciones del Ministerio de Agricultura, que tendrá que ocuparse de coordinar a las otras instituciones competentes (entre las cuales se encuentra al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos) con el objetivo de proteger las cuencas a través de obras de conservación y mejora de los bosques. Según el Artículo 2, estas actividades serán incentivadas a través de mecanismos de compensación con pagos estatales a los campesinos, que trabajarán en fincas forestales para incrementar la reforestación.

Otro artículo interesante es el 19, en el cual se hace referencia específica a los bosques protectores de aguas y suelos, o sea, aquellos bosques que se encuentran en cuencas, en la proximidad de cursos de agua y en zonas de pendiente mayor del 45%. El Ministerio de Agricultura es responsable de la determinación de las características de estas áreas y de su reforestación.

En el reglamento de la Ley Forestal han sido incorporadas toda una serie de resoluciones ministeriales sobre el tema del uso de los recursos y, en particular, por primera vez, la ley reconoce los derechos y no solo los deberes de las personas respecto al bosque, concediendo a los habitantes de estas áreas el derecho de uso del patrimonio forestal, siempre en los límites del respeto a la integridad y a la biodiversidad de estas zonas. La aplicación y el reconocimiento de estos derechos se traduce en beneficios sociales desde el momento en que la posibilidad de producir y consumir los recursos ambientales permite la satisfacción de las necesidades individuales y familiares, y en beneficios medioambientales, desde el momento en que los diferentes reglamentos y el rígido control evitan la destrucción de los recursos forestales y permiten el incremento del mismo.

La política medioambiental del gobierno busca incorporar una dimensión de sensibilización y protección ambiental a todos los niveles sociales y administrativos. Esto se realiza a través de la participación de todos los órganos y organizaciones del

gobierno y el estado, las universidades, las organizaciones políticas y de masa, las asociaciones y las organizaciones no gubernamentales.

En cuanto la gestión medioambiental el artículo 8 expone que es "un conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejora, rehabilitación del medio ambiente, y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana".

### **Estrategia Ambiental Nacional**

La Estrategia Ambiental Nacional (EAN) representa el documento guía de la política ambiental cubana, se implementó por primera vez en 1997 y ha sido actualizada para períodos posteriores.

En lo que concierne específicamente al tema de las cuencas, la estrategia trata directamente el concepto y subraya la importancia ante todo de considerar los problemas medioambientales como un sistema. "La solución de los principales problemas ambientales que afectan al país, debe ser vista con un enfoque sistémico e integrador y no como solución aislada de cada uno de ellos, pues se concatenan en sus consecuencias y efectos sobre el principal componente del medio ambiente: el ser humano". (Estrategia Ambiental Nacional 2011-2015).

La estrategia propone un listado de los principales problemas ambientales cubanos y de sus posibles soluciones.

En lo que se refiere a la degradación de los suelos en relación a las cuencas, la EAN afirma la importancia de desarrollar sistemas de producción basados en un manejo integral de los recursos y considerando "el adecuado manejo de las cuencas hidrográficas vistas como un ecosistema donde la integralidad del manejo de los recursos agua, suelo y cubierta forestal se torna imprescindible, y la implantación de las autoridades de cuencas que velen por una explotación racional y sostenible y su adecuada restauración".

Además se subraya la importancia de realizar la reforestación teniendo en cuenta las particularidades de cada región y específicamente de las realidades de las cuencas.

El Programa Nacional de Ambiente y Desarrollo que constituye la concretización de las líneas de política ambiental aprobadas por el gobierno en 1993, constituye la adecuación cubana a la Agenda 21, y en él se encuentran sintetizados los aspectos centrales de la política medioambiental cubana y las líneas que los diferentes agentes que intervienen en la protección del medioambiente tienen que seguir. Además del programa nacional, cada provincia elabora programas territoriales adecuados a la situación concreta de la realidad local.

Otro elemento que se considera es la importancia de mejorar el sistema de educación ambiental, que se muestra como un importante instrumento para realizar acciones de desarrollo sostenible concretas por parte de las comunidades locales.

### **Ley de Medio Ambiente**

La Ley 81 del 1997, Ley de Medio Ambiente, es un componente esencial de cualquier estrategia ambiental e incluye todas las normas y reglamentos para la protección del ambiente. Esta ley recoge como principales instrumentos de la política y la gestión ambiental los siguientes:

- El ordenamiento ambiental: que es un proceso de evaluación orientado a lograr el desarrollo sostenible del territorio, sobre la base de una consideración global de los aspectos naturales y de sus vínculos con los factores económicos, demográficos y sociales.
- La Licencia ambiental como el documento oficial a través del cual el CITMA realiza sus actividades. La autorización contenida en la licencia prevé para el beneficiario el cumplimiento de los requisitos establecidos en relación a la prevención y a la corrección de los efectos medioambientales de la obra o de las actividades en cuestión.
- La evaluación del impacto ambiental se trata del proceso directo de identificar y evaluar los efectos de los planes y proyectos sobre el medioambiente y sobre los recursos naturales.

- El sistema de inspección ambiental estatal tiene una función preventiva: se encarga de la prohibición de acciones que puedan dañar al medioambiente y de la sanción de los comportamientos incorrectos según la legislación en curso.
- El sistema nacional de información ambiental tiene el objetivo de garantizar al Estado y a la sociedad la información necesaria para conocer, evaluar y tomar decisiones relativas al medioambiente.
- La investigación científica y la innovación tecnológica del país tienen que ser maximizadas y estar dirigidas a la resolución de los problemas ambientales.
- La regulación económica como instrumento de política y gestión ambiental concierne a las políticas tributarias para el desarrollo de actividades que incidan sobre el medioambiente a través de impuestos que carguen las actividades dañinas y de beneficios fiscales que premien las actividades que favorezcan al medioambiente.
- Los indicadores ambientales a través de los cuales se puede crear un sistema de datos e informaciones ambientales que definan de manera sistemática el estado del medioambiente, contribuyendo al proceso de toma de decisiones. Un importante ejemplo de análisis ambiental está constituido por los informes que anualmente realiza el CITMA sobre el estado del medioambiente cubano.
- La política ambiental internacional, que Cuba tiene que seguir desarrollando activamente, defendiendo en particular la situación de los países en desarrollo, especialmente de América Latina y Caribe. El país es además parte de numerosas convenciones internacionales que conciernen a la protección del ambiente.
- El fondo nacional del medio ambiente, que está orientado a facilitar el cumplimiento de los objetivos de la estrategia y que tiene como objetivo esencial la financiación total o parcial de los proyectos y actividades dirigidas a proteger el medioambiente.
- La educación ambiental como un proceso continuo y permanente, una dimensión de la educación integral de todos los ciudadanos, que permita el desarrollo de un

proceso de toma de conocimientos, habilidades y formación de valores que armonicen las relaciones entre los hombres, la sociedad y la naturaleza, y a través los cuales se vayan reorientando los procesos económicos, sociales y culturales para un desarrollo sostenible.

Está todavía ausente en esta ley, una definición de cuenca hidrográfica, concepto al cual se hace referencia directamente en dos artículos que componen la sección dedicada a los ecosistemas terrestres. En el artículo 119 se declara que “la gestión ambiental en las cuencas hidrográficas se realizará de conformidad con la legislación vigente y se basará en un manejo integral que asegure que las actividades económicas y sociales se efectúen a partir de una adecuada protección y uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente”.

El artículo 111 se refiere al manejo de cuencas gestionado para el Consejo Nacional de Cuencas: “Corresponde al Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, en coordinación con los Organismos de la Administración Central del Estado y organismos correspondientes, realizar las acciones que permitan integrar y armonizar con los principios y objetivos de la presente ley, la actividad de todas las personas naturales o jurídicas que intervienen en una cuenca dada”.

### **Referencias normativas**

Existen normas cubanas que establecen requisitos, especificaciones, calificaciones, dimensiones y características para un buen aprovechamiento y un buen manejo de las cuencas hidrográficas, las cuales son:

**NC 23: 1999. Franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales.**

Esta norma establece las dimensiones y características de las fajas forestales en las zonas de protección a embalses y cauces fluviales, así como las actividades que se autorizan en las mismas.

**NC 25: 1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones**

Expone los valores de los índices que se utilizarán para clasificar y evaluar la calidad de los recursos hídricos (cuerpos de agua dulce y marina) destinados a la actividad pesquera, así como el procedimiento para evaluar y clasificar los mismos.

**NC 93 01 103 / 87. Hidrosfera. Clasificación de la utilización de las aguas interiores**

Esta norma instituye la calificación general de las aguas interiores del país atendiendo al uso a que se destinen, así como a otros aspectos inherentes a la explotación y al efecto que ésta produce sobre los cuerpos de agua.

Se aplicará al establecimiento o adopción de los parámetros y requisitos de calidad, índices de consumo, garantía de entrega y otros necesarios para mejorar la explotación y conservación de los recursos hídricos.

**NC 30: 1999. Calidad del suelo. Tierras alteradas. Requisitos generales para la restauración**

Recoge los requisitos generales para la restauración de las tierras alteradas durante la explotación de yacimientos minerales, materiales de construcción y turba, la construcción de obras lineales, la realización de trabajos de prospección geológica e investigaciones, así como en las áreas de préstamo.



## CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 Características generales del yacimiento

- **Ubicación geográfica**

El yacimiento está ubicado específicamente al Sur de la Ciudad de Moa, limitado por las coordenadas geográficas: 74° 28' 58"- 74° 54' 25" de Longitud Oeste y 20° 29' 42"- 20° 35' 40" de Latitud Norte, sistema de coordenadas: Cuba Sur y sistema de alturas: Siboney. (Figura 2.1)

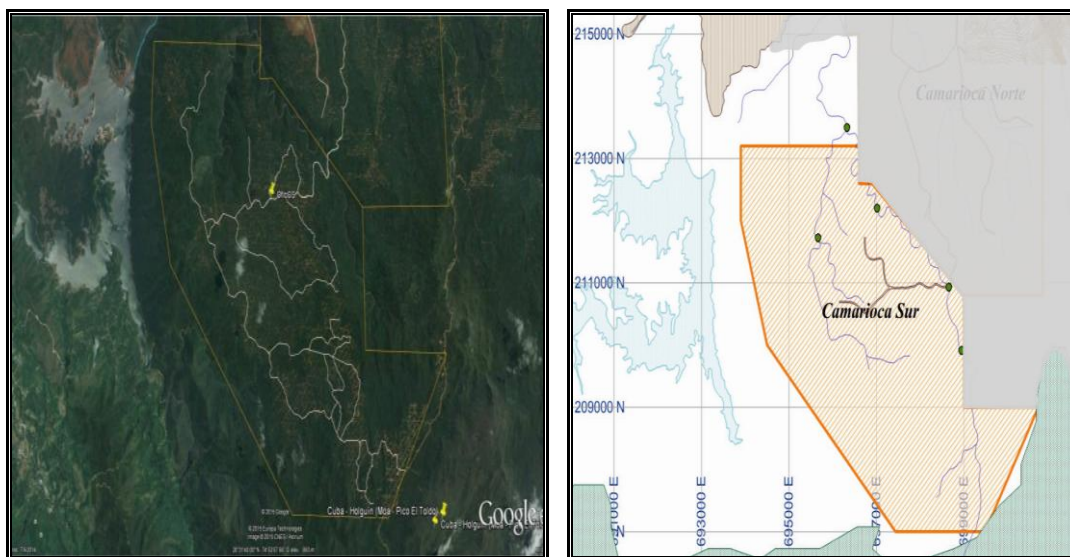


Figura 2.1. Ubicación del yacimiento Camarioca Sur, Municipio de Moa.

- **Principales características físico-geográficas**

La red hidrográfica de la concesión (Figura 2.2) se encuentra representada fundamentalmente por el Río de Primer orden Arroyón, que constituye el límite nororiental del yacimiento abarcando un área de 18,68km<sup>2</sup>, lo que representa un 65,90 % de toda el área del yacimiento. Dentro del área se manifiestan además afluentes del Río Moa.

A lo largo del cauce del río y sus afluentes las orillas son abruptas y erosionadas en la zona montañosa, mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas y en todos los casos son alimentados por las precipitaciones atmosféricas, teniendo como nacimiento las zonas montañosas del grupo Sagua – Baracoa.

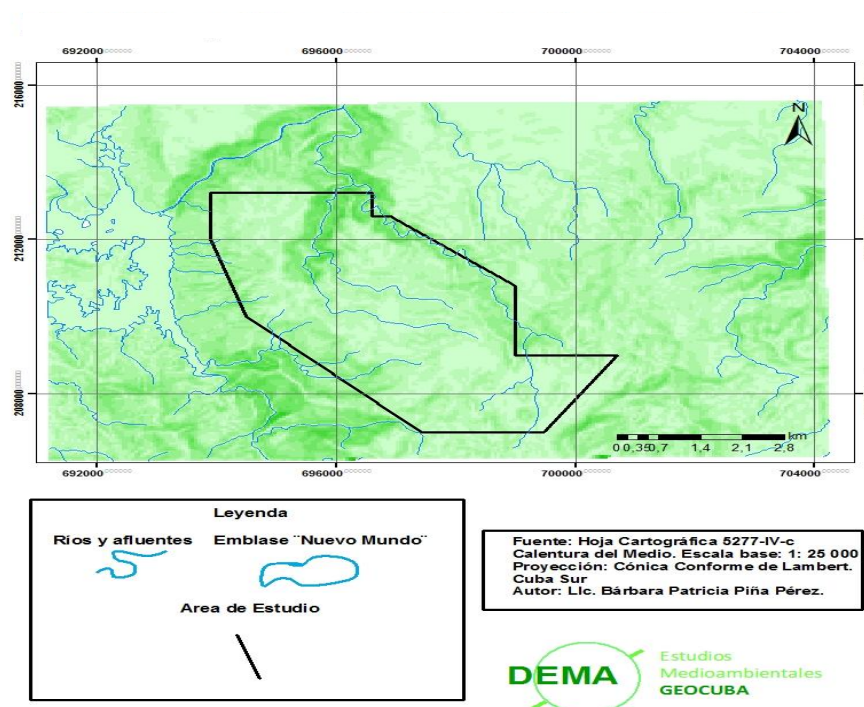


Figura 2.2. Red hidrográfica en Camarioca Sur Fuente: DEMA. GEOCUBA (2015)

- **Relieve**

La zona se caracteriza por presentar un relieve de montañas, las que se encuentran de forma continua hacia la parte sureste, predominando así las cimas aplanadas y vertientes abruptas hacia los cursos de aguas principales. Hacia la parte sur predominan las montañas bajas y premontañas de cimas aplanadas o ligeramente disecionadas.

El yacimiento Camarioca Sur se distingue por la inestabilidad e irregularidad del relieve, ya que en su morfología aparecen numerosos barrancos, escarpes y deslizamientos.

El paisaje de la región, se define por la combinación de la costa con las montañas boscosas, que ofrecen un panorama paradisíaco en su estado natural, lo que contrasta con las áreas donde se están realizando los trabajos mineros, que tienen

una superficie irregular de color marrón, que produce un impacto visual desagradable.

- **Geología**

En el área de estudio están presentes las rocas ultramáficas del basamento (harzburgitas) con una distribución del 76 %, con grado variable de serpentización, asociada principalmente a zonas de fracturas y cizalla. En menor porcentaje de representación aparecen serpentinitas, dunita lherzolitas, las que sugieren un origen mantélico de las litologías del basamento. (Fig. 2.3)

Además se observan rocas peridotíticas alteradas metamorfizadas como antigoritas y talcitas, predominando la talcización hacia la parte norte y la carbonatización hacia el sur. Estas litologías pueden tener influencia local en el desarrollo y composición de la corteza laterítica.

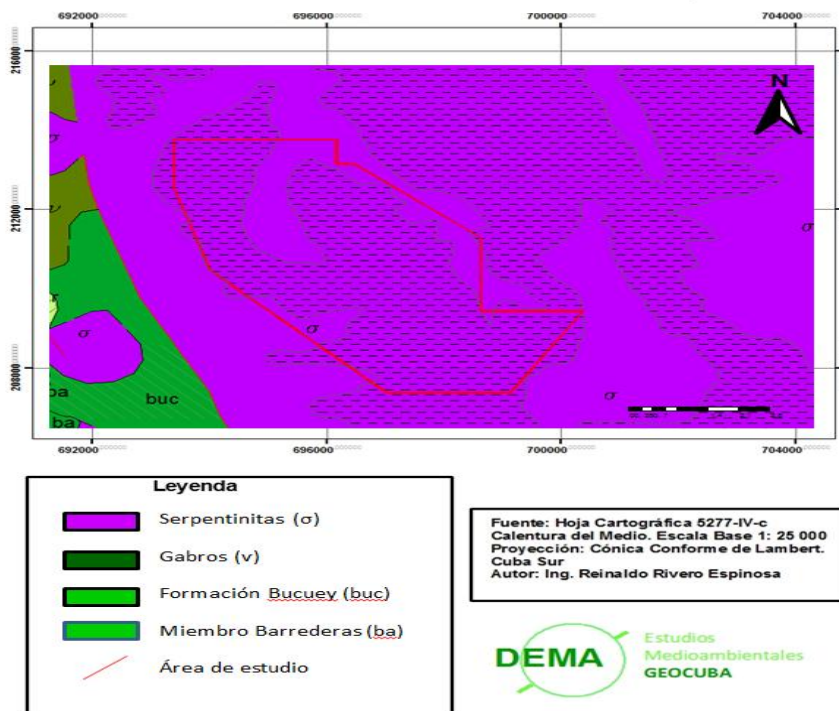


Figura 2.3. Mapa Geológico del yacimiento Camarioca Sur DEMA. GEOCUBA (2015)

- **Aguas terrestres superficiales y subterráneas**

Disponibilidad, manejo territorial del recurso y calidad del servicio a la población

En el marco del territorio de Moa se dispone de un servicio y abastecimiento de agua estable. No así la calidad disponible. Pese a la potabilización del líquido, este adolece del óptimo previsto por las Normas cubanas e internacionales. En el territorio se ha evidenciado un desarrollo minero metalúrgico considerable en los último 50 años debido a las grandes reservas ferroniquelíferas aquí localizadas, esto ha traído aparejado un incremento demográfico y una demanda superior cada vez de agua potable.

Partimos de la conceptualización de calidad del agua en función de sus características. El concepto de calidad general se refiere a la suma de la aptitud para los distintos usos. El agua natural está dada por características propias de su origen, que propician una composición física, química y bacteriológica determinada. Es así como se encuentra en los ríos y el subsuelo del territorio.

- **Drenaje naturales y artificiales**

El volumen de escurrimientos que generan las altas precipitaciones en Moa y las características físicas del sustrato coinciden en requerir un eficiente drenaje de la escorrentía, este drenaje será alterado, produciéndose cambios en la dirección e intensidad de los flujos de escurrimiento superficial por las transformaciones que recibirá la superficie terrígena, otras.

## **2.2 Descripción del proyecto de explotación (Figura 2.4)**

Se clasifica como explotación a cielo abierto mediante el uso de medios de transporte automotor. El método de explotación de las operaciones básicas es por medio de bancos múltiples con la exposición simultánea de varios frentes. El escombro y el mineral serán extraídos con retroexcavadoras y la transportación por medio camiones articulados de 40 y 50 toneladas de capacidad de carga, cuyo destino serán las escombreras para el escombro, el punto de alimentación de planta de pulpa y los depósitos para el mineral útil. Los trabajos auxiliares se realizarán con cargadores frontales, buldóceres, motoniveladoras y compactadores.

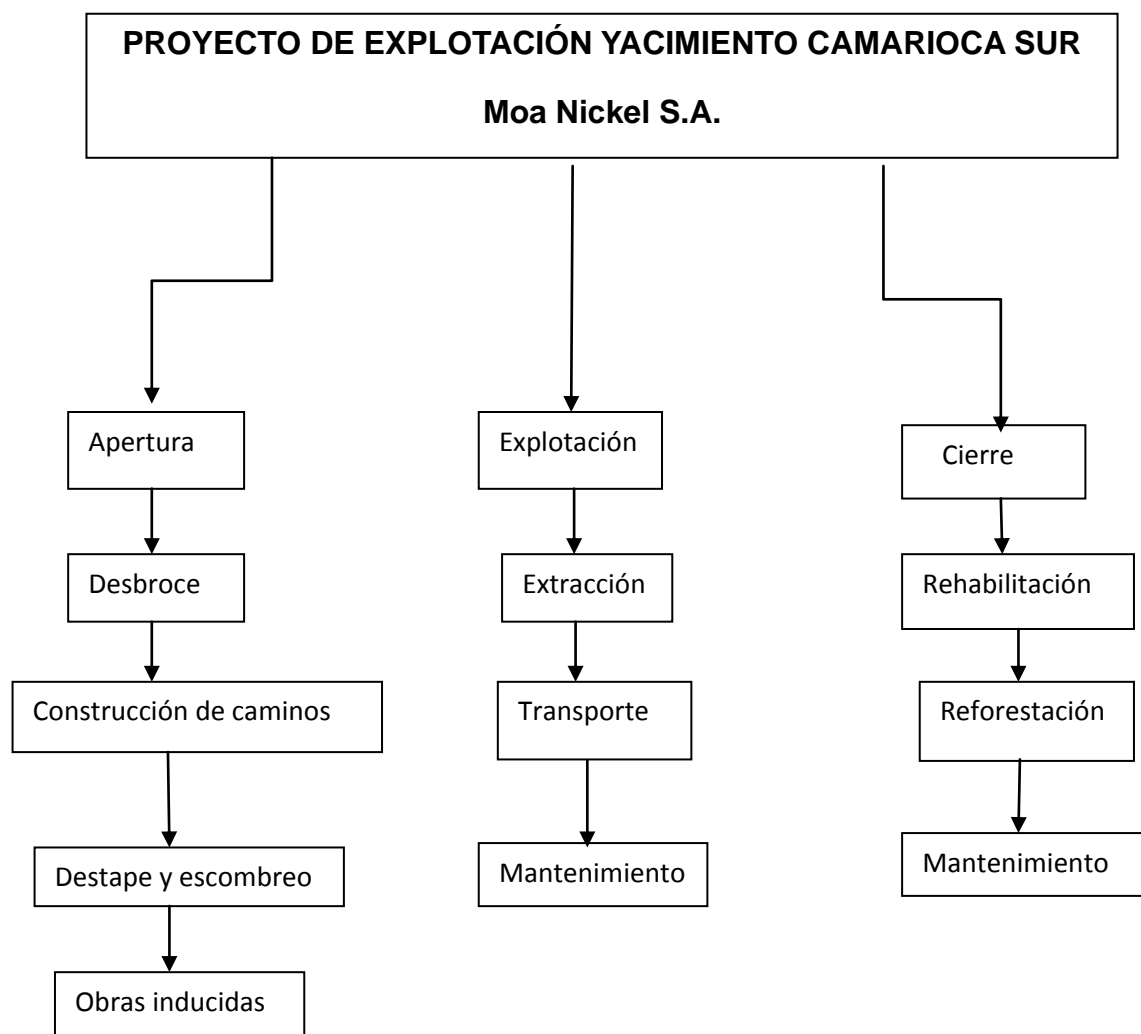


Figura 2.4. Descripción del proyecto de explotación

- **Apertura**

La apertura del campo de mina se entiende por el laboreo de las excavaciones mineras que permiten el acceso del transporte desde la superficie de la tierra, o desde la plazoleta industrial de la mina hasta el yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada hasta otro sector sin explotar y que garantice la preparación del frente de trabajo.

La selección de la zona de apertura siempre juega un papel preponderante, pues de ello depende el cumplimiento del cronograma de minería. Para realizar este trabajo, uno de los elementos más importantes a tener en cuenta, y además condicional, es que se continuará utilizando el transporte automotor, con camiones articulados de

gran porte de 40, 50 y 60 toneladas de capacidad. Otro aspecto a tener en cuenta es que se contara con las facilidades para el mantenimiento y oficinas de supervisores, las cuales estarán ubicadas en el yacimiento Moa Oriental colindante con Camarioca Norte y a su vez con Camarioca Sur. Se dispondrá del personal técnico y la fuerza laboral necesaria, para la operación de los equipos, los que coinciden con lo utilizados el año anterior a la apertura.

La zona de apertura será por el área ubicada en la parte noreste del yacimiento entre el río Arroyón por el este y uno de sus afluentes por el oeste, y a una distancia de 19 km hasta la Planta de Pulpa Vieja. Geológicamente se caracteriza por poseer alta sedimentación, buena calidad de Ni+Co y una relación escombro mineral muy baja. Su mineralización es continua y posee una potencia mineral superior a 5 metros como promedio.

La tala de árboles maderables es una tarea que se ejecutará por la Empresa Municipal Forestal previa coordinación con la Mina, y debe realizarse con suficiente antelación a la apertura del yacimiento o de una zona en particular. (Anexo 2)

- **Desbroce**

El Desbroce de la capa vegetal con espesor de 25 a 40 cm conjuntamente con los arbustos pequeños se retirará con buldócer y se amontonará en los perímetros del área minera para utilizarse posteriormente en la rehabilitación de las escombreras. Para realizar esta tarea se destina un buldócer de la actividad de Escombreo.

- **Construcción de caminos**

En todas las actividades a ejecutar, es el camino el que garantiza el cumplimiento del plan o cronograma de producción de la mina. Los caminos se han diseñado en correspondencia a las características del equipamiento a utilizar y de las condiciones propias del terreno.

Los caminos mineros principales se planificaron para el tiro de mineral desde los frentes de minería hasta el enlace con la red de caminos existentes que llegan hasta la Planta de Pulpa. La red de caminos secundarios se planificó para enlazar el frente



con los caminos principales, y para la transportación del escombros a las escombreras.

Para garantizar la calidad y seguridad de los caminos, los parámetros fundamentales de diseño que se consideraron son: ancho e inclinación, superficie de rodamiento, control de las aguas con adecuados drenajes y alcantarillas. Las características y dimensiones de los caminos principales para el transporte de mineral fueron: doble vía y ancho máximo de 18 m (sumando los paseos) y 25 m sumando la cuneta y berma de seguridad, pendiente máxima de 8 % y recubrimiento con escombros o serpentina si son caminos principales o secundarios no ubicados sobre la minería.

Similar dimensión se utilizará para la construcción de rampas en los frentes que sea necesario. Los caminos hacia las escombreras serán de 12 m de ancho y dos vías, con pendientes no mayores de 8 %; su construcción será similar a los de tiro de mineral.

Para la realización del cálculo estructural de los caminos se utilizó la metodología propuesta por Knigh Piesold y la Normas Cubana NC-334/04 y NC-196-1/04. Para el cálculo de las alcantarillas se utilizaron las metodologías que existen al respecto.

En general el revestimiento de los caminos tendrá un espesor de 500 mm cuando se construya sobre material estéril y 700 mm cuando se construya sobre el mineral.

Las obras de fábrica se construirán en función del gasto que deben evacuar estas para la máxima crecida. Para el caso del río Arroyón se construirá una alcantarilla abovedada, con sección de 2.0 m similar a la del río Jicotea en el yacimiento Moa Oriental.

A partir de las condiciones reales de explotación minera a enfrentar y las características antes señaladas se tendrán en cuenta las premisas de diseño siguientes: Uso de camiones articulados Volvo A40D y A40E con capacidad de carga de 37 y 39 t, respectivamente, talud de excavación de 1H:1V, talud de terraplén de 1.3H:1V, construir bermas de protección de 4 m de altura en los caminos en terraplén, con salidas para las aguas pluviales en varios puntos, radio mínimo de giro de 30 m, compactar los materiales de relleno con máxima densidad de compactación

y construir las cunetas para el drenaje con sección transversal trapezoidal, talud 1H:1V y profundidad de hasta 1.5 m.

Se construirá un camino principal de acceso a Camarioca Sur que enlazara este yacimiento con la Planta de pulpa y el resto de los yacimientos en operación. Este camino comunica directamente el Área-25 de Camarioca Norte con el Area-4 de Camarioca Sur. Se planifica iniciar su construcción a partir del año 2016. (Figura 2.5)

El camino principal de Camarioca Sur se proyecta construirlo reuniendo como requisito principal el cumplimiento de todos los parámetros de diseño preestablecidos. Su longitud total es de 6.3 km.

En ninguno de sus tramos la pendiente supera los 10 %. Se prevé la construcción de 2 obras de fábrica de envergadura y un volumen total de movimiento de tierra de 286 mil m<sup>3</sup> de corte y relleno.

Para la apertura del yacimiento se requerirá solamente de la construcción de un ramal de acceso desde el camino principal hasta el punto para la apertura. Este camino secundario se construirá bordeando las curvas de nivel y pasando de un nivel a otro sin exceder los 10 % de pendiente para que los trabajos de corte y relleno sean mínimos. Su construcción consistirá en conformar la superficie natural del terreno con un buldócer. Este ramal tendrá una longitud de 700 metros y 9 600 m<sup>3</sup> de corte y relleno con el objetivo de que la excavadora y los camiones accedan al punto de apertura e inicien la preparación del área con la construcción de una trinchera. El mismo sirve de acceso a la minería del sector sur por la elevación más alta.

El segundo camino secundario tendrá como función acceder al sector noroeste del área para su explotación minera. Tiene una longitud de 940 metros, lleva una obra de fábrica pequeña y un volumen de trabajo de 19 500 m<sup>3</sup> de excavación y relleno.

Los caminos secundarios y camino principal serán construidos por la Brigada de Caminos de la propia empresa Cmdt. Pedro Sotto Alba en un proyecto capital. Estas obras se planifican que queden construidas al finalizar el 1er trimestre de 2017.



La trinchera de apertura se iniciará por el punto más alto de Área-6 (Cota 663) que permitirá la preparación del yacimiento e inicio de la primera minería con la construcción del primer banco. La excavadora se ubicara al final del ramal, el camión arribará y se posicionará detrás de la excavadora donde se realiza la primera excavación y el camión saldrá por el ramal de acceso. En este primer paso se realiza la carga en el mismo nivel de la excavadora, donde la misma tendrá que hacer un giro de 180°. Se continuará la excavación en forma de abanico y en retroceso hasta que el camión pueda acceder al nivel inferior cota 660 para realizar la carga en 90°.

En esta etapa se construirán las primeras obras de protección ambiental. Los diques de retención de sedimentos que se requieren en la zona donde se realizará la primera explotación minera. También se construirán los canales perimetrales para el desvío de las aguas pluviales hacia los diques.

La labor de escombreo consiste en remover el mineral pobre en níquel que generalmente está presente en la zona superior del yacimiento, se considera terminada cuando se llega a la cota del techo mineral. En las minas de Moa Nickel S.A. esta operación se ejecuta con el método de explotación por bancos utilizando retroexcavadoras, y camiones articulados en la transportación. En el apoyo a la actividad se emplean buldóceres que se encargan de sostener el buen estado de los frentes y la conformación de las escombreras. En el escombreo por lo general se planifica el adelanto de reservas destapadas, que en este caso es de tres meses como mínimo.

El contacto escombro-mineral se define a través del modelo de bloques de 8 x 8 x 3 m, el que permite cuantificar e identificar los bloques que son de escombro y los de minerales. Para efectuar esta operación minera se replantean todos los bloques con estacas en cada esquina de los mismos, indicando con una cinta roja los bloques de escombro.

No se requiere de perfiles, pero en ocasiones se utilizan para, sobre la base de ellos conocer cómo van quedando conformados los bancos y llevar un mejor control de la explotación. Tanto el plano de bloques como los perfiles, se obtienen de forma automatizada y son actualizados diariamente mediante programas profesionales creados para este fin, como el SIM (Sistema Integral Minero), Surpac y Surfer.

El diseño y construcción de escombreras está basado en recomendaciones hechas por la firma de ingeniería y consultoría Knight Piésold, ajustados a las condiciones propias. Los parámetros fundamentales de diseño son los siguientes: Altura de banco o capa de 3 m, talud con pendiente 2:1 y bermas de 4 m entre el borde superior de cada capa y el pie de la capa superior, con un talud final de 1:3 y con una pendiente hacia el interior de 0.2 %.

El escombreo se realizara conforme al sistema de explotación descrito anteriormente, utilizando retroexcavadoras hidráulicas como equipo de carga y camiones articulados para la transportación. En el apoyo a la actividad se emplearan buldóceres que se encargan de mantener el buen estado de los frentes y la conformación de las escombreras.

El escombreo es una dependencia propia del programa de producción, por lo que se inicia y se desarrolla por las zonas indicadas para la extracción del mineral planificado. Como requerimiento fundamental de esta actividad se tiene el control geológico estricto, llevado a cabo por los geólogos de campo y los planificadores de corto plazo. Se utilizan planos de banco donde se indica qué material puede ser separado como escombro y cual no, evitando así las pérdidas y dilución del mineral.

La construcción de escombreras es la segunda labor más importante de la actividad de escombreo, donde se trabaja fundamentalmente con escombro removido de la superficie para destapar el mineral. Las escombreras se conformarán en espacios minados, en casos excepcionales se pueden construir escombreras temporales o de doble remoción. En este caso, el primer escombro de Camarioca Sur se prevé depositar en espacios minados del yacimiento Camarioca Norte, en zonas aledañas a la zona de apertura. Su conformación debe cumplir con los siguientes parámetros constructivos.

- Escalones de 3 m de altura en toda su extensión.
- Taludes con relación 1V:2H (en casos que se definen operativamente la relación puede llegar a ser de 1V:3H).
- Escalones con berma de 4 m (o más para las Interiores).
- Bermas con pendiente transversal de 2 % hacia el pie del escalón superior.

Las bermas también llevan pendiente longitudinal invertida de 5 % para garantizar el escurrimiento de todas las aguas pluviales.

El yacimiento Camarioca Sur se caracteriza por tener muy poco volumen de escombro, por lo que la conformación de grandes escombreras será muy limitada, la mayor parte de este material se utilizará para recubrir las áreas minadas y proceder a la reforestación.

- **Explotación**

- Extracción del mineral

La extracción consiste en extraer el mineral para su posterior transportación a la planta de pulpa o a los depósitos. La operación de extracción se realizará empleando el método de explotación por bancos múltiples por la horizontal. El objetivo fundamental de la actividad es garantizar un suministro de mineral estable a la planta de proceso y para ello se utilizarán retroexcavadoras marca Liebherr R-984 y R-964 en los frentes de minería, y en el apoyo a la minería desde los depósitos cargadores frontales marca Komatsu WA-600 y WA-700, de forma auxiliar se utilizarán buldóceres que se encargarán de preparar las plataformas de carga de todos los frentes de trabajo.

La extracción se realizará atendiendo a un Plan de Minería que permite un adecuado manejo de las áreas ya explotadas y su cierre con la consecuente rehabilitación, mientras otro frente se abre y explota.

Los bancos en el yacimiento Camarioca Sur serán de 2 metros de altura, la carga de los camiones con la retroexcavadora se realizará ubicando la retro en el nivel superior, los camiones se ubicarán en el nivel inferior en una posición tal que el radio de giro de la retro con respecto al punto de extracción sea de retro 85 a 90°.

En periodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se puede realizar a nivel de plataforma, lo cual puede ser con el camión ubicado detrás de la excavadora a 180° del punto de carga. Cuando la carga se realiza desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma de trabajo es de 12 m, cuando la carga se realiza al mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar—el ancho mínimo es de 16 m.

La carga de los camiones con la retroexcavadoras se realizará al nivel inferior con un talud de explotación de 85° a 90° con respecto al punto de extracción, lo que permitirá una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo de ambos equipos y su operación se hará menos compleja.

Mediante la utilización del método de explotación por bancos la retroexcavadora ofrece muchas ventajas, la más significativa es la de poder moverse fácilmente y sin muchos requerimientos, lo cual permite que se trabaje simultáneamente en varios frentes expuestos.

- Transporte

Para la operación de transporte se utilizarán camiones articulados marca Volvo A40D. Su función es transportar todo el mineral hacia la planta de pulpa o a los depósitos de mineral. Esto posee una repercusión económica significativa, ya que su costo de operación puede ser de hasta el 25 % del costo total de las operaciones básicas.

- **Rehabilitación minera**

La consideración de los criterios del desarrollo sostenible, en la explotación a cielo abierto, supone que estas han de concebirse, desde el proceso de diseño, como una serie de fases integradas al proceso productivo de la mina, donde se conjuguen las labores extractivas con el respeto al medio ambiente.

En este sentido la rehabilitación minera es un elemento importante para contrarrestar los impactos negativos de la actividad extractiva y las implicaciones socioeconómicas que se desprenden del deterioro ambiental.

Durante las labores de apertura de los diferentes frentes de trabajo, se considerarán las labores de rehabilitación, manteniendo las distancias necesarias, estableciendo las bermas en los límites de las aéreas ya sean de carácter temporal o permanente.

La actividad minera crea alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio en que se desarrollan estas operaciones.

En la actualidad en la Empresa Moa Nickel S.A. se prevén y ejecutan programas de rehabilitación que se aplican por etapas durante los cierres definitivos-parciales de la minería.

En el yacimiento Camarioca Sur se prevé el cierre paulatino y definitivo sobre la base de la secuencia de explotación escalonada en años.

La ejecución de los proyectos de rehabilitación contempla dos etapas:

- Rehabilitación técnica
- Rehabilitación biológica

Rehabilitación técnica. Para la ejecución de la preparación técnica del terreno (conformación de escombreras) se parte del estudio de las características del material estéril, así como los factores climatológicos y ambientales para lograr una mayor eficiencia en los resultados que se obtengan

Se utilizan diferentes métodos, entre las cuales se encuentran:

- La modelación y conformación del terreno: para terrenos de escasa pendiente.
- La conformación de terrazas: para depósitos con pendientes mayores del 15 %.

Modelación del terreno. La modelación del terreno consiste en unificar la superficie irregular con el empleo de buldóceres, vertiendo el material serpentinitico que se encuentra en las escombreras, en las depresiones que exista. Las áreas minadas deben acondicionarse para la deposición de los materiales de forma adecuada cumpliendo con los requerimientos constructivos y de seguridad preestablecidos en los proyectos de estas obras, se debe tener en cuenta la necesidad de depositar una capa mínima de material de relleno, con el objetivo de asegurar el futuro establecimiento de la plantas.

Se trazan caminos secundarios (cada 50 m) con el objetivo de tener acceso a la zona y poder regar con facilidad el área después de plantada.

Se puede realizar de dos maneras diferentes en dependencia del grado de afectación de la superficie del terreno: conformación del terreno y modelación de taludes.

La conformación del terreno se aplicará cuando el terreno presente pocos desniveles en su superficie, lo que permitirá preparar el terreno con menos movimientos de material teniendo en cuenta que la pendiente promedio del área no supere la velocidad crítica de la erosión.

Finalmente se subsolará el material con el objetivo de que al remover los horizontes se disminuya la densidad que produce la compactación provocada por el movimiento de los equipos, favoreciendo así el enraizamiento de las plantas y aumente el movimiento del aire y del agua dentro del suelo.

La modelación de taludes, por su parte, se utilizará cuando los taludes posean fuertes pendientes que dificulten los trabajos de adecuación del terreno para acoger la vegetación prevista. Para superar este inconveniente se remodelará el terreno.

Este método prevé el movimiento de tierras para disminuir el grado de pendiente y lograr superficies con pendientes favorables a posibles tratamientos futuros.

Conformación de terrazas. Las terrazas se realizarán en las cotas más altas de la zona (pendientes entre 15 y 75%) con el doble objetivo de evitar la erosión y convertirla en un área productiva, haciendo variable su corte o talud. La plataforma tiene una inclinación hacia el talud del 5 %, para formar un canal colector de las aguas de escurrimiento que corran longitudinalmente a lo largo del mismo, con pendiente longitudinal del 2%. Se prevén plataformas de un ancho de 5 m para que tenga buena maniobrabilidad el equipo y una eficaz revegetación.

Para la realización de esta etapa se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Terrazas con pendientes contra el talud.
- Bermas perimetrales en las plataformas de las escombreras.
- Construcción de espejos de agua (depósitos de agua) en las plataformas de las escombreras y en el interior de las plantaciones.
- Establecimiento de coberturas de pastos en los taludes y en áreas con pendientes de moderadas a abruptas.
- Construcción de barreras vivas e inertes.
- Construcción de canales de desviación en las zonas susceptibles de desencadenar procesos erosivos significativos.
- Corte y perfilado de terrazas.
- Construcción de trincheras de acceso.
- Subsulado de las terrazas.

La construcción de las terrazas ofrece las siguientes bondades:

- a) Representan una vía de fácil acceso.



- b) Superficie plana sobre la cual pueden realizarse las labores de plantación.
- c) Controla la erosión.
- d) Regula el escurrimiento superficial a través de la siguiente forma:
  - Se crean balsas de decantación de los sedimentos más finos, favoreciendo la infiltración de las aguas en esas áreas.
  - Cañadas naturales actuarán como colectoras del agua drenada por las terrazas, incrementando su volumen en la medida en que desciende en altura, tal como lo hacía antes pero ahora regulando el movimiento del agua en la ladera.

Al tener en cuenta estos trabajos de preparación del terreno se logran los siguientes objetivos:

- Proporcionar un buen drenaje.
- Descompactar el medio donde se instaurará la vegetación para permitir un correcto desarrollo del enraizamiento.
- Integrar la morfología del terreno en el paisaje circundante.

Rehabilitación Biológica. Es el conjunto de labores que garantizan la plantación del área.

En esta etapa se cumplen una serie de pasos a seguir para lograr el objetivo propuesto:

- Se realiza un estudio de suelo, para definir las mejoras edáficas que requiere el mismo, se define la presencia o ausencia de nutrientes esenciales para la vida de las futuras especies a plantar y el tipo de fertilizante a aplicar en estos casos.
- Selección de las especies a plantar: considerando las características del suelo y el entorno donde se realizará la plantación se considerará además la resistencia de las plantas a los ataques de los insectos y la adaptación a los cambios, entre otras. Se utilizarán especies recogidas en las licencias ambientales emitidas por el CICA.



- Se realiza un control de la calidad de las posturas a plantar, con respecto al tamaño, vigorosidad, humedad, etc.

- **Trabajos complementarios**

Teniendo en cuenta las características adversas de los terrenos heredados de la extracción minera, con respecto a la baja disponibilidad de nutrientes que poseen, así como los niveles de compactación a que son sometidos por la manipulación de los mismos por parte de la maquinaria pesada, se establecen las siguientes etapas de trabajo con el objetivo de garantizar el éxito de la rehabilitación biológica, las cuales son:

- Trabajos de conservación de suelos. Consisten en la ejecución de un conjunto de labores que aseguran el control de la escorrentía superficial, así como mejoran las características edáficas de los suelos (establecimiento de coberturas de pastos, construcción de barreras vivas e inertes, corrección de cárcavas y siembra de árboles). Estos trabajos garantizan el tratamiento integral de las áreas plantadas, recibiendo todos los servicios que requieren las mismas para el establecimiento eficiente de las plantas. Este método se aplicara fundamentalmente en las áreas ocupadas por las escombreras para garantizar un control más eficiente de la acción de la erosión sobre estas obras.
- Labores de mantenimiento a las plantaciones. Estos trabajos se realizan con el objetivo de garantizar el adecuado crecimiento de las plantas, para ello se realizan intervenciones en las áreas para la aplicación de materia orgánica y tierra vegetal, poda de las plantas, remoción del suelo para su descompactación, reposición de fallas, reparación de las obras de control de la erosión (barreras inertes, vivas, etc.).

- **Seguimiento y control**

Luego de realizar las labores relacionadas con la preparación técnica del terreno y las plantaciones se impone durante cierto tiempo un proceso de seguimiento, ya que no se ha concluido la restauración hasta que los procesos erosivos estén controlados y se haya comenzado a regenerar la flora y la fauna.

Por todo lo anterior se realizan las labores de monitoreo sobre el comportamiento de las medidas tomadas y a partir de los resultados ir perfeccionando los proyectos futuros.

Programa de Control de Sedimentos y Erosión. Para cumplir con los estándares internacionales relacionados con el medio ambiente, la empresa ha implementado un plan de medidas para disminuir los daños causados por la erosión de los suelos durante la ejecución de la minería. Como parte de las mejoras medioambientales, se está aplicando un Programa de Control de Erosión y Sedimentación (PCES) en todos sus yacimientos en explotación.

### **2.3 Caracterización de la cuenca del río Arroyón**

- **Aguas terrestres superficiales y subterráneas**

La principal fuente de alimentación de las aguas subterráneas es la infiltración de las aguas de precipitaciones atmosférica en zonas donde las rocas agrietadas afloran a la superficie del terreno o yacen bajo la cubierta de ocre inestructurales.

La segunda fuente de alimentación es la infiltración desde los arroyos existentes dentro del yacimiento, principalmente en los períodos de lluvia.

Los grandes descensos de los niveles del agua en el yacimiento se deben principalmente al relieve y la geología presente en el territorio, representados por elevaciones con depresiones intercaladas entre ellas.

En las rocas acuíferas y principalmente en peridotitas se observaron cavernas con ancho de varias decenas de centímetros y alturas de más de un metro. Estas están ubicadas principalmente en el talud de la margen derecha de un afluente del río Arroyón.

Dentro del área del yacimiento Camarioca Sur solo recibe una incidencia directa el río Arroyón, afluente del Moa. Éste río también recoge los sólidos generados por la actividad minera a través del río Calentura que corre al suroeste de la concesión. Tanto Arroyón como Calentura vierten sus aguas al Moa y éste último directamente a la Presa Nuevo Mundo, a donde irán los drenajes naturales de todo el oeste de la concesión.

Los parámetros a evaluar son:

- Características físico geográficas de las cuencas colectoras.
- Características climáticas.

Se debe aclarar que no existen estaciones pluviométricas que caractericen el régimen de escurrimiento. Por tanto, las características de las estaciones pluviométricas más próximas al Yacimiento “Camarioca Sur” y que puede ser empleada en las investigaciones se detalla en la tabla 2.1.

Para realizar este trabajo, se contó con el “Nuevo estudio de la pluvialidad en Cuba. Mapas por períodos estandarizados”, elaborados por especialistas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) además de las hojas cartográficas en formato digital correspondiente a las escalas 1: 10 000 y 1: 50 000 del municipio Moa.

### **Características físico – geográficas de la cuenca colectora**

La cuenca colectora del curso de agua conocido como río Arroyón se localiza en la vertiente norte de las Cuchillas de Moa, perteneciente a la Unidad de Relieve Nipe – Zagua – Baracoa. Ella limita al norte con las cuencas de los cursos de agua Revuelta de los Chinos y Yagrumaje, al sur con la cuenca del río Jaguaní, al este con la cuenca del río Cayo Guam y al oeste con el embalse Nuevo Mundo y el río Moa.

Dicha cuenca tiene una forma largada y estrecha, con una red de drenaje bien desarrollada. Su relieve es bastante abrupto con pendientes considerables y con características de zona montañosa; su pendiente media hasta el cierre C-1 es de 333‰ y su altura con respecto al nivel medio del mar es igual 720 m.

El río Arroyón es de 1er orden, afluente derecho del río Moa y su desembocadura a éste lo realiza a unos 4,30 km aguas abajo del cierre de la presa Nuevo Mundo, constituye el límite nororiental del yacimiento, se extiende de sur a norte y abarca un área de 18,681 km<sup>2</sup>, lo que representa un 65,90 % de toda el área del yacimiento. Este río mantiene escurrimiento estable durante todo el año, con caudales superiores a los 300 l/s. y en periodos de avenidas provocadas por las lluvias supera los 3 000 l/s, deprimiéndose solo en el período de estiaje. (Anexo 4)

Tabla 2.1. Estaciones pluviométricas cercanas al yacimiento Camarioca Sur. Fuente. GEOCUBA (2015).

Estación	Nombre	Coordenadas		Año de inicio	Años observados	Altura msnm
		N	E			
Estaciones pluviométricas						
1000	Vista Alegre	216 700	694 300	1962	50	300
1303	Calentura	208 800	693 000	1954	56	245
1696	Derivadora Moa	218 800	698 000	1987	25	24
Estaciones hidrométricas						
Río Jaguaní - Arroyo Prieto		200 000	713 300	1966	30	600
Río Moa - El Cañón		218 200	697 200	1962	15	90

El nacimiento se localiza cerca del Alto de la Calinga a una altura aproximada de 955 msnm. El desplazamiento de su corriente es rápido y su dirección la realiza de Sur a Norte. Su cauce está bien definido y tiene forma de V (tipo cañón) y sus márgenes son abruptas; en él se encuentran acumulaciones de arenas, gravas, cantos rodados y guijarros.

En general en la cuenca predominan los suelos ferríticos púrpura típicos seguido de los pardos sin carbonato típicos. Existen además fersialíticos amarillento lixiviados, ferralíticos rojo típicos y suelos poco evolucionados esqueléticos naturales en las zonas más altas.

Tabla 2.2. Parámetros físico- geográficos de la cuenca del río Arroyón. Fuente GEOCUBA (2015).

Río	Cierre	Coordenadas		Ac	Hm	Yc	Lr	Yr	Lc	Dd
		X	Y	km <sup>2</sup>	msnm	‰	km	‰	m	Km/km <sup>2</sup>
Arroyón	C-1	696320.45	213501.34	24,77	720	333	10,80	77,04	531	1,01
Arroyón	C-2	697011.57	212204.68	13,86	834	316	8,14	72,23	662	0,84
Arroyón	C-3	698650.50	210934.34	11,26	897	298	5,17	75,12	721	0,77
Arroyón	C-4	698940.12	209910.41	9,30	928	287	3,99	77,73	688	0,81
s/n	C-5	695662.25	211732.07	6,32	676	252	5,18	96,21	369	1,50

Dónde:

Ac - Área de la cuenca receptora.

Hm - Altura media de la cuenca receptora.

Yc - Pendiente media de la cuenca receptora.

Lr - Longitud de la corriente de agua.

Yr - Pendiente de la corriente de agua.

Lc - Longitud media de las laderas.

Dd - Densidad de drenaje.

El plano de localización geográfica de las cuencas colectoras que se forman hasta los diferentes cierres o puntos seleccionados se detalla en la figura 2.6 a escala 1: 50 000.

La vegetación predominante en la zona es de bosque tropical pluvial sub montano, observándose además cultivos agrícolas con focos de pasto y vegetación secundaria, complejo de vegetación de mogotes y pinares.

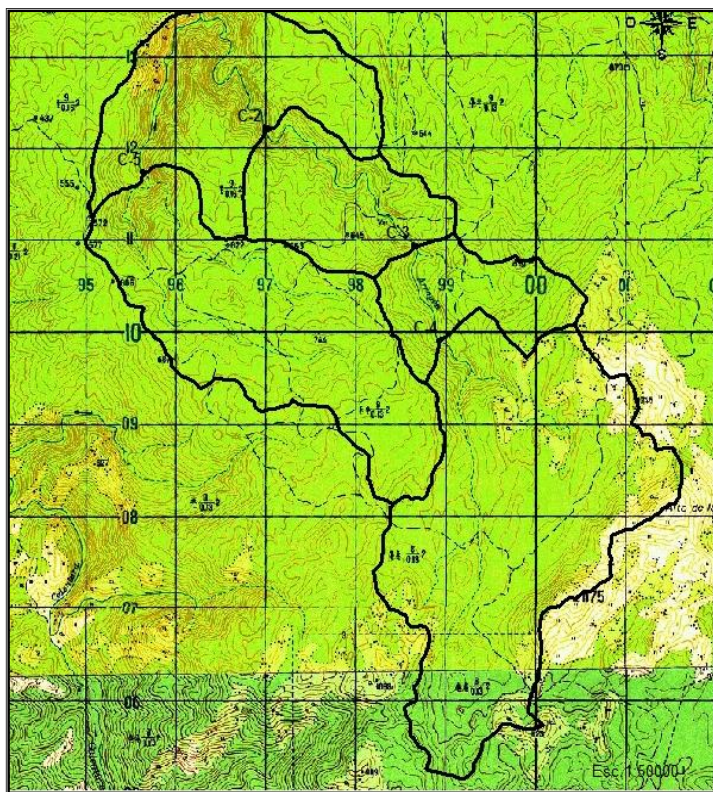


Figura 2.6. Esquema de localización geográfica de las cuencas colectoras.

La vegetación predominante en la zona es de bosque tropical pluvial sub montano, observándose además cultivos agrícolas con focos de pasto y vegetación secundaria, complejo de vegetación de mogotes y pinares.

Los parámetros físico geográficos de las cuencas y de los cursos de agua característicos hasta cada uno de los cierres o puntos seleccionados se determinaron mediante la utilización una base cartográfica de escala 1:10 000 en formato digital y el uso de los software AutoCad 2010 y MapInfo v. 9.0 y se ofrecen en la tabla anterior. (Tabla 2.2)

- **Características hidrometeorológicas**

- Precipitaciones.

Las mayor cantidad precipitaciones en las provincias orientales de Cuba, al igual que para todo el territorio nacional, caen en forma de lluvias torrenciales,

predominantemente de orígenes ciclónicos y convectivos. Estas ocurren a consecuencia de la elevación del aire sobre los macizos montañosos.

Las más intensas tienen lugar durante el paso de los ciclones tropicales que coinciden con el período de junio a noviembre. Estos abarcan territorios relativamente pequeños (sus diámetros oscilan generalmente entre los 600 y 800 km), se caracterizan por ser acompañados por vientos y lluvias torrenciales muy fuertes.

La caída de abundantes lluvias en el período de mayo a noviembre está relacionada también con la influencia de la zona ecuatorial de baja presión (depresión ecuatorial) que se produce al retirarse el anticiclón del Atlántico Norte.

En el período comprendido entre los meses de diciembre a abril, predominantemente, caen lluvias ocasionadas por la llegada de frentes fríos del Norte. Estos pueden durar de dos a tres días, los que se identifican por tener poca intensidad y cantidad de lluvias.

- Precipitaciones medias hiperanuales

La estación pluviométrica que se identifica con el número de control 1303 “Calentura” se localiza a unos tres kilómetros por la parte izquierda de la línea divisoria de la cuenca objeto de estudio, a una altura aproximada de 245 msnm. De la misma solo se dispone de observaciones sobre las precipitaciones mensuales desde el año 1954 hasta el 2010. Se precisa que la misma solo puede caracterizar la parte baja de la cuenca.

- Distribución interanual de las precipitaciones

Para la distribución interanual de las precipitaciones se tomó como base la distribución típica obtenida para la región en el trabajo “Nuevo estudio de la pluvialidad en Cuba. Mapas por periodos estandarizados”. Ella se detalla en la tabla 2.3. La distribución interanual expresada en milímetros y para las diferentes probabilidades se brinda en la tabla 2.4.



Tabla 2.3. Resultados obtenidos en los cierre del rio Arroyón. Fuente: Geocuba (2015)

Río	Cierre	P <sub>0</sub>	C <sub>v</sub>	Probabilidad	
				75%	95%
Arroyón	C-1	3 624	0,19	3 135	2 577
Arroyón	C-2	4 050	0,18	3 536	2 936
Arroyón	C-3	4 201	0,17	3 697	3 109
Arroyón	C-4	4 253	0,17	3 743	3 147
Arroyón	C-5	3 240	0,19	2 803	2 304

Dónde:

P<sub>0</sub>: Lluvias promedio hiperanual, en mm;

C<sub>v</sub>: Coeficiente de variación.

Tabla 2.4. Distribución típica de las precipitaciones para el área de estudio, %. Fuente: GEOCUBA (2015).

Acuosidad	MESES												Anual
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	
p=Media	10,9	6,6	5,5	6,8	8,0	11,3	14,0	9,7	8,1	6,3	6,1	6,7	100
p=75%	10,5	7,8	6,8	7,8	8,2	12,5	13,6	9,9	8,3	7,2	3,9	3,5	100
p=95%	9,9	7,6	7,4	8,3	8,2	13,1	13,4	8,8	8,4	7,7	3,9	3,3	100



Se aprecia para la zona de estudio, el periodo húmedo o lluvioso inicia en mayo y se prolonga hasta noviembre, el seco o poco lluvioso comienza en diciembre y termina en abril.

En la Tabla 2.4 se muestran que para una probabilidad media de ocurrencia, en el período húmedo se encuentra el 63,1 % de las precipitaciones anuales, por lo que noviembre es el mayor cantidad de precipitaciones, con 14 % del total anual; mientras que en el seco se encuentra el 36,9 %, por lo que su mes más seco es marzo, con sólo el 6,1 % del total anual.

Para una probabilidad de ocurrencia muy seca ( $p = 95 \%$ ), el período húmedo se encuentra al 67,9 % del total anual, manifestándose noviembre como el de mayor cantidad de precipitaciones registradas, con un 13,4 % del total anual, mientras que en el seco se registra el 32,1 % y el mes más seco es abril, con un 3,3 % del total anual.

- Precipitaciones máximas diarias

Los máximos diarios de precipitaciones en todo el territorio están relacionados generalmente con frentes, bajas u hondonadas, que se hacen estacionarios al Norte del municipio Moa, debido a la gran barrera orográfica de las Cuchillas de Moa. Por otra parte, como muestran las observaciones y en concordancia con lo expuesto, estas no se caracterizan por valores de un día extraordinariamente altos, sino por una sucesión de valores máximos más moderados.

Todo lo anterior no excluye la posibilidad de ocurrencia de precipitaciones máximas diarias de origen ciclónico muy altas, pero las mismas tienen en la zona una probabilidad de ocurrencia menor del uno por ciento (1%).

Las precipitaciones máximas diarias para diferentes probabilidades de ocurrencia que pueden ocurrir en el área de estudio (yacimiento Camarioca Sur) se calcularon mediante el uso de la serie observada de la misma en 24 horas en la estación pluviométrica con el número de control 1 000 “Vista Alegre” ya que es la más cercana a dicha cuenca objeto de estudio. (Tabla 2.5)

Según los resultados obtenidos, se considera que los parámetros estadísticos de las precipitaciones máximas para la cuenca colectora formada hasta el cierre C-1, deben ser caracterizados mediante el uso de la curva de probabilidades GEV (Valores Extremos Generalizados), por cuanto muestra los mejores resultados en cuanto a los errores. Además, dicho software AFM comprueba la veracidad de los resultados a través de las bondades de ajustes de Kolmogoroff y Chi cuadrado. Ellos se muestran en la tabla 2.6 y están en correspondencia con el mapa de precipitaciones máximas elaborado para el trabajo “Prevención hidrológica en la presa Moa” (GEOCUBA, 2015).

Tabla 2.5. Distribución interanual de las precipitaciones, mm. Fuente. GEOCUBA (2015)

Acuosidad	MESES												Anual
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	
Río Arroyón. Cierre C-1													
p=Media	395	239	199	246	290	410	507	352	294	228	221	243	3624
p=75%	329	245	213	245	257	392	426	310	260	226	122	110	3135
p=95%	255	196	191	214	211	338	345	227	216	198	101	85	2577
Río Arroyón. Cierre C-2													
p=Media	441	267	223	275	324	458	567	393	328	255	247	271	4050
p=75%	371	276	240	276	290	442	481	350	293	255	138	124	3536
p=95%	291	223	217	244	241	385	393	258	247	226	115	97	2936
Río Arroyón. Cierre C-3													
p=Media	458	277	231	286	336	475	588	407	340	265	256	281	4201
p=75%	388	288	251	288	303	462	503	366	307	266	144	129	3697
p=95%	308	236	230	258	255	407	417	274	261	239	121	103	3109
Río Arroyón. Cierre C-4													
p=Media	464	281	234	289	340	481	595	413	344	268	259	285	4253
p=75%	393	292	255	292	307	468	509	371	311	269	146	131	3743
p=95%	312	239	233	261	258	412	422	277	264	242	123	104	3147
Río Arroyón. Cierre C-5													
p=Media	353	214	178	220	259	366	454	314	262	204	198	217	3240
p=75%	294	219	191	219	230	350	381	277	233	202	109	98	2803
p=95%	228	175	170	191	189	302	309	203	194	177	90	76	2304

Tabla 2.6. Parámetros estadísticos de las precipitaciones máximas. Fuente. GEOCUBA (2015)

Estación	P	$\delta$	$C_s$	$C_v$	$C_s/C_v$	Coef. Curtosis	Probabilidad		
							p1%	p5%	p10%
1000	140,5	55,81	0,54	0,40	1,36	2,24	317	249	218

Dónde:

P – Lluvia máxima, en mm.

$\delta$ – Desviación estándar.

$C_s$ – Coeficiente de asimetría.

$C_v$ – Coeficiente de variación.

$C_s/C_v$ – Relación entre el coeficiente de asimetría y el coeficiente de variación.

- Intensidad de las precipitaciones máximas

La intensidad es inversamente proporcional a la duración y directamente proporcional a la frecuencia de una precipitación determinada.

El cálculo de las intensidades promedio de las precipitaciones máximas fue realizado mediante el empleo de las curvas Intensidad – Frecuencia – Duración confeccionada para la cuenca hidrográfica del río Moa. Los resultados para una probabilidad de ocurrencia del uno por ciento (1%) o sea para un período de retorno de 100 años, se brindan en la (Tabla 2.7).

Tabla 2.7. Intensidad de las precipitaciones máximas, mm/min. Fuente. GEOCUBA (2015).

Río	Cierre	Probabilidad
		p1%
Arroyón	C-1	1,47
Arroyón	C-2	1,62
Arroyón	C-3	1,87
Arroyón	C-4	2,05
Arroyón	C-5	1,97

## **CAPITULO III. INFLUENCIA DE LA EXPLOTACIÓN MINERA DEL YACIMIENTO CAMARIOCA SUR SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ARROYÓN**

Para la determinación de los impactos que operarán sobre el área de estudio, es requisito indispensable conocer las diferentes actividades que se generan durante la ejecución del proyecto y las cuales producen efectos sobre el medio físico, biológico y socio-económico.

### **3.1 Determinación de los impactos ambientales sobre el río Arroyón**

#### **3.1.1 Identificación de las acciones del proyecto susceptibles a provocar impactos**

La determinación de las acciones del proyecto susceptibles a provocar impactos se realizó a través de la consulta y compatibilización con expertos en la actividad minera y en los estudios de impacto ambiental de la propia empresa y del Instituto superior Minero Metalúrgico de Moa, el uso conjunto de varias metodologías, como listas de chequeo confeccionadas al efecto, escenarios comparados (análisis de situaciones producidas en lugares donde se ha realizado un proyecto similar) y por matrices, entre otros.

Las acciones generadoras de impactos previstas en el Proyecto de Explotación, son:

- A. Apertura
- B. Desbroce
- C. Construcción de caminos
- D. Escombreo
- E. Explotación
- F. Extracción del mineral
- G. Transporte del mineral
- H. Cierre (Rehabilitación de las áreas minadas)
- I. Estabilización y conformación del terreno

## J. Reforestación

### 3.1.2 Identificación de impactos

La evaluación de los impactos ambientales que se pueden producir por las acciones de apertura, explotación y cierre del proyecto, seguirá el siguiente procedimiento: Identificación, caracterización, valoración y jerarquización de los impactos.

Para la evaluación de los impactos, tradicionalmente, se han empleado diferentes procedimientos metodológicos característicos de las ciencias naturales. La guía metodológica CICA (2009) sugiere la integración adecuada de técnicas cualitativas y cuantitativas, propias de la investigación social, al análisis de los impactos ambientales. La aplicación diferenciada de las técnicas depende de las características específicas de cada proyecto y del criterio de los especialistas que realizan el estudio.

En esta investigación se aplicó la metodología denominada Método de Criterios Relevantes Integrados Modificado (CRIM) para la Evaluación de Impactos Específicos. Esta metodología fue desarrollada por Buroz (1990) en la empresa Venezolana Ingeniería Caura, la que desde entonces se ha utilizado exitosamente en Venezuela y otros países latinoamericanos. Este método está basado en un análisis multicriterio, partiendo de la idea de que un impacto ambiental se puede estimar a partir de la discusión y análisis de criterios con valoración ambiental los cuales se seleccionan dependiendo de la naturaleza del proyecto. (Cuentas, 2009)

Los impactos se identificaron según el medio a ser afectado:

- Impactos sobre el Medio Físico.
- Impactos sobre el Medio Biótico.
- Impactos sobre el Medio Socioeconómico.

El proceso de identificación de los impactos ambientales se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se identificaron todas las acciones del proyecto necesarias para su ejecución, independientemente de que pudieran afectar el medio.

- De estas acciones generales, se seleccionaron aquellas capaces de ocasionar efectos negativos sobre el medio.
- Con este listado de acciones, se identificaron a su vez todos los posibles efectos derivados de su desarrollo, sin considerar la aplicación de medidas y definiendo los efectos primarios, intermedios y finales.
- Se relacionaron las acciones del proyecto y sus efectos derivados cuya ocurrencia supone un impacto positivo o negativo sobre el ambiente. Esta relación se realizó sin considerar las medidas ambientales incorporadas en el diseño del proyecto. La relación anterior permite visualizar aquellos efectos generados por más de una acción y aquellas acciones que pueden generar más de un efecto. (Tabla 3.1)
- Se descartaron los efectos que no constituirán un problema relevante para el entorno, por haber sido consideradas sus consecuencias ambientales en la ingeniería del proyecto.

Una vez valorado los impactos se recogieron en una ficha descriptiva por orden jerárquico.

- Se seleccionaron aquellos efectos ambientales que por su relevancia se consideraron en el taller de expertos que debían ser evaluados.

La identificación de efectos que sobre el medio pudiera ocasionar la apertura, explotación y cierre del yacimiento Camarioca Sur se realizó teniendo como herramientas sus acciones en las diferentes etapas (Tabla 3.1) así como los resultados del análisis preliminar de sensibilidad de los medios físico, biológico y socioeconómico, pues al realizar una superposición de estos dos componentes, se pudo predecir y visualizar cambios potenciales, que se pueden manifestar de manera diferenciada para cada medio considerado, aun cuando su relación en muchos casos es muy estrecha

Tabla 3.1 Actividades impactantes del proyecto y medio afectado. Fuente: DEMA (2015)

ACTIVIDADES DEL PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES	MEDIO AFECTADO
ETAPA DE APERTURA		
Desbroce	Delimitación del área de explotación Uso de equipos pesados y transportación de material Remoción de la capa vegetal Acarreo del desbroce y la capa vegetal	Físico: Suelo, Agua, Aire Biótico: Flora y Fauna
Construcción de caminos	Uso de equipos pesados y transportación de material Disposición de obras de fábrica	Físico: Geomorfología, Agua, Aire Biótico: Flora, Fauna
Escombreo	Uso de equipos pesados y transportación de material Creación de escombreras	Físico: Geomorfología, Agua, Aire Biótico: Flora y Fauna
ETAPA DE EXPLOTACIÓN		
Extracción del mineral	Uso de equipos pesados y transportación de material	Físico: Geomorfología, Agua, Aire Biótico: Flora, Fauna
Transporte del mineral	Uso de equipos pesados y transportación de material	Físico: Geomorfología, Agua, Aire Biótico: Flora, Fauna
ETAPA DE CIERRE (Rehabilitación de las áreas minadas)		
Estabilización y conformación del terreno	Restauración del relieve Restauración del suelo	Físico: Geomorfología, Agua, Aire Biótico: Flora, Fauna
Reforestación	Restauración de la vegetación	Físico: Geomorfología, Agua, Aire Biótico: Flora, Fauna



La naturaleza de las acciones que caracterizan este proyecto puede conllevar afectaciones directas o primarias, generalmente sobre el medio físico, para luego a partir de ellas manifestarse a manera de efectos concatenados sobre los otros medios que conforman el ambiente. Estas afectaciones pueden ser positivas o negativas. Para visualizarlo, el esquema de enlace se muestra en el Tabla 3.2.

Para fortalecer y complementar el proceso de identificación de los efectos se realizaron consultas a expertos invitados, obteniéndose una lista preliminar de los posibles efectos que generaría el desarrollo del proyecto, posteriormente la misma fue sometida a un proceso de “depuración”, mediante discusión y selección, excluyendo aquellos efectos que no ameritan entrar en una fase de valoración o evaluación propiamente dicha, considerando las siguientes premisas:

- Aquellos impactos asociados o relacionados con riesgos mayores o contingencias, donde se amerita de un tratamiento exhaustivo de este tipo de riesgos, corresponde a una materia especializada que es necesario desarrollar en una investigación separada de este estudio.
- Aquellos impactos que cuentan con previsiones para su eliminación o atenuación a niveles aceptables en la ingeniería del proyecto, para los cuales se supuso el respeto a las leyes y normas existentes por parte del Departamento de Planificación e Ingeniería Moa Nickel S.A. Cmdte. Pedro Sotto Alba Subdirección de Minas, quedando las posibles violaciones sujetas a la supervisión y control de las leyes correspondientes por los organismos competentes.
- Aquellos otros cuya probabilidad de ocurrencia y mínimo impacto no ameritan la aplicación de controles especiales.

La matriz de relación entre las actividades y los posibles impactos identificados para el proyecto en las fases de apertura, explotación y cierre se presentan en la tabla 3. 2

Para la definición de la magnitud del impacto según factores ambientales afectados se consideraron los siguientes umbrales expuestos en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Umbral de impacto para la determinación de la magnitud

Factor ambiental	Umbral de impacto
Recursos hídricos	<p>La denudación de la cuenca hidrográfica boscosa es probable que ocasione aguas abajo pérdidas por inundación, afectando la vida o la economía.</p> <p>La turbidez contribuye a la eutrofización y la alteración de la calidad del agua, pudiendo afectar una o más especies claves de la cadena trófica acuática, o genere alteración del funcionamiento de las instalaciones de abasto de agua.</p>
Calidad del agua	<p>Tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua varían dependiendo de sí se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. Para efectos de estos umbrales se consideran las variables que se enumeran a continuación.</p> <p>Concentración de sólidos</p> <p>Presencia de sustancias tóxicas</p> <p>Presencia de compuestos orgánicos, nutrientes y patógenos.</p>

Tabla 3.2. Matriz de identificación de impactos

Proyecto Camarioca Sur										
Matriz de identificación de impactos				Apertura		Explotación			Cierre	
Inversión de Moa Nickel S.A. Cmdt. Pedro Sotto Alba				Desbroce	Construcción de caminos	Escombreo	Extracción del mineral	Transporte del mineral	Estabilización y conformación del terreno	Reforestación
Medio afectado	Impactos		Signo							
Físico	Agua	1.Aumento de la carga de sedimentos en los cuerpos de agua	-	X	X	X				
		2. Atenuación de la carga de sedimentos en los cuerpos de agua	+						X	X
	Suelo	3. Incremento de la dinámica de erosión, deslizamientos, transporte y sedimentación	-	X	X	X	X	X		

### **3.1.3 Caracterización de los impactos ambientales**

#### **1. Aumento de la carga de sedimentos sobre el río Arroyón**

El aumento terrígeno y de partículas en general que temporalmente se producirá, incrementará potencialmente el arrastre de sedimentos como resultante de los procesos erosión y transporte, esto conllevará al incremento de sedimentos en suspensión ya existente en las aguas superficiales. Éste impacto se producirá mayormente en el marco de la apertura y exploración donde se desarrollarán acciones conducentes a movimiento del material terrígeno y particulado. Debido a la gran extensión de tierras perturbadas por históricas operaciones mineras y las grandes cantidades de materiales excavados expuestos desde años anteriores a la apertura, dados por las múltiples acciones de exploración en los lugares de operación, la presencia de sedimentos en un marco ambiental fuertemente impactado es un problema que ya existe.

#### **2. Atenuación de la carga de sedimentos en el río Arroyón**

Las diferentes acciones requeridas para la explotación del yacimiento generarán desprendimiento de suelo y partículas sólidas que serán acarreadas por las aguas pluviales y trasladadas a las corrientes fluviales al este del río Moa y a partir de su afluente Arroyón el que recorre en gran medida la superficie del yacimiento, aportando las partículas que capte a través del drenaje superficial y la escorrentía. Se considera además que el volumen de escurrimientos que generan las altas precipitaciones en Moa y las características físicas del sustrato coincide en requerir un eficiente drenaje de la escorrentía.

#### **3. Incremento de la dinámica de erosión, deslizamientos, transporte y sedimentación**

La activación de procesos erosivos y sedimentación presenta una probabilidad de ocurrencia puntual e intensidad alta, esto se debe a que en las vía de acceso y circulación se producirán cortes de tierra con taludes inclinados, los cuales podrían producir sedimentación y activación de procesos erosivos en los periodos lluviosos, si estos taludes no son protegidos correctamente para tales fines. Estos impactos

ocurrirán fundamentalmente durante las labores de construcción, comenzando por el acondicionamiento del terreno, siguiendo con los movimientos de tierra (excavaciones), que generaran una cantidad de material, el cual se acopiara de manera temporal en el área de influencia directa del proyecto, hasta reutilizar una parte del mismo como relleno en las zanjas donde se coloque obras para drenaje. Una vez concluidos estos trabajos, el material excedente, se acarreará en camiones hasta la escombrera más cercana. Es importante señalar que durante la transportación en camiones de volteo se producirá el proceso de erosión a través del tránsito de los mismos en el entorno del proyecto; sobre todo en el acarreo del material extraído. Moa Nickel S.A. ha manifestado interés en la proyección de estos caminos a modo de reducir al máximo las afectaciones que puedan conducir a deslizamientos de terreno. La construcción de la vía de acceso junto a los caminos secundarios constituyen las obras del proyecto que alteraran los patrones de drenaje superficial, debido a que las aguas deberán ser desviadas hacia otros lugares que antes no eran utilizados, derivándose como consecuencia un mayor arrastre de sedimentos.

### 3.1.4 Evaluación de los impactos ambientales

El MCRI considera que el valor del impacto ambiental (VIA), generado por una acción es producto de las siguientes variables: (Gráfico 3.1)

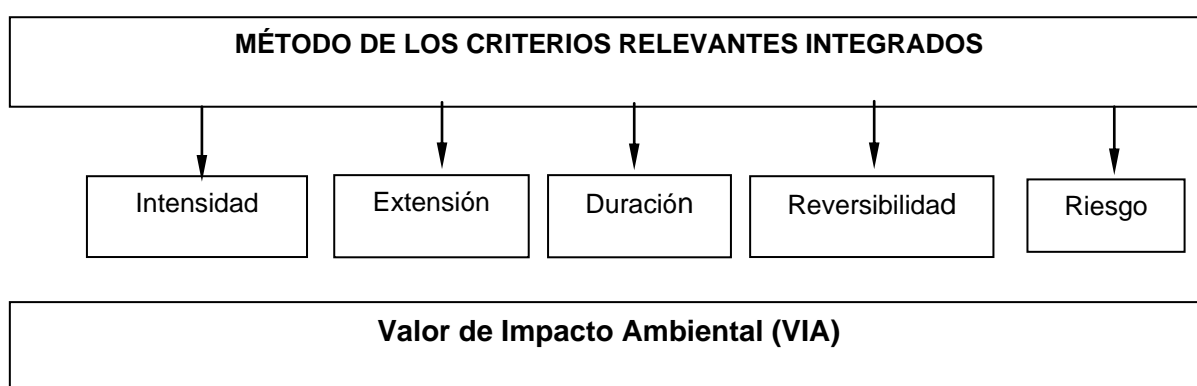


Gráfico 3.1 Variables para la determinación del VIA

El significado de cada variable se expone a continuación:

- Intensidad (I): Cuantificación de la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el proceso o impacto puesto en marcha.
- Extensión (E): Influencia espacial o superficie afectada por la acción antrópica. Es decir, Medida del ámbito espacial o superficie donde ocurre la afectación.
- Duración (D): Lapso o tiempo que dura la perturbación. Período durante el cual se sienten las repercusiones del proyecto o número de años que dura la acción que genera el impacto.
- Reversibilidad (Rv): La posibilidad o dificultad para retornar a la situación actual.
- Riesgo (Ri): Probabilidad de que el efecto ocurra.

La escala de valores para todos los indicadores está comprendida entre 1 y 10. (Tabla 3.4)

Tabla 3.4 Escala de clasificación de impactos. Fuente: Buroz, (1990).

Valor	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Riesgo
1-2	Baja	Puntual < 10 %	Corta (<2 años)	Reversible (a corto plazo <de 10 años	Bajo (<10%)
3-5	Media	Local o Extensiva 10% - 75%	Media (2>5 años)	Medianamente reversible de 11 a 20 años, largo plazo	Medio (10 a 50%)
6-10	Alta	Generalizada > 75%	Larga (>5años)	Irreversible (baja capacidad o irrecuperable)	Alto (>50%)

Posterior a la asignación de valores para cada una de las variables se procede a introducir esos datos en la siguiente formula, para determinar la VIA de cada impacto

$$VIA = I \times Wi + E \times We + D \times Wd + Rv \times WRv + Ri \times WRi$$

Donde

I = Intensidad

E = Extensión

D = Duración

Rv = Reversibilidad

Ri = Riesgo

Wi = Peso con que se pondera la intensidad

We = Peso con que se pondera la extensión

Wd = Peso con que se pondera la duración

WRv = Peso con que se pondera la reversibilidad

WRi = Peso con que se pondera el riesgo

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.5.

Las categorías de impactos según el valor de la VIA, son los siguientes:

CATEGORÍA I. Probabilidad de ocurrencia muy alta.  $VIA \geq 8$  (muy altos). Máxima atención. Medidas preventivas para evitar su manifestación negativa o potenciar la excelencia positiva.

CATEGORÍA II. Probabilidad de ocurrencia alta.  $6 < VIA < 8$  (altos). Medidas mitigantes o correctivas (preferiblemente estas últimas) en los impactos negativos, no así en los positivos, los que serán potenciados para lograr su máximo rendimiento. Normalmente exigen monitoreo o seguimiento.

CATEGORÍA III. Probabilidad de ocurrencia moderada.  $4 < VIA < 6$ . Medidas preventivas, que pueden sustituirse por mitigantes, correctivas o compensatorias cuando el impacto se produzca, si aquéllas resultaran costosas.

CATEGORÍA IV. Probabilidad de ocurrencia baja o media.  $VIA \leq 4$ . No se aplican medidas, a menos que se trate de áreas críticas o de medidas muy económicas.

Tabla 3.5. Valoración del VIA de los impactos

IMPACTOS	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Riesgos	Total
	Wi = 0,30	We = 0,20	Wd = 0,10	Wrv = 0,20	Wri = 0,20	V.I.A.
MEDIO FÍSICO						
Aumento de la carga de sedimentos sobre el río Arroyón	6 (0.3)	6 (0.2)	5 (0.1)	4 (0.2)	8 (0,2)	- 5,9
Atenuación de la carga de sedimentos en el río Arroyón	8 (0.3)	8 (0.2)	8 (0.1)	8 (0.2)	8 (0,2)	8
Incremento de la dinámica de erosión, deslizamientos, transporte y sedimentación	8 (0.3)	8 (0.2)	8 (0.1)	8 (0.2)	8 (0,2)	- 8

Los resultados obtenidos permiten una previsión del tipo de medida a tomar ante la ocurrencia del impacto.

Una vez que se han aplicado las metodologías pertinentes, para identificar los impactos ambientales, se ordenan de mayor a menor valor, con el fin de establecer prioridades, en cuanto a las propuestas y ejecución de medidas.

La tabla 3.6 presenta la relación de los impactos con sus categorías.



Tabla 3. 6. Relación de impactos según su categoría:

Categoría	IMPACTO	IMPACTOS		VALOR
		-	+	
II	Atenuación de la carga de sedimentos sobre el río Arroyón		X	8
II	Incremento de la dinámica de erosión, deslizamientos, transporte y sedimentación.	X		8
III	Aumento de la carga de sedimentos en el río Arroyón	X		5,9

La metodología recoge que los resultados de la evaluación se reflejen en en la ficha descriptiva para mayor claridad.

### Ficha descriptiva 1

<b>Nominación del impacto:</b> Atenuación de la carga de sedimentos en los cuerpos de agua
Fase del proyecto en que se produce: Apertura, Explotación y Cierre
Actividades y acciones que contribuyen a que se produzca: A partir de la construcción de caminos de acceso para la apertura del yacimiento, puede observarse en el proyecto un conjunto de medidas encaminadas al control de los sedimentos que puedan generar las diferentes acciones.
Efectos derivados: Incremento de la calidad del agua del río y beneficio a la fauna dulceacuícola.
Ubicación geográfica del medio o área implicada: Yacimiento Camarioca Sur y áreas aledañas
Evaluación del impacto: Es un impacto positivo con valor de 8, dada su incidencia en la calidad del agua y su repercusión en la fauna.

### FICHA DESCRIPTIVA 2

Nominación del impacto: <b>Incremento de la dinámica de erosión, deslizamientos, transporte y sedimentación</b>
Fase del proyecto en que se produce: Apertura y Explotación
Actividades y acciones que contribuyen a que se produzca: A partir del uso de equipos pesados y transportación de materiales, la remoción de capa vegetal y su acarreo, así como el conjunto de acciones que conducen a la transportación final del mineral, se produce como efecto diferentes procesos que afectan el suelo.
Efectos derivados: Pérdida de diversidad edafofáunica e hictiofáunica.
Ubicación geográfica del medio o área implicada: Yacimiento Camarioca Sur y áreas aledañas
Evaluación del impacto: Es un impacto negativo con valor de - 8 dada su incidencia en el componente hídrico y la fauna vinculada al suelo y el río.

### FICHA DESCRIPTIVA 3

Nominación del impacto: <b>Aumento de la carga de sedimentos en los cuerpos de agua</b>
Fase del proyecto en que se produce: Apertura y Explotación
Actividades y acciones que contribuyen a que se produzca: Desbroce y eliminación de suelo así como en el proceso de extracción del mineral.
Efectos derivados: Afectación a la calidad del agua.
Ubicación geográfica del medio o área implicada: Yacimiento Camarioca Sur y áreas aledañas
Evaluación del impacto: Es un impacto negativo con valor de – 5,9.

### 3.2. Medidas para la protección de los recursos hídricos

En esta fase se definen las actuaciones a llevar a cabo, durante la puesta en marcha y explotación del yacimiento, para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos significativos sobre el río Arroyón. Dichas actuaciones se describirán detalladamente.

Se dan propuestas de solución a la problemática planteada, con el objetivo de corregirla hasta donde sea técnicamente posible, ecológicamente necesaria y económicamente ventajosa. Se proponen medidas de corrección y mitigación destinadas a lograr que el medio ambiente se mantenga en condiciones satisfactorias, independientemente de que el impacto se manifieste antes o después de aplicar la medida.

Las medidas a contemplar se dividirán en:

- Medidas preventivas: se aplican una vez advertido o predicho el impacto a manera de prevenir el efecto indeseado, neutralizándolo con las acciones pertinentes.
- Medidas de mitigación: pretenden atenuar la capacidad de daño del impacto al medio, si éste es indeseable e inevitable.
- Medidas correctivas: persiguen alterar el curso del impacto indeseable, a fin de neutralizarlo una vez producido, siendo las medidas de mayor artificio e inversión.

Las medidas preventivas tendientes a recuperar los efectos negativos de la explotación minera sobre el río Arroyón están contenidas dentro del Plan de Cierre, el cual fue considerado como acciones del Proyecto en su evaluación ambiental.

La empresa Moa Nickel S.A. prevé en el proyecto Camarioca Sur un plan de medidas para disminuir los daños causados por la erosión de los suelos durante la ejecución de la minería. Como parte de las mejoras medioambientales que desarrolla la misma, se aplica sistemáticamente un Programa de Control de Erosión y Sedimentación (PCES) en todos sus yacimientos en explotación.

Los principios generales preestablecidos para que el PCES sea efectivo son la construcción de obras ingenieras que garanticen minimizar las perturbaciones propias de las acciones de minería, controlar el drenaje y prever la erosión así como recolectar los sedimentos. Estas acciones deberán favorecer el restablecimiento de la flora y consecuentemente la fauna, contribuyendo a una mejora paisajística.

Una de las obras que contribuirán a estos objetivos y que se proyecta desde la propia apertura, son las piscinas de sedimentación, las cuales se construirán con el objetivo de regular el escurrimiento superficial de las áreas afectadas por las labores mineras, almacenando los sedimentos movilizados por el escurrimiento superficial y garantizando así el vertimiento al medio de las aguas con el mínimo de sólidos en suspensión. También se construirán canales perimetrales para el desvío de las aguas pluviales hacia los diques. La ejecución de este Plan de Cierre eliminaría total o parcialmente la mayoría de los efectos indeseables. No obstante se adicionan otras medidas fundamentalmente preventivas o mitigativas a tomarse durante la explotación.

También, las medidas para la protección de los recursos hídricos pueden ser estructurales y no estructurales.

Medidas no estructurales: En los últimos años han comenzado a emplearse las medidas denominadas no estructurales. Éstas, a diferencia de las estructurales, no actúan sobre la zona o cuenca en sí, alterando sus características hidrológicas o hidráulicas, sino que modifican la susceptibilidad de la zona frente a los daños que puedan ocurrir.

Las posibles actuaciones no estructurales complementan las medidas estructurales por encima de su umbral de protección, teniendo una gran efectividad y en general un coste económico sensiblemente inferior a éstas. No obstante, plantean dificultades de aplicación y requieren una difícil coordinación entre los distintos actores implicados.

Esta coordinación debe realizarse en un marco legal complejo que fije los ámbitos de competencia. Se deben tomar las siguientes medidas:

- Debates.
- Orientaciones a los trabajadores.

Medidas estructurales. Consisten en la realización de obras de infraestructura que actúan sobre los mecanismos de formación y propagación de los impactos.

Las medidas estructurales para la prevención y mitigación de los impactos negativos sobre el río Arroyón serán

1. Diseño de las franjas de protección medioambiental.
2. Confección de piscinas de sedimentación o sedimentadores.
3. Delimitación de las zonas no mineralizadas o parches.

Las piscinas de sedimentación o sedimentadores se construyen con el objetivo de regular el escurrimiento superficial de las áreas afectadas por las labores mineras, para almacenar los sedimentos y garantizar el vertimiento de las aguas al medio con el mínimo de sólidos en suspensión. La ubicación de estas obras y sus requerimientos se recogen en el proyecto de explotación.

Para la apertura del yacimiento Camarioca Sur al inicio de la explotación se construirán 6 piscinas, hasta llegar a un total de 27 en correspondencia con el plan de minería según la zona que se vaya a explotar. (Anexo1).

La delimitación de las zonas no mineralizadas tiene la función de establecer parcelas o parches para la conservación de la biodiversidad. Estas parcelas o parches son áreas de tierra relativamente homogéneas internamente con baja o ninguna mineralización y sirven para atraer y sostener en el futuro la vida silvestre. El diseño de estos sitios se recoge en el plan de minería como resultado de los trabajos de exploración geológica.

- Diseño de las franjas de protección medioambiental.

Las dimensiones de las franjas forestales de las zonas de protección se establecerán mediante un estudio de las condiciones específicas de cada lugar. No obstante mientras ese estudio no se realice las franjas tendrán dimensiones mínimas según el orden de clasificación.

Tabla 3.7 Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos

Acción del Proyecto	Factor ambiental afectado	Lugar	Momento o etapa de ejecución	Tipo de medida	Medida	Responsable	Costo
Apertura	Aguas superficiales y subterráneas	Escombreras	Antes del comienzo del vertido de la escombrera	Preventiva	Colocar sobre el terreno natural, una capa de espesor suficiente de material drenante grueso seleccionado	Dirección de Minas	Contemplado en Proyecto
			Durante el vertido en las escombreras	Mitigativa	Utilizar, en lo posible, para el núcleo interior de la escombrera el material de mayor	Dirección de Minas	Contemplado en Proyecto
Apertura y explotación		Escombreras, caminos y frentes de minería	Durante la construcción de caminos, escombreras y la propia explotación	Correctiva	Disminución de pendientes y de longitudes de declive en taludes de caminos, escombreras y excavaciones, para reducir la velocidad y así la capacidad erosiva de la lámina de agua, y favorecer a la vez la implantación de la cubierta vegetal	Dirección de Minas	Contemplado en Proyecto

Para contrarrestar el impacto “Aumento de la carga de sedimentos en el río Arroyón” se ejecutará como principal medida preventiva y de mitigación, la ejecución de franjas forestales de protección ambiental, según la Norma Cubana NC 23. Franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales.

Esta norma establece las dimensiones y características de las fajas forestales en las zonas de protección a embalses y cauces fluviales, (Figura 3.1) así como las actividades que se autorizan en las mismas.



Figura 3.1. Imagen de la zona de protección de un cauce.

El río Arroyón, es uno de los cursos más importantes de la cuenca del Río Moa en su tercio medio y descarga en el cauce del mismo, antes del embalse de la Derivadora. Es un río de 1er orden según la NC 23 porque es un afluente de un río principal, el Río Moa, por lo cual en su cuenca se deberá cumplir como condicionante de esta norma que en todo su curso se conserve una franja forestal hidrorreguladora de 15 m en ambas márgenes, medidos en proyección horizontal a partir del borde del cauce natural.

Todos los arroyos que descargan en el Río Arroyón y que forman parte de su cuenca son de 2do orden y deberán conservar una franja forestal hidrorreguladora de 10 m en ambas márgenes, medidos en proyección horizontal a partir del borde de su cauce natural. (Figura 3.2)



La norma plantea que en todos los casos se protegerá la vegetación natural y se realizarán los trabajos necesarios para su enriquecimiento con el empleo de especies propias de la localidad.

### Plano General de Red hidrográfica Camarioca Sur.

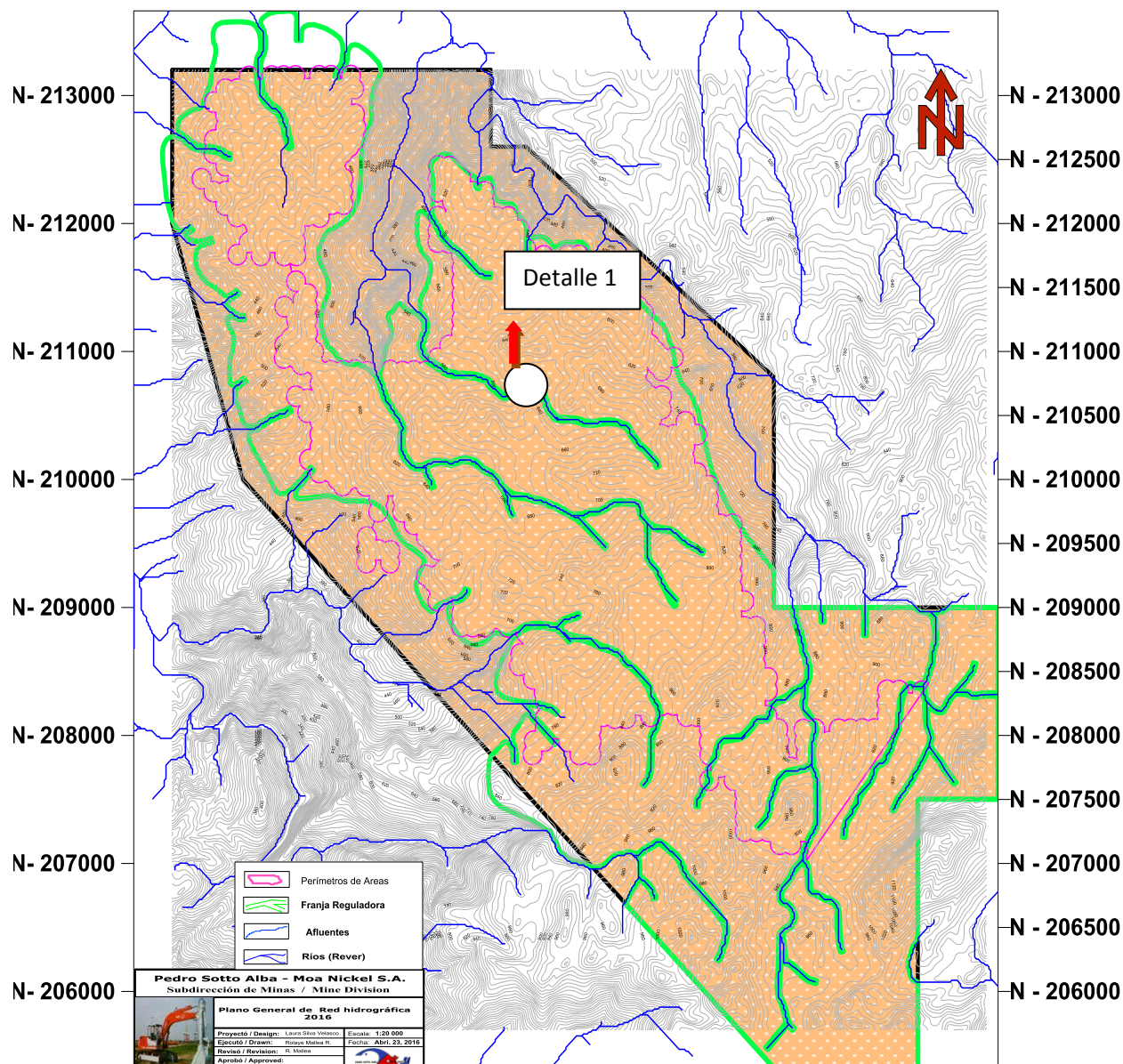


Figura. 3.2. Plano general de la red hidrográfica del yacimiento Camarioca Sur



Las franjas forestales alrededor de los embalses y cauces fluviales se consideran bosques de protección y solo se efectuarán aprovechamientos parciales dentro de las limitaciones establecidas por las disposiciones y regulaciones aprobadas por el organismo estatal competente, siempre que estas actividades sean coordinadas con la entidad de Recursos Hidráulicos.

En las franjas forestales de las zonas de protección se prohíbe, sin la autorización previa del nivel correspondiente de Recursos Hidráulicos, la ejecución de cualquier tipo de instalación, construcción u otra actividad económica social.

Para la construcción de una franja de protección ambiental se requiere de una base de datos para saber la forma del terreno donde se efectuara la misma, se carga como una base de datos al programa *Surfer*, con el interpolador grid al mapa, se crea un mapa de escorrentía para saber la dirección de las aguas y teniendo los afluentes formados se toma el eje del río (trazas) y se importa al *Surpac* con las herramientas del programa se le da el ancho a la franja según la clasificación.

Un detalle de la franja de protección para los afluentes del río Arroyón se muestra en la figura 3.3.

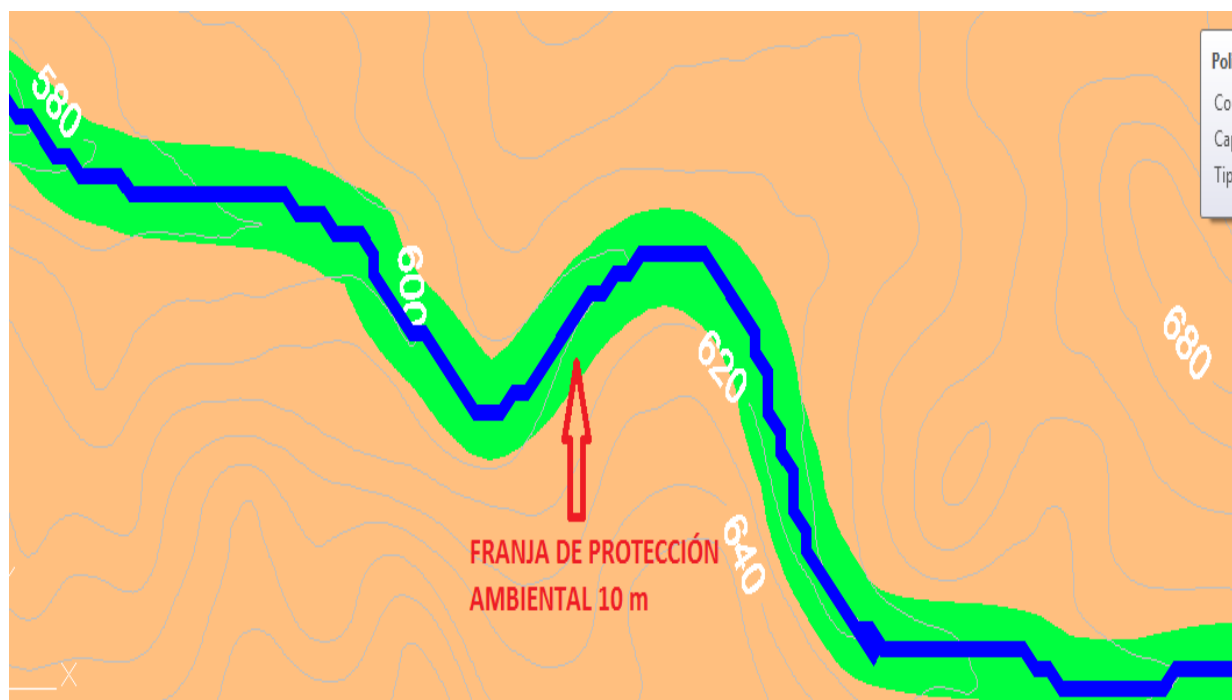


Figura 3.3. Detalle 1 de la franja de protección de un afluente del río Arroyón.

## CONCLUSIONES

1. El área de estudio se caracteriza por presentar un relieve montañoso, una red hidrográfica bien desarrollada, suelos ferríticos púrpura y altos valores naturales para la conservación de su ecosistema por la cercanía al Parque Nacional Alejandro de Humboldt.
2. Se determinaron las principales características del río Arroyón que evidencian la necesidad de su protección.
3. Se identificaron 7 acciones del proceso minero susceptibles de producir impacto sobre el río Arroyón.
4. En la evaluación de los principales impactos que afectan la cuenca del río Arroyón se obtuvo: uno impacto positivo de categoría II (alto) y dos impactos negativos de categoría II y III (alto y moderado).
5. Las medidas elaboradas permitirán minimizar los impactos negativos sobre la cuenca del río Arroyón.
6. La caracterización del área de estudio, de la cuenca del río, la identificación de las acciones del proceso minero y la evaluación de los impactos ambientales permitió establecer la influencia de la explotación del yacimiento Camarioca Sur sobre la cuenca del río Arroyón.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar investigaciones para comprobar las manifestaciones de los impactos identificados y la efectividad de las medidas tomadas para minimizar sus efectos.

## Bibliografía

1. Academia de Ciencias de Cuba (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Ed. Inst. Geogr. Nac. España, Madrid.
2. ACC (1987): Atlas Climático de Cuba. Instituto Nacional de Meteorología. Editora Revolucionaria.
3. Batista, J. L. (1991 a): Distribución espacial y temporal del escurrimiento fluvial en Cuba. En: Rev Vol. Hid. 84 (21-29), La Habana.
4. Batista, J. L. (1991 b): Cálculo del escurrimiento medio anual de ríos sin observaciones hidrométricas. En: Rev. Vol.Hid. 1985 (2-7) La Habana.
5. Berini .S (2008): Tesis de Maestría en Programación y Gestión de los Servicios de las Políticas Sociales: Proyecto de manejo integrado La cuenca del Zaza a Cuba.
6. Brels, S., Coates, D., y Lourdes, F. (2008). Transboundary water resources management: the role of international watercourse agreements in implementation. Núm 40 de la serie de publicaciones técnicas del CDB, 48 páginas. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal (Canadá). Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-40-en.pdf>
7. CA (2007). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan, London and International Water Management Institute, Colombo. 645 págs. .  
<http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/>. Miércoles 16 de febrero.
8. III Congreso Latinoamericano de Gestión de Cuencas en Arequipa del 2003
9. Cuba. Oficina Nacional de Normalización (1986): NC-93-01-1986. Fuentes de abastecimiento de agua, calidad y protección sanitaria.
10. Cuba. Oficina Nacional de Normalización (1987): NC-93-01-103. Clasificación de la utilización de las aguas interiores.
11. Cuentas M. (2009). Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en la Rinconada Puno. Tesis de Maestría en Gestión y

Auditorías Ambientales. Universidad de Piura.

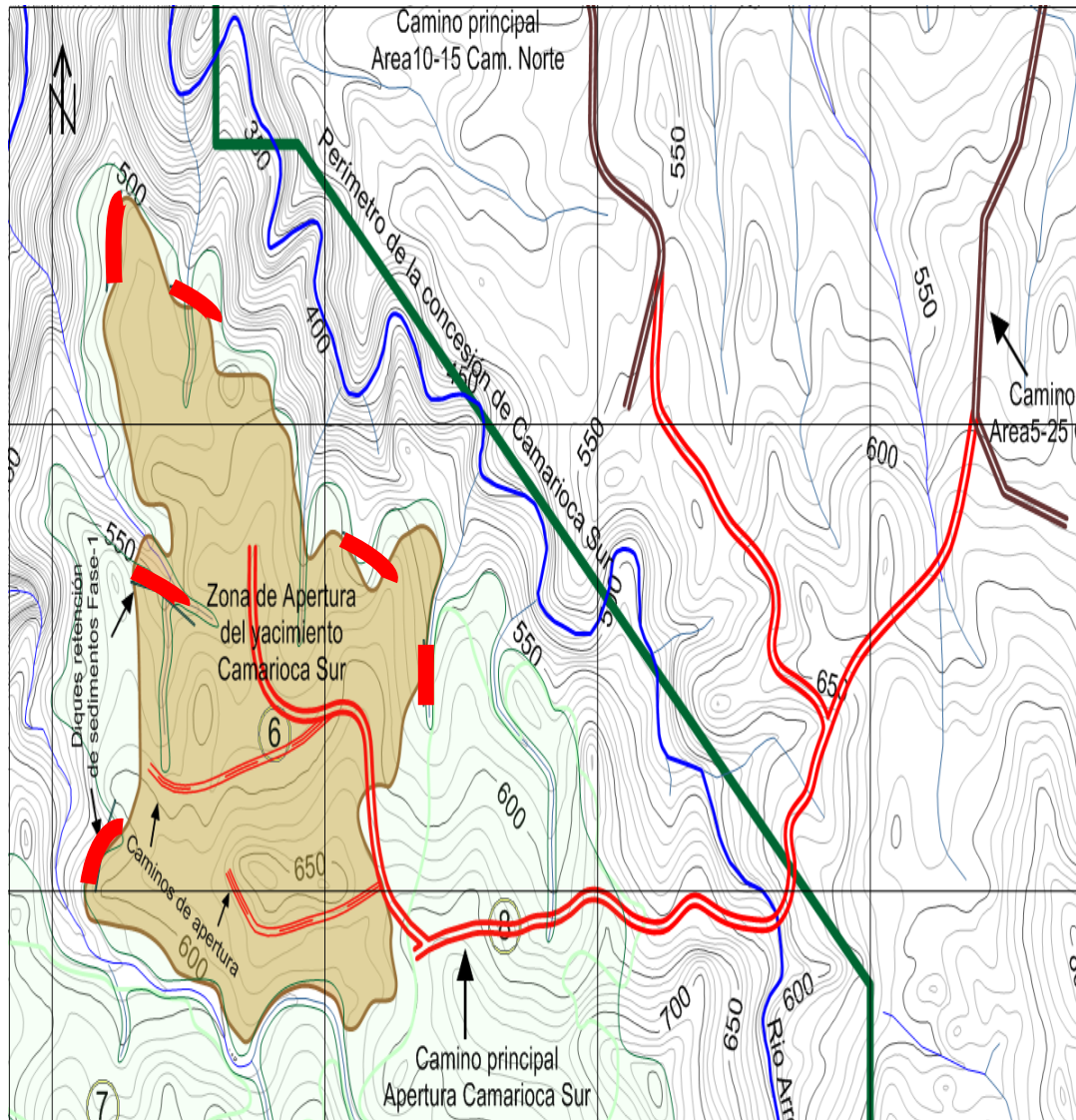
12. Cuenca et al (2013). Diagnóstico Ambiental y desarrollo del Plan de Manejo y Conservación de la Subcuenca del río Chillayacu de la Cuenca Media del río Jubones en la provincia de El Oro. Universidad Central de Ecuador. Ubicación en la Biblioteca Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental / Cda / 158. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1282> . Consultado martes 22 de marzo.
13. CITMA (1997) Ley No.81 de Medio Ambiente. Gaceta oficial de la república de Cuba Edición extraordinaria, la Habana, 11 de julio de 1997, año xcv. Número 7 página 47. Asamblea Nacional del Poder Popular.
14. CICA (2009). Guías para la realización de las solicitudes de licencia ambiental y los estudios de impacto ambiental. Ministerio de Ciencia Tecnología Y Medio Ambiente. Centro de inspección y control ambiental.
15. Dourojeanni. A. (1992). Propuesta para el ordenamiento de los sistemas de gestión del agua en los países de América Latina y el Caribe”, Cuadernos de Difusión, Escuela Superior de Administración de Negocios para Graduados (ESAN), año 1, N2 1, Lima, Perú, marzo de 1992, Apartado Postal 1846. Lima 100, Fax: (51) (1) 436 01 40 y 436 37 10.
16. Dourojeanni. A & Jouralev a.. 1999. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. Cepal lc/r 1948. 176pp.
17. DEMA (2015). Estudios medio ambientales del yacimiento Camarioca Sur. GEOCUBA.
18. Estrategia Nacional de Educación Ambiental (ENEA), Cuba, 2010-2015.
19. Hernandez. E (2015). Empresa Pedro Sotto Alba .Moa Níckel S.A. Proyecto de explotación del yacimiento Camarioca Sur.
20. Fernández, C. S (2013). Tecnología para la gestión ambiental de las aguas subterráneas en la cuenca hidrográfica Holguín. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto superior de tecnología y Ciencias Aplicadas.

21. Folliot, P. 1997. Watershed Management in the Southwest: Training Course in Watershed Management. University of Arizona. 12 p.
22. Freire et al (2011). Manejo de Cuencas Hidrográficas: Usuarios del Agua de la Cuenca del río Valdivia-California. Tesina Previa a la Obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil – Ecuador.
23. Gaceta Oficial de La Republica de Cuba (1997). Estrategia Ambiental Nacional. La Habana. Cuba
24. Gaceta Oficial de La Republica De Cuba (1998) Ley forestal n.85. La Habana. Cuba
25. GEOCUBA (2015). Estudio de Peligro Hidrológico del Proyecto de Apertura del Yacimiento Camarioca Sur.
26. González Piedra Iván (2000) Guía Metodológica para el Estudio de Cuencas Hidrológicas Superficiales con Proyección de Manejo. Universidad de La Habana, Cuba (inédito).
27. Gómez. E (2002). Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. San Nicolas, Esteli.
28. I Simposio sobre Gestión del Agua en espacios protegidos. Parque Nacional Alejandro de Humboldt. Octubre de 2014. 53 pp.
29. NC 23: 1999. Franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales.
30. NC 25: 1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones.
31. NC 93 01 103 / 87. Hidrosfera. Clasificación de la utilización de las aguas interiores.
32. NC 30: 1999. Calidad del suelo. Tierras alteradas. Requisitos generales para la restauración.

- 33.NC 27:2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestre y al alcantarillado-especificaciones.
- 34.Marzo, M. Y (2011): Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica Guaso, Guantánamo. Cuba.
- 35.Price P, S Lovett& J Lovett (2004) Managing riparian widths, Fact Sheet 13, Land & Water Australia, Canberra.
- 36.<http://lwa.gov.au/files/products/riverlandscapes/pf040748/pf040748.pdf>.  
Consultado lunes 4 de abril.

## Anexos

### Anexo 1. Ubicación de las piscinas de sedimentación.





Anexo 2. Tala de árboles.





Anexo 3. Ejemplo de trochas realizadas para la exploración geológica.





Anexo 4. Imágenes del río Arroyón.

