



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE MINAS-GEOLOGIA

TRABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO: MAPA GEOTECNOLÓGICO DEL YACIMIENTO PUNTA GORDA

AUTORA: YUNIA SUÁREZ BLETT

TUTORES: Dr. C. DIOSDANIS GUERRERO ALMEIDA.
Mr. C BERTHA DÍAZ MARTINEZ

Moa, 2004
“Año del 45 Aniversario de la Revolución”

Pensamiento

“El mundo sangra sin cesar de los crímenes que se cometen en él contra la naturaleza.”

José Martí.

Dedicatoria

Dedico de forma muy especial este trabajo de diploma:

- A mi madre por haberme ofrendado su vida.
- A mi padre por la fuerza que me inspiró.
- A mi pequeña Helen por su sincero amor el cual me llenó de valor.
- A ellos, por haberme ayudado a vivir.

Yunia.

Agradecimientos

De forma muy especial agradezco:

- A mi padre, mi madre, mi hija, mi hermana, mi familia por apoyarme en todo momento.
- A mi tutora Mr. C. Bertha Díaz Martínez, mi tutor Dr. C. Diosadani Guerrero Almeida, al Dr. C. Arístides Legrá Lobaina, a Joel Carcasés Carcasés Técnico en Topografía por haberme guiado con tanta paciencia.
- A mis amigos Daillenis y otros que aunque no mencione sus nombres son muy especiales también, por brindarme desde siempre su ayuda desinteresada y más sincera.
- A aquellos que en todas partes me alentaron y se preocuparon por mí.
- A todos muchas GRACIAS.

La

autora.

Resumen

El siguiente trabajo de diploma, forma parte de un grupo de investigaciones relacionadas con el estudio y perfeccionamiento de la actividad minero-metalúrgica del Noreste de la provincia de Holguín. Constituye un elemento orientador, durante el proceso de explotación minera, en el yacimiento Punta Gorda. Tiene como objetivo diseñar el mapa Geotecnológico de este yacimiento.

Para darle cumplimiento a los objetivos propuestos se analizaron un conjunto de indicadores ambientales tales como el agua, la vegetación, la rehabilitación de la vegetación por años, la contaminación atmosférica y las escombreras, que facilitaron la caracterización geotecnológica y ambiental de la zona minera.

Para el diseño del mapa, se aplicó el Software Tierra, con el que se ubicaron las fotos de las zonas más afectadas a partir de sus coordenadas geográficas, quedando insertado en el mapa del yacimiento. Los resultados muestran su aplicabilidad, no sólo en este yacimiento, sino en aquellos lugares donde se den condiciones análogas.

Summary

The following paper work is involve in a group of investigations related with the study and development of the mining-metallurgic activity from Holguín province North-East. Herein, a guidance element during the mining exploitation, in Punta Gorda's orebody is found. This work purpose is to design the geotechnological drawing for the orebody stated before.

For accomplishing the stated objectives, certain environmental indicators were analyzed, such as: water, forest, and rehabilitation process for year, atmospheric pollution and the overburdens, which made easier the geological and environmental characterization of the mining zone.

For the drawing design, Software named "Tierra" was applied, with which pictures were located from the most affected zones, by the use of geographic coordinates, having those pictures inserted in drawing of the orebody. Results arose from the program have shown its wide branch of use, not only in this orebody but also in places where analogues conditions are found.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria cubana del níquel en los últimos años, ha obligado a los técnicos, directivos y profesionales vinculados con esta actividad, a buscar nuevas alternativas para perfeccionar la explotación de los yacimientos lateríticos.

De igual manera, se ha mantenido latente la idea de desarrollar una minería compatible con la protección del medio ambiente y el hombre. Para cumplir este propósito es posible entre otras cosas, cartografiar el impacto ambiental ocasionado por esta actividad humana en cada lugar específico donde se desarrolla; y a partir de indicado esto caracterizar el medio y su transformación paulatina.

El siguiente trabajo de diploma constituye un paso de avance entorno del tema y forma parte de un proyecto en el cual participaron especialistas e investigadores del ISMM, la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara (ECECHG) y CEPRONIQUEL.

El **problema** a resolver que se formuló está relacionado con la necesidad de diseñar el mapa Geotecnológico del yacimiento Punta Gorda a partir de indicadores ambientales. De ahí que su **objeto de estudio** sea: los indicadores ambientales del yacimiento Punta Gorda.

Teniendo en cuenta lo anterior la **hipótesis** trazada fue la siguiente:

“Si se realiza un estudio de los indicadores ambientales y se utilizan métodos computacionales se obtiene el mapa Geotecnológico que caracteriza al yacimiento Punta Gorda”.

Para su solución se planteó como **objetivo general**: diseñar el mapa Geotecnológico del yacimiento Punta Gorda, haciendo uso del software Tierra y como **objetivos específicos** se enumeran los siguientes:

1. Caracterizar el medio natural de la mina
2. Caracterizar el medio antrópico
3. Diseñar el mapa Geotecnológico del yacimiento Punta Gorda

Para resolver estos objetivos, la investigación se dividió en las siguientes **etapas** (Ver Figura 1):

- I. Revisión bibliográfica
- II. Caracterización del medio ambiente del yacimiento Punta Gorda
- III. Diseño metodológico del mapa geotecnológico
- IV. Trabajos de campo

V. Trabajos de gabinete

VI. Discusión de los resultados obtenidos

Para darle cumplimiento a cada etapa, fue necesario visitar el yacimiento en varias ocasiones. En estas visitas se tomaron fotos y muestras del agua de los lugares más afectados por la minería; las cuales se analizaron en el Centro de Investigación de las Lateritas (CIL). Para el diseño del mapa geotecnológico, se aplicó el software Tierra, que brinda la posibilidad de representar el mapa del yacimiento en la actualidad, es decir cómo se encuentra la explotación del mismo, la rehabilitación de las áreas minadas, entre otras características que se hayan representado y quieran ser conocidas.

A continuación, se exponen por capítulos los principales resultados obtenidos en cada etapa.

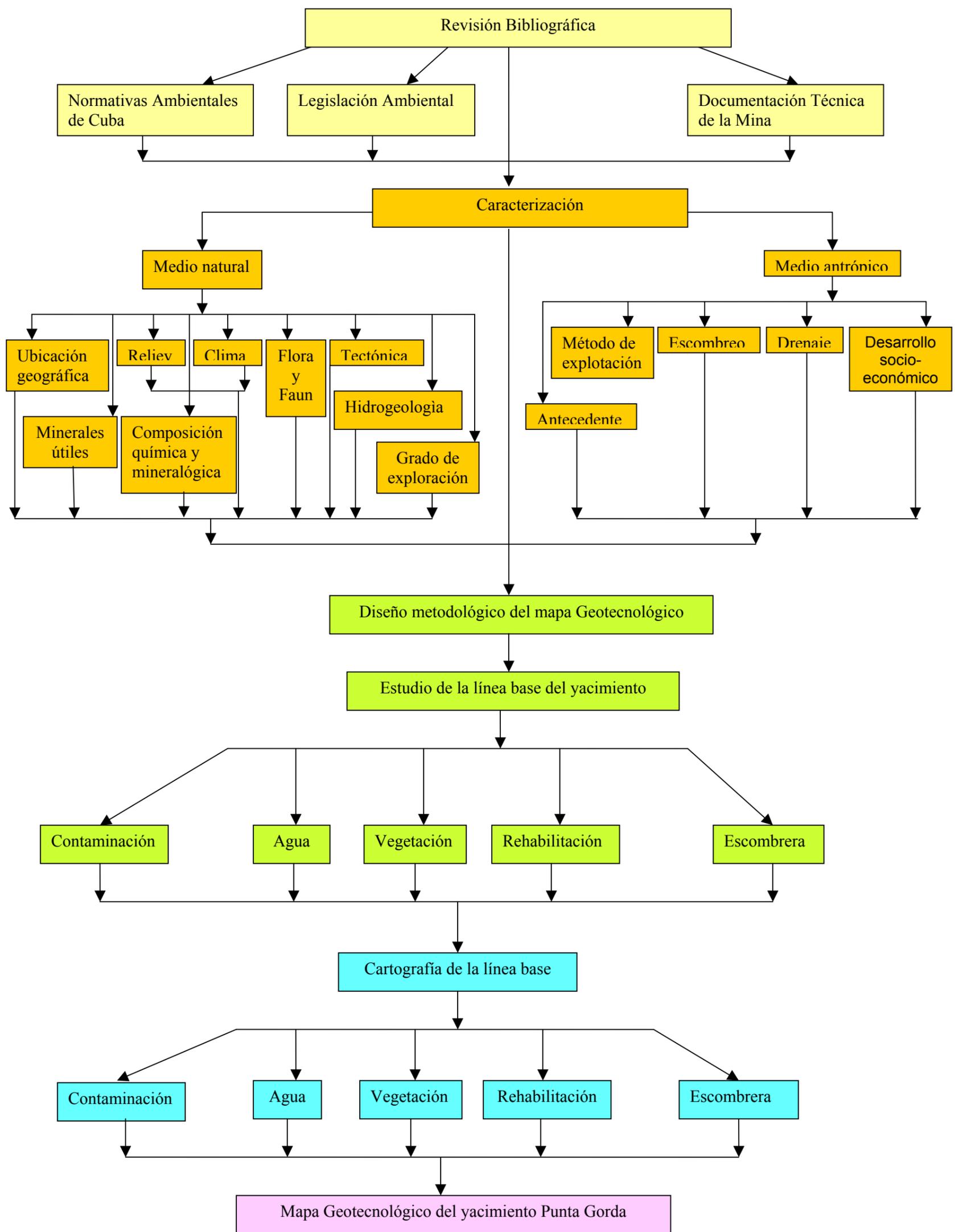


Figura 1. Etapas de la Investigación.

CAPÍTULO I CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL MEDIO NATURAL

Introducción

El siguiente capítulo tiene como objetivo el de caracterizar el medio ambiente del yacimiento Punta Gorda, para lo cual se tuvo en cuenta la ubicación geográfica, el clima, el relieve, la flora y la fauna, la tectónica, la hidrogeología, los minerales útiles de la región, la composición química y mineralógica de la roca de caja y del mineral y el grado de exploración geológica.

1.1 Ubicación geográfica del Yacimiento Punta Gorda

El área de estudio está situada al Noreste del municipio de Moa en la provincia de Holguín, perteneciente al macizo de hiperbasitas de Moa-Baracoa y forma parte de la megaestructura en forma de arco convexo hacia el Norte que se extiende desde la Sierra Cristal, cuenca del río Sagua, Cuchillas de Moa, Toa y Baracoa hasta la mitad occidental de Maisí denominado Anticlinal Oriental, incluyendo en ella el Anticlinorium Mayarí-Baracoa y el Horst de la Sierra del Purial de la clasificación de Pucharosky. Ubicándose dentro de los límites del macizo montañoso de Moa-Baracoa. El área está limitada por las coordenadas del Sistema Lambert siguientes:

$$X = 699\ 800 - 713\ 000$$

$$Y = 211\ 000 - 221\ 900$$

Los límites naturales del Yacimiento son:

Al Norte con las aguas del Océano Atlántico, al Sur con el río Cayo Guan y sus afluentes, al Oeste la línea convencional que los separa de los yacimientos Moa Oriental y Camarioca Norte y al Este el río Cayo Guan (Ver en el Anexo I el mapa de ubicación geográfica del yacimiento).

1.2 Clima

El clima de la región es tropical, la temperatura media anual es aproximadamente 27 °C, siendo en el verano de 30 °C a 32 °C y en el invierno de 22 °C a 26 °C. En el año hay dos períodos de lluvia, correspondientes a los meses Mayo-Junio y Octubre-Diciembre; y dos períodos de seca Febrero-Abril y Julio-Septiembre. La cantidad de precipitaciones oscila en amplios límites y el promedio es de 1700 - 1800 mm al año. Durante el verano las lluvias se presentan en forma de chaparrones y en el invierno son prolongadas.

1.3 Relieve

El relieve de la región se caracteriza por su inclinación hacia el norte con rangos de pendientes variables y desmembrado por valles muy profundos, correspondientes a las áreas interfluviales Moa, Yagrumaje, Punta Gorda y Cayo Guan que se caracterizan por

las formas aplanadas con cañadas y valles formados en el período de peniplanización con los desniveles relativos del relieve que oscilan entre los 70 y 110 m. El mismo está compuesto por montañas, laderas abruptas y el resto está ocupado por altiplanos. Es muy frecuente encontrar en el territorio la formación de barrancos en las partes altas y medias de los ríos que lo atraviesan en dirección sur a norte.

I.4 Flora y Fauna

La vegetación de la región se caracteriza por la presencia de 7 formaciones vegetales naturales: el bosque tropical ombrófilo, el bosque tropical ombrófilo de árboles latifolios y aciculifolios, el bosque tropical ombrófilo aluvial, el bosque tropical mesófilo de baja altitud, el bosque tropical de coníferas, el matorral tropical xeromorfo espinoso, el matorral tropical xeromorfo, y el manglar. Estas formaciones vegetales ocupan alrededor de un 90 % del territorio, un 10 % está ocupado por ecosistemas de reemplazos.

En el municipio de Moa donde se ubica el yacimiento, se reporta un total de 345 especies de las cuales el 92 % están en los ecosistemas naturales antes mencionados, así como 213 son consideradas endémicas que representan un 23 % del endemismo del territorio, [Maden, (2001)]. De estas especies endémicas 17 son exclusivas de Moa, 5 están en peligro de extinción y 20 son catalogadas de vulnerables a desaparición.

El microclima lluvioso y la combinación de montañas y costas contribuyen al aumento de la diversidad de plantas por lo que se pueden encontrar pinares, pluvisilvas charrascos y bosques de galerías. En el área del yacimiento predominan los pinares (Ver foto 1). En las partes más elevadas también se encuentran otras especies muy difundidas. (Ver foto 2).



Foto 1. Zona minada rehabilitada, [Guerrero,(2003)].



Foto 2. Vegetación autóctona del yacimiento Punta Gorda, [Guerrero, (2003)].

La fauna se caracteriza por especies pocos comunes en otros lugares y está en correspondencia con el clima y la vegetación existente por lo que abundan las especies raras, sobre todo en lo referente a los invertebrados. Los invertebrados están representados mayormente por los anolis (Ver foto 3). La avifauna que no es muy abundante en cuanto a especies, cuenta con ejemplares poco comunes en otras regiones, como son los casos de las cotorras, el catey y el tocororo. Son muy abundantes la cartacuba, el colibrí, el querequeté y las populares pechitas. Ocasionalmente se observan zorzales y arrieros. La fauna edáfica es poco abundante y se encuentra en las áreas boscosas, los ácaros y los calímbalos son los más abundantes. Una muestra de la flora y la fauna se muestran en la tabla 1 y 2 respectivamente en el Anexo II.



Foto 3. Invertebrado presente en el yacimiento Punta Gorda, [ESECIGMA, (2003)].

I.5 Tectónica de la región

Se determinó que la región descrita ocupa una parte de la elevación Laramídica denominada Anticlinal Oriental o zona estructuro-facial Nipe-Cristal-Baracoa. En esta estructura se mencionan tres tipos estructurales los cuales son:

* Piso estructural inferior: Está representado por formaciones plegadas de efusivos del Cretácico.

* Piso estructural medio: Está compuesto por rocas típicas de molasa del Maestrichtiano, las cuales forman pliegues suaves.

* Piso estructural superior: Refleja la etapa epiplatafórmica del desarrollo de la región y se caracteriza por una dislocación débil de los depósitos del Eoceno para las cuales es característica una yacencia monoclinal.

Los sistemas de fallas se desarrollan muy bien en la región y se refleja en forma de zonas de rompimiento, fracturación, grandes grietas y espejos de fricción. La dirección fundamental de estas fallas es submeridional noreste y noroeste, estando limitada el área por dos grandes fallas regionales que son las del río Moa y la del río Cayo Guan.

I.6 Hidrogeología de la región

En la zona del yacimiento Punta Gorda están ampliamente distribuidas las aguas subterráneas, las que se encuentran relacionadas con la parte superficial agrietada de los macizos ultrabásicos, principalmente de las serpentinitas. El agrietamiento intenso y la acuosidad relacionada con éste se presentan a una profundidad de 20 - 30 m, y que la zona más agrietada e inundada por lo general tiene una potencia de 2-5 m. A grandes profundidades las rocas son prácticamente monolíticas y no contienen agua subterránea.

En la región existen manantiales de aguas subterráneas ligados a las zonas de agrietamiento. El gasto de éstos varía desde fracciones hasta varios litros por segundo y depende de la cantidad de precipitaciones atmosféricas que caen al suelo. Las aguas son dulces, con una mineralización de 0,1 - 0,5 g/l y presentan una composición hidrocarbonatada-magnesiaca o hidrocarbonatada-cálcica. Al mismo tiempo la región se caracteriza por un amplio desarrollo de la corteza de intemperismo, la que se presenta en las rocas ultrabásicas y sedimentarias del substrato. Dada la presencia en la región de una estructura tectónica compleja que se caracteriza por la presencia de alargadas zonas de fallas, se puede suponer que pueden estar inundadas las cuales contienen grandes reservas de aguas subterráneas que en algunos lugares aflora a la superficie (Ver foto 4). Este yacimiento se encuentra enmarcado entre los ríos Moa y Yagrumaje por el Norte y Sur respectivamente y en él existen dos horizontes acuíferos: uno de rocas lateríticas y

representado por el ocre inestructural con y sin perdigones y el ocre estructural y el otro representado por las serpentinitas desintegradas y fracturadas; además existe un horizonte acuífero artesiano con una distribución local, caracterizado por un material arcilloso ferruginoso impermeable el cual confina el agua presente en el ocre estructural. Las partes central y Sur del yacimiento se encuentran menos inundadas que el norte observándose que en la parte central las magnitudes de los ascensos y descensos varía entre 4,0 m en período de lluvias. La parte Sur es la más alta del yacimiento, con cotas absolutas superiores a los 170 m y está menos inundada, la cual en períodos de lluvia se inunda parcialmente y en períodos de seca algunos pozos quedan sin agua. Las divisorias de las aguas superficiales se encuentran al Sur del yacimiento, con cotas absolutas superiores a los 170 m. Las direcciones principales de las aguas subterráneas según se observa en el mapa de hidroisohipsas del Plan 20 años, son hacia el Norte donde se encuentran las zonas más bajas y hacia el Sur-sureste, constituyendo en esta dirección el río Yagrumaje la zona de descarga.

Desde el punto de vista hidrogeológico el área del yacimiento Punta Gorda está caracterizado por dos zonas, la primera zona comprende los bloques T-46, 47, S-42, 43, 44, 45, 46, 47, R-42, 43, 44, 45, 46 y 47; donde existen las mayores potencias de los horizontes acuíferos y con poca variación de las profundidades de los niveles del agua subterránea en el tiempo.

Las menas siempre están inundadas, (zona de descarga) y la segunda zona comprende el resto del yacimiento donde prácticamente las lateritas no contienen agua a excepción de sectores locales que en períodos de seca quedan sin agua o con potencias acuíferas pequeñas casi siempre inferiores a los 2 m. La fuente principal de alimentación de las aguas subterráneas la constituye las precipitaciones atmosféricas, que son abundantes para el área con valores diarios entre 1 mm y 235,5 mm.



Foto 4. Agua subterránea que aflora a la superficie, [Guerrero, (2003)].

I.7 Minerales útiles de la región

Entre los minerales útiles que se encuentran en la región de los trabajos se señalan las menas ferro-niquelíferas-cobálticas relacionadas con los productos de intemperismo de las hiperbasitas. Las rocas que componen este depósito mineral están representadas por el complejo del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico metamorfizado compuesto por las peridotitas y sus serpentinas, y el complejo cumulativo formado por gabros olivínicos y plagiogranitos.

Como representante del complejo ofiolítico en el contacto del yacimiento Punta Gorda y por su abundancia, tenemos los siguientes tipos de rocas: serpentinitas apoharzburgíticas y harzburgitas serpentinizadas. Las serpentinitas apoharzburgíticas y harzburgitas serpentinizadas se desarrollan en todo el yacimiento y a ellas se asocian la masa fundamental de la mineralización. En su mayoría estas constituyen rocas estériles de colores gris verdoso a verde con tonalidades amarillas caracterizadas por un alto contenido de sílice y magnesio y bajos contenidos de níquel y hierro. Desde el punto de vista mineralógico las fases predominantes para estas rocas la constituyen los minerales de serpentina (78 %) y los minerales arcillosos (10 %). Estos tipos rocosos originan la mayor parte de la corteza friable productiva del yacimiento. El complejo cumulativo aparece en la parte más oriental del yacimiento, en las proximidades del río Yagrumaje, y se encuentra representado por plagioclasitas, anfibolitas y gabros olivínicos. Las dos primeras son las menos abundantes y se encuentran ubicadas en el Este del yacimiento y la última es más abundante y se encuentra muy diseminada por toda el área del sector oriental en forma de pequeños cuerpos aislados. Estos tipos de rocas determinan áreas no mineralizadas con hierro, níquel y cobalto, y caracterizadas por una potente capa de escombros con relación a la capa mineralizada.

Durante la última etapa de exploración detallada del yacimiento se pudo concluir que en la parte occidental el basamento no es tan complejo; pero en la zona oriental el basamento es variado (Ver foto 5) y se recomendó tener en cuenta las particularidades antes señaladas para una mejor delimitación de estos cuerpos con mineralización perjudicial al proceso tecnológico de la Empresa "Comandante Ernesto Che Guevara".



Foto 5. Muestra de la litología del Yacimiento Punta Gorda, [Guerrero, (2003)].

Los yacimientos de cromitas refractarias por su importancia ocupan el segundo lugar en el área. Otros minerales útiles que se destacan en el yacimiento son las manifestaciones de asbesto crisotílico y pobre mineralización de cobre en las zonas de los gabroides.

I.8 Composición química y mineralógica de la roca de caja y del mineral

El mineral yace en forma de capas y bolsones cuya potencia promedio es de 10-30 m, siendo la zona sur la de mayor potencia; la potencia promedio de estéril es de 6-10 m, siendo la relación de escombro mineral aproximadamente de $0.45 \text{ m}^3/\text{Tn}$. La materia prima útil en el yacimiento está constituida por dos tipos de menas, que son: laterita niquelífera de balance (LB) y serpentinas blandas niquelífera de balance (SB). Las menas lateríticas de balance aunque a veces pueden aparecer con altos índices de sílice y magnesio son generalmente ricas en Fe, Ni y Co. Las rocas estériles están constituidas por las de basamento de la corteza de intemperismo, que poseen bajos contenidos de óxido de níquel (Ni 0,9%) aunque puede darse el caso de que algunas muestras tengan contenidos altos de este componente, [Espinosa y Antonio, (2000)]. Sus principales propiedades físico-mecánicas, se reflejan en las Tablas 3.

Tabla 3. Características físico - mecánicas de algunos horizontes de la corteza de intemperismo que componen el yacimiento Punta Gorda, [ECECHG, (2002)].

Propiedades	U/M	Horizontes			
		Ocres inestructurales con perdigones	Ocres inestructurales sin perdigones	Ocres estructurales	Serpentinitas fuertemente alteradas
Peso volumétrico húmedo	t/m ³	1.69	1.65	1.59	1.38
Peso volumétrico seco	t/m ³	1.08	1.11	0.97	1.02
Peso específico	t/m ³	3.57	3.67	3.72	3.81
Humedad natural	%	36.00	35.40	48.18	34.7
Magnitud de la cohesión	-	0.63	0.26	0.45	1.40
Ángulo de fricción interna	Grados	28.16	26.93	23.3	16
Coefficiente de porosidad	-	1.89	2.69	3.01	2.74
Índice de plasticidad	%	16-18	15-20	12-27	20

1.9 Grado de exploración geológica

Está establecido que para iniciar la exploración del yacimiento se utilice un espaciamiento entre los pozos de 300x300 m, luego a medida que aumenta el grado de estudio este espaciamiento pasa a 100x100 m y finalmente a 33.33x33.33 m. En la etapa de explotación la red es de 16.66x16.66 m. La exploración de los yacimientos es realizada por la Empresa Geólogo Minera de Oriente radicada en Santiago de Cuba.

La toma de muestras se realizó por perforación en espiral de pozos ordinarios espaciados según redes cuadradas en función de la variabilidad en sentido horizontal. La categorización de recursos de los yacimientos lateríticos y el análisis de las mismas se realizó en el laboratorio "Elio Trincado" de la misma empresa "Comandante Ernesto Che Guevara".

Para obtener testigos de perforación más representativos por su grado de recuperación, se emplea la perforación a columna, fundamentalmente para investigar la composición de

los fondos. Los pozos criollos, como laboreos mineros de exploración se ejecutan, como regla, con secciones cuadradas de 1,5 m x 1,5 m, y una de sus paredes (la norte) coincide con el eje del pozo ordinario controlado.

En la empresa existe una base de datos en soporte magnético con toda la información de cada yacimiento por pozos, metro por metro con los análisis químicos para Ni, Fe, Co. Además, se guarda la información de los resultados de los pozos criollos, la base topográfica y otros datos de interés.

Actualmente con los datos de los pozos perforados, la Empresa Geólogo Minera de Oriente realiza el cálculo de los recursos con diferentes leyes de corte utilizando el software "SG Visión" aplicando el método de las áreas de influencias y tomando como potencia mínima industrial 1m y potencia de escombros intermedio menor o igual a 2m.

Toda la actividad de desarrollo geológico de los yacimientos Yagrumaje Sur, Norte, Oeste y Camarioca se realizó con terceros donde se incluyó hasta la red auxiliar. A los yacimientos Yagrumaje Oeste y Yagrumaje Norte se les realizaron los trabajos de exploración y desarrollo en el período 2002-2004, ya que en el año 2005 estos yacimientos entran en explotación.

En el yacimiento Punta Gorda quedan 12 bloques aún sin perforar en la red de 16.66x16.66m, de los cuales 6 corresponden a la zona de alto escombros (parte Este del yacimiento) y 6 a la parte Suroeste correspondientes a los bloques afectados por líneas eléctricas. Estos trabajos pueden continuar haciéndolos con medios propios, sin contratar terceros, ya que estos bloques por sus características entran de forma paulatina a partir del año 2011.

CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO ANTRÓPICO

Introducción

El siguiente capítulo tiene como objetivo caracterizar el medio antrópico existente en el yacimiento Punta Gorda. Dicha caracterización permitió identificar los antecedentes y estado actual de la minería, y el desarrollo socioeconómico alcanzado en la región.

II.1 Antecedentes y estado actual de la minería

La explotación del yacimiento Punta Gorda comenzó en el año 1985. En la actualidad se ha explotado a más de un 50% y en el año 2002 cerró con una producción anual superior a los 3.5 millones de toneladas por metro de mineral. La superficie de la zona minada es de aproximadamente 2 854 400 m². Este yacimiento constituye actualmente la única fuente de materia prima de la Empresa "Comandante Ernesto Che Guevara". A partir de este año 2004 se incorporan nuevos yacimientos como: Yagrumaje Norte, Yagrumaje Oeste, Yagrumaje Sur, Camarioca Este, La Delta y Cantarrana.

Para la explotación del yacimiento se tienen en cuenta los siguientes procesos:

- **Desbroce:** Esta actividad consiste en eliminar toda la capa vegetal existente en la zona de futura minería que más tarde es depositadas en áreas ya minadas.
- **Destape:** El destape es la labor de preparación minera que requiere un mayor volumen de trabajo y para el caso particular del yacimiento, alcanza cerca del 33% del movimiento de toda la masa mineral. El material de destape es depositado en escombreras de forma que permita su futura explotación, esta operación ocasiona uno de los principales volúmenes de trabajo en la minería, originando una parte importante de las inversiones necesarias para la operación de la mina y ocupa uno de los puntos principales en el costo de la minería.
- **Construcción de caminos:** Los caminos se dividen en principales y secundarios, se construyen en el período de preparación de la minería en la apertura del yacimiento para unir los distintos frentes de arranque y escombreo con la planta de preparación de mineral y con las escombreras.
- **Trabajos de drenaje:** Debido a las condiciones hidrogeológicas difíciles de este yacimiento, es necesario realizar una serie de excavaciones mineras (embalses, canales, zanjas de desagüe, etc.), para reducir la humedad del mineral y evitar pérdidas.

- Extracción y transporte: Consiste en la separación del mineral de la roca de caja y su traslado hasta la planta de recepción y trituración (O-1), o hasta depósitos interiores. Esta actividad debe garantizar la extracción del volumen de mineral requerido, para el proceso tecnológico, lo que comprende múltiples actividades relacionadas con el aseguramiento de los equipos, su productividad, el mantenimiento de los caminos y otros, además lograr que el mineral suministrado a la planta reúna de forma permanente la calidad exigida por el proceso metalúrgico.

Los principales equipos que se utilizan en la mina en esta etapa son buldózer, traíllas, mototraíllas y motoniveladoras. En el año 1997 se comenzó a aplicar durante el destape de reservas el sistema retroexcavadora hidráulica - camión articulado.

El arranque de mineral del macizo se realiza con la ayuda de excavadoras de cable de arrastre, retroexcavadoras hidráulicas, y su posterior carga a camiones articulados o rígidos que lo transportan a la planta de preparación de mineral o a depósitos.

El régimen de trabajo utilizado en la mina en este año se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Régimen de trabajo empleado en la mina, [ECECHG, (2002)].

Indicador	Des. Geológico	Prep. Minera	Ext. y Transp.
Días calendario	365	365	365
Días perdidos por lluvia	49	40	20
Días efectivos	216	325	345
Duración del turno, horas	8	12	12
Turnos en el día	1	2	2
Util. del tiempo del turno, %	86	83	85

II.3 Método de explotación empleado

El modo de explotación aplicado en la mina de la empresa "Comandante Ernesto Che Guevara" es a cielo abierto. El sistema de explotación es con transporte, arranque y carga directa con excavadoras, en un escalón (si se utilizan dragalinas) o varios escalones (si es con retroexcavadoras hidráulicas, ver anexo III figura 3). El transporte es automotor desde los frentes a los depósitos intermedios, y ahí a la planta de preparación de mineral. La dirección de desarrollo de los frentes de trabajo en el plano horizontal es en abanico,

ver anexo III figura 4. La altura del banco puede llegar hasta 15 m cuando se emplean Dragalinas, y 3 m si se emplean retroexcavadoras hidráulicas.

En estos últimos años se han empleado las Dragalinas y retroexcavadoras hidráulicas de forma combinada, con lo cual se extrajo la parte superior del perfil; es decir, todo el mineral laterítico de balance y parte de la serpentina de balance con las Dragalinas, y los fondos de SB con las retroexcavadoras hidráulicas.

En aquellos lugares donde los frentes de trabajo son muy abruptos, se utiliza en los primeros escalones el sistema de explotación con arranque y carga directa mediante retroexcavadora hidráulica a los camiones, para así dar paso a la entrada de la excavadora de arrastre, (Dragalina). En estos momentos la empresa se encuentra realizando un Leasing de equipos que no es más que un alquiler, principalmente camiones articulados marca Volvo, los datos técnicos de estos y otros equipos utilizados en el yacimiento pueden observarse en el Anexo IV Tabla 5.

II.4 Escombreo

Previo a las labores de escombreo se realiza el desbroce y el arranque de la capa vegetal, la cual se deposita separada de escombro para su posterior uso en las labores de rehabilitación. Debido a que el yacimiento Punta Gorda se encuentra en explotación desde el año 1985, éste cuenta con varias zonas dedicadas a depositar escombro, por lo que se recomienda el uso de estas hasta donde las condiciones de capacidad y estabilidad lo permitan; además, se van conformando otras en las zonas minadas en la medida que se avanza la explotación minera (Ver foto 6).



Foto 6. Formación de una escombrera, [Guerrero, (2003)].

En este yacimiento durante la apertura de los frentes en caso de no disponer áreas no minerales suficientes u otras zonas donde ubicar las escombreras se prevé la utilización del método de doble remoción, depositando el escombros en zona mineral trasladándolo luego hacia las áreas minadas.

Para evitar grandes distancias de transportación del escombros, se utilizan varias áreas para escombreras, ubicándolas de manera que no interfiere la minería. Esto además favorece los trabajos de reforestación al tener que usar este mismo material como relleno de áreas minadas, minimizando así los costos de transportación y evitando así la construcción de escombreras de gran tamaño, las cuales por lo general se convierten inestables y provocan deslizamientos.

En los yacimientos Yagrumaje Norte y Oeste se prevé trasladar el escombros de los primeros meses hacia escombreras localizadas en el yacimiento Punta Gorda por encontrarse en su cercanía; posteriormente se usarán las áreas minadas como escombreras para disminuir los gastos de transporte.

Los parámetros de diseño de las mismas son los siguientes:

1. Altura de los bancos----- 3.0 m
2. Berma de seguridad----- 4.0 m
3. Talud del escalón----- 1:2
4. Talud final----- 1:3

II.5 Drenaje

El yacimiento Punta Gorda tiene creada la mayoría de las condiciones para el drenaje y además producto de la explotación, el mismo ya no posee grandes problemas hidrogeológicos. Para facilitar el drenaje en este yacimiento se realizaron varios trabajos y se trazaron estrategias de minería, las cuales pueden servir de base para su implantación en los demás yacimientos; entre éstas se encuentran la construcción de canales de drenaje por la parte baja del yacimiento, para coleccionar el agua; un canal colector por la parte superior del área cortando el manto freático y la combinación de las dos anteriores. Teniendo en cuenta todo lo anterior se elaboró un esquema de distribución de las zonas de minería, que facilitaron un descenso en el manto freático en una amplia zona, las soluciones particulares de cada caso se resolvieron de manera local.

El drenaje durante la minería es en lo fundamental por gravedad facilitado por la dirección de realización de la extracción donde se guían las aguas a través de canales hacia diques, cuencas de sedimentación, presas, etc, de manera que se logre la extracción del

agua de los frentes de minería pero a su vez también se minimiza la contaminación de los ríos y se controla la erosión (Ver foto 7).



Foto 7. Drenaje de las aguas superficiales por gravedad.

II.6 Desarrollo socio-económico de la región

Esta mina se encuentra ubicada en una de las regiones minero-metalúrgicas más desarrolladas del país. El municipio de Moa representa el centro urbano principal de la zona. Como mesoregión, presenta valores intermedios de densidad vial (12-19,9 Km./Km²) su grado de urbanización está entre el 60 y el 80 %. La población del municipio es superior a los 68 500 habitantes.

El sistema de asentamiento tiene dos centros urbanos, la cabecera municipal Moa y Punta Gorda, [Gutiérrez y Rivero, (1997)]. Otros datos de interés pueden apreciarse en el Anexo V tablas 6, 7, 8, 9 y 10. Estos centros urbanos, poseen un considerable desarrollo social con valor histórico y turístico.

Se han edificado en la zona importantes hospitales y los centros de educación abarcan desde el nivel primario hasta universitario. La presencia de un puerto y un aeropuerto propician el vertiginoso desarrollo de la zona.

La red vial cuenta con 48 Km. de carreteras distribuidas de Este a Oeste y de Norte a Sur, teniendo como nudo la ciudad de Moa que la une al municipio de Frank País (36 Km.) y Baracoa, (62 Km.). Se dispone de una red de acueductos y alcantarillados. Los asentamientos y las urbanizaciones, están conectados al Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

Próximo a este yacimiento aparecen además, dos plantas procesadoras de mineral de níquel y cobalto: la fábrica Comandante Ernesto Che Guevara y la empresa mixta cubano-canadiense Moa-Níquel S.A. Comandante Pedro Soto Alba; así como otra en construcción; Las Camariocas.

Otras entidades, pertenecientes a la Unión del Níquel que sirven de apoyo a esta industria y a otras ramas de la economía son las empresas Mecánica del Níquel, Comandante Gustavo Machín; Constructora y Reparadora del Níquel Comandante Pinares; Centro de Proyectos del Níquel; Centro de Investigación de las Lateritas, Centro de Investigación y Superación del Níquel; Cromo-Moa y la planta de procesamiento de cromo refractario, ubicada a 4 Km. del poblado de Punta Gorda; entre otras.

CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO DEL MAPA GEOTECNOLÓGICO

Introducción

El siguiente capítulo tiene como objetivo diseñar el mapa Geotecnológico del yacimiento Punta Gorda; para lo cual fue necesario consultar los resultados obtenidos en el proyecto desarrollado por los investigadores del Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONIQUEL); las regulaciones ambientales y normativas tanto nacionales como internacionales vigentes, los decretos y resoluciones; así como la documentación técnica de la mina.

Dentro de las regulaciones más utilizadas están:

- La ley No. 81 del medio ambiente, promulgada el 11 de Julio de 1997 por el Parlamento Cubano.
- La ley de minas
- Ley para inversión extranjera.
- La ley forestal
- La ley de salud pública

Y de las regulaciones internacionales, tenemos que Cuba es asignataria de los siguientes convenios:

- Convenio de Basilea sobre los desechos peligrosos.
- Convenio de Río de Janeiro

Entre los decretos y resoluciones tenemos:

- Decreto Ley:

-DL. 136. Del Patrimonio Forestal y Fauna Silvestre y sus contravenciones.

-DL. 212. Gestión de la Zona Costera.

-DL. 56. Para la regulación del Uso Pacífico de la Energía Nuclear.

-DL. 99. De las Contravenciones Personales.

- Resoluciones – CITMA:

-R. 111.96. CITMA. Regulaciones sobre Biodiversidad.

-R. 136.95. CITMA. Regulaciones para la Inspección Ambiental Estatal.

-R. 159.95. CITMA. Procedimiento Productos Químicos Tóxicos.

-R. 9. 97. CITMA. Reglamento Red Nacional de Vigilancia Radiológica Ambiental.

-R. 77.99. CITMA. Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

Para su ejecución fue necesario determinar la línea de base medio ambiental del yacimiento; a partir de los principales indicadores ambientales. Esta operación abarcó los

principales componentes del medio tanto biótico como abiótico (clima, agua superficial y subterránea, vegetación, fauna terrestre y la atmósfera). Finalmente se cartografiaron los resultados obtenidos haciendo uso del software “Tierra” diseñado por el Dr. C. Arístides Legrá Lobaina del ISMM.

III.1 Línea de Base Climatológica

Los parámetros utilizados para la determinación de la línea de base climatológica son:

- Precipitación
- Evaporación
- Temperatura
- Velocidad del viento

Precipitación

La caracterización del régimen pluvial en áreas de explotación minera a cielo abierta resulta vital, por cuanto la lluvia es uno de los elementos meteorológicos que mayor efecto contraproducente provoca por concepto de interrupción de la jornada laboral, erosión del terreno, destrucción de caminos e inundaciones en zonas bajas y excavaciones.

El régimen de precipitaciones en Moa, posee rasgos diferenciales respecto a otras zonas del país, pues en su ritmo anual, se observa como tendencia la ocurrencia de láminas máximas entre los meses de Octubre y Enero, es decir, hacia finales del período lluvioso (Mayo-Octubre) y comienzos del menos lluvioso (Noviembre-Abril), de forma que resulta más regular. Este comportamiento es modelado fundamentalmente por características del relieve montañoso, que unido a la influencia de vientos cargados de humedad, predominantes en la zona, provocan la frecuente formación de lluvias por convención orográfica, las cuales descargan en la vertiente norte del macizo correspondiente al área de estudio, que constituye la región más lluviosa de Cuba. Existe, además, un máximo secundario de precipitaciones en Mayo y dos mínimos relativos, el principal, de Febrero a Abril, y el secundario, de Junio a Septiembre.

La precipitación media anual en la región de Moa, evaluada para un período de 41 años (de 1931 a 1972) oscila entre 1400-2000 mm en la costa y de 2000 a 3800 mm en la zona montañosa, resultando noviembre el mes de mayor cantidad de días con lluvia. La distribución anual de la lluvia es muy uniforme, con coeficientes de variación de 0.26 y 0.20 para los períodos menos húmedo y húmedo respectivamente, indicando la poca variabilidad estacional de éste parámetro, que caracteriza a la zona. El gradiente de precipitaciones con la altura para la vertiente Norte del macizo Sagua- Baracoa, es el

mayor del país; este supera los 173 mm/100 m para alturas de hasta 280 m y llega a 90 mm /100 m para alturas hasta 500 m.

De mucho interés resulta el comportamiento de la lámina de lluvia máxima diaria anual (1% de probabilidad), con valores que superan los 350 mm. Lluvias de tal magnitud se asocian básicamente con organismos depresionarios tropicales cuya temporada de ocurrencia abarca desde junio a noviembre, siendo octubre el mes más peligroso.

Evaporación (y evapotranspiración)

Con la finalidad de estudiar y entender los procesos hidrológicos en zonas de montaña se requiere de un conocimiento, lo más detallado posible, de la ecuación de balance hídrico para esas condiciones geográficas particulares. En esta ecuación de balance hídrico se incluyen algunas variables tales como: el componente superficial y las pérdidas por interceptación desde la cubierta vegetal del suelo, que en la práctica, son muy difíciles de medir directamente.

Así ocurre también con la determinación de la evaporación total en las regiones montañosas. A los cambios verticales producidos por la altitud en las características de las masas de aire, de la nubosidad y de la cubierta vegetal, se suman con gran fuerza los efectos de las variaciones en la magnitud de la radiación solar incidente en laderas de diferente exposición. Además, la separación de esta variable en sus componentes principales (transpiración, evaporación desde el suelo, desde la superficie de la vegetación y desde los cuerpos de agua) requeriría de mediciones de las temperaturas en la superficie y cubierta del suelo con el empleo de técnicas de detección a distancia aún no lo suficientemente desarrolladas en la actualidad (Kuchment, 1990).

La importancia de la evapotranspiración, como componente del balance hídrico de una cuenca, viene dada por el hecho de que ésta constituye entre un 25 y un 70% de los aportes totales por precipitaciones aunque no se pueda medir directamente y deba ser estimada a partir de balances de energía o por enfoques aerodinámicos.

En Cuba se dispone de información solamente acerca de la evaporación desde la superficie libre del agua, obtenidas mediante observaciones operadas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos o por el Instituto de Meteorología del CITMA, empleando para ello tanques evaporimétricos Clase A, similares a los utilizados por el Servicio Hidrológico de los EE UU. Esta información ha sido procesada por diferentes investigadores y se dispone del conocimiento de su variabilidad espacio-temporal a escalas nacional y regional amplias. La falta de observaciones de esta variable en la localidad de Moa Oriental, o en sus inmediaciones representativas, obliga a hacer

referencia a este componente de la evaporación total a través de sus parámetros estadísticos y las temporadas en un marco territorial muy general.

Sobre esta base, y tomando en cuenta el gradiente inverso con la altura de esta variable, se adopta un valor medio anual de la evaporación potencial desde la superficie libre del agua, E_0 , de 1800 mm, distribuidos mensualmente según se reseña en la tabla IV.1.5.8 (Atlas Nacional de Cuba, 1989), aquí tabla 11:

Tabla 11 Evaporación potencial desde la superficie libre del agua (%).

Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Tota I
E_0	6, 6	7, 1	9, 4	10,6	9, 6	8, 7	10,2	9,9	8, 2	7, 3	6, 2	6,2	100

Para reducir los valores de la evaporación a sus magnitudes reales, deben ser afectados por un coeficiente que, para el total anual y en dependencia de factores específicos de la localidad en que serán utilizados, toma valores en el intervalo 0.7-0.9. Utilizando un valor empírico de 0.75 para este coeficiente de reducción, puede estimarse la lámina media anual real, en unos 1350 mm anuales, equivalente a una tasa promedio diaria de 3.7 mm. La evaporación total o evapotranspiración anual media en la localidad puede evaluarse, de manera muy aproximada, entre 900 y 1100 mm.

Temperatura

El régimen de temperatura del aire es el típico de zonas costeras, de la región tropical con un valor medio anual superior a 24° y temperaturas máximas y mínimas absolutas anuales de 36 y 12° respectivamente.

Velocidad y dirección del viento

El conocimiento de las variaciones del régimen local de vientos en las capas bajas de la atmósfera del territorio se analizó, dada su influencia en la dispersión y el traslado de contaminantes gaseosos y material particulado. El sistema local de vientos en Moa refleja una mayor frecuencia de casos con rumbos del 1er y 2do cuadrantes (entre el Noreste y el Sureste), mostrando muy buena correlación con las situaciones correspondientes a las estaciones meteorológicas costeras de Punta Lucrecia al Norte de Holguín y Baracoa en la provincia de Guantánamo (Boytel, 1972).

En 1989 fue realizado en esta zona un estudio detallado del comportamiento local del viento a partir de mediciones en la altura realizadas por el método de observaciones de

globo piloto (Amaro et al., 1992), lo que permitió por primera vez obtener una visión clara de las características de este sistema. Entre otros aspectos se comprobó una alta frecuencia en horas del medio día y la tarde de valores máximos de rapidez del viento que cumplen el criterio de Chorro de Bajo Nivel (CHBN). Al respecto, Amaro et al. (1984) y Carnesoltas (1987) han determinado que para clasificar los máximos de rapidez del viento que ocurren en los primeros 1500 m de altura como CHBN deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- a) $V_m > 10 \text{ m/s}$
- b) $0 < z < 1000 \text{ m}$
- c) $(V_m - V) < 3 \text{ m/s}$

Donde:

V_m : Velocidad máxima del viento entre superficie y 1 km de altura.

V : Velocidad del viento 300 m por encima y por debajo de la altura de V_m .

Z : Altura donde ocurre V_m .

Resulta frecuente además, encontrar una capa de máximos entre 100 y 300 m de altura asociados a direcciones entre el Noreste y Sureste en horas del mediodía. Tales valores de máxima velocidad del viento superiores a 10 m/s responden al efecto de la orografía, la influencia del anticiclón subtropical del Atlántico Norte y al fuerte flujo del Este predominante en la zona. Más del 60 % de los casos señalados se registran en la capa atmosférica por debajo de 500 m.

La situación geográfica, hacen que la zona de Moa se encuentre bajo la influencia directa de los vientos Alisios, de manera que la brisa puede quedar enmascarada dentro del flujo de circulación general de la atmósfera, sin que se aprecie cambio de signo de las componentes en la mañana, manifestándose solamente un aumento en la velocidad del viento, en un proceso conocido como reforzamiento del Alisio por la brisa.

El estudio de las brisas en Moa se basó en las siguientes condiciones:

1. Situación sinóptica imperante en los días seleccionados.
2. Consideración de la orientación de la línea de costa para determinar la componente de la rapidez del viento más representativa en este tipo de circulación.
3. Cambios de signo en la componente representativa durante el día, para determinar la hora de entrada de la brisa marina.
4. Dirección del flujo a gran escala y variación de la rapidez del viento durante el día.
5. Comportamiento del viento en la altura.

Para el territorio de Moa, la brisa marina o diurna comienza a manifestarse alrededor de tres horas después de la salida del sol, como es habitual en zonas costeras tropicales, ganando en intensidad con un máximo en la rapidez del viento cerca del mediodía, para después comenzar a decrecer hasta desaparecer cerca o tras la puesta del sol. Este sistema de circulación local se complica, porque la manifestación de la brisa en los primeros 400 metros puede verse acompañada por un movimiento de retorno del viento en alturas superiores (más de 1000 metros), cuyas direcciones son prácticamente contrarias a las existentes en la capa de brisa marina, lo que hace surgir un movimiento desordenado de los contaminantes en su propagación.

En la zona se ha determinado una frecuencia significativa de vientos, aunque la información sobre el viento en condiciones nocturnas en la zona es muy escasa, la presencia del terral ha sido inferida a partir de evaluaciones para las primeras horas de la mañana (Amaro et al., 1990). En tal sentido, al evaluar datos de las 06.00 horas se encontró la manifestación del terral como un flujo continuo de vientos del tercer cuadrante de poca intensidad hasta 2-3 horas después de la salida del sol, quedando ubicado el inicio de la hora de transición terral - brisa marina en el período de 08.00-09.00. Los espesores del terral en la zona han mostrado valores entre 300 - 600 m, con las menores alturas en el área de la fábrica Ernesto Guevara, donde en ocasiones no superan los 300 m.

La presencia en la zona de un terral débil (espesor entre 150-200 m), unida a las ubicaciones de las dos plantas actualmente en funcionamiento, puede provocar la ocurrencia de situaciones muy especiales de propagación de contaminantes, las cuales han sido denominadas "situación de penacho invertido".

Además de lo descrito, la evaluación del viento en la zona durante el periodo nocturno (Alvarez et al., 1990) reveló una alta ocurrencia de casos de rapidez del viento inferior a 1 m/s, lo que unido al elevado número de casos de calma registrados en el aeropuerto de Moa al amanecer, indica una alta potencialidad para el estancamiento de contaminantes en la zona durante las noches.

Estabilidad vertical de la atmósfera

La turbulencia de la atmósfera se caracterizó por la clase de estabilidad, la cual es función de la turbulencia térmica y mecánica. Con el propósito de la modelación de la dispersión de los contaminantes en la atmósfera se han definido seis niveles de turbulencia atmosférica, referidas como clases de estabilidad de Pasquill - Guifford (PG):

- Clases PG A, B y C están asociadas con la turbulencia aumentada por el calentamiento diurno y son clasificadas como condiciones inestables.
- Clase PG D está asociada con la turbulencia generada mecánicamente (p. ej. velocidades del viento altas) o condiciones de nublados (p. ej. No calentamiento o enfriamiento). La misma está clasificada como condiciones neutrales.
- Clases PG E y F están asociadas con el cese de la turbulencia causado por el enfriamiento nocturno y son denominadas como condiciones estables.

En el anexo VI la tabla 12 se sintetiza la definición de las clases de estabilidad para condiciones diurnas y nocturnas, según la radiación solar incidente, para todos los rangos de velocidades de viento

Para cielos totalmente cubiertos, tanto para el día como para la noche, debe asumirse clase de estabilidad D.

Condiciones extremas climatológicas

- Tormentas tropicales

Dentro de las más peligrosas tenemos los huracanes, responsables de las lluvias más torrenciales y los vientos más fuertes que pueden incidir en el territorio (Rodríguez, 1989), independientemente de la baja frecuencia de afectación registrada.

Uno de los huracanes que ha afectado la provincia de Holguín y que ha cruzado por el territorio de Moa fue el Flora, los días 4 y 8 de octubre de 1963, dejando en su desplazamiento sobre las provincias orientales un acumulado de lluvia equivalente a 1300 mm, algo inferior al acumulado medio anual para la zona del yacimiento, donde se registraron al paso del huracán láminas muy superiores al 1 % de probabilidad de ocurrencia: 72 mm/1h (1.2 mm/min.); 684 mm/24h (0.48 mm/min). La mayor frecuencia del paso de huracanes de diferentes intensidades sobre la provincia de Holguín entre las temporadas ciclónicas de 1785 y 1984 fue en el mes de septiembre, (7) y la menor en julio (1). La distribución de estos organismos según sus intensidades se refleja en la siguiente tabla.

Tabla 13 Afectaciones por huracanes en la provincia de Holguín (1785-1984).

Intensidad	Velocidad del viento (km/h)	Cantidad
Grande	>200	2
Moderada	151 a 200	6
Poca	118 a 150	17
Total		25

Conviene llamar la atención al respecto de que aún cuando la frecuencia de afectación por huracanes de cualquier intensidad en la zona de estudio es baja (23.1 % del total que afectó al archipiélago en el período considerado), la posibilidad de un evento de este tipo no debe ser descartada en las consideraciones constructivas de las diferentes instalaciones dadas las consecuencias que de ello podrían derivarse.

- Frentes fríos

La afectación histórica a la provincia de Holguín por estos sistemas evaluada para las temporadas de 1916-17 hasta 1982-83 (Rodríguez, 1989) se caracterizó por el paso de 683 frentes, algo superior al 50 % de la cantidad de frentes que afectó a la región occidental del país en igual periodo, con la característica de que la mayoría de estos frentes arriba a las provincias orientales muy debilitados o en estado de disipación, por lo que los cambios en las condiciones del tiempo en estos casos, son mucho menos notables en este territorio.

Otros sistemas importantes son las ondas tropicales, disturbios de escala sinóptica muy frecuentes durante el verano, que se trasladan sobre el área de Cuba de Este a Oeste y suelen acompañarse de abundantes turbonadas y chubascos y que además, en ocasiones, pueden transformarse en ciclones tropicales. Las lluvias asociadas a un desplazamiento lento o el estacionamiento de una onda tropical sobre el territorio de interés, pueden provocar la ocurrencia de inundaciones en zonas bajas e interrupciones en el régimen de trabajo. La frecuencia con que estos organismos afectan a las provincias orientales (Sosa, 1994), apunta hacia la necesidad de considerar este factor entre las causas de afectaciones al proceso productivo.

Condiciones climáticas del régimen laboral

- Sensación de calor sofocante en el área del Yacimiento

En trabajos al aire libre como la minería a cielo abierto y otros que son por naturaleza difíciles, las condiciones climáticas inciden de manera muy directa en la eficiencia de los obreros. En Cuba los regímenes térmico y de humedad característicos tienen mucho que ver con el stress que sufren los trabajadores en este medio. La sensación de calor sofocante ha sido definida por Lecha (1989) como el grado de incapacidad del medio aéreo para evaporar el sudor de la superficie del cuerpo de animales y seres humanos, impidiendo así su enfriamiento natural. Esta sensación comienza cuando el contenido de humedad absorbida del aire excede los 14.1 mm y se combina con temperaturas del aire superiores a 16.5 °C.

El criterio para determinar el período de días confortables se basa en calcular la ocurrencia simultánea de días con temperaturas máximas del aire inferior a los 30°C y mínimas por debajo de 20°C. Identificar la presencia de este factor es muy importante a la hora del rendimiento económico de los obreros en la mina, donde evidentemente, la sensación de disconfort disminuye la aptitud de las personas para el trabajo. En el área donde se asienta la planta y el Yacimiento, se experimenta como promedio, en el 60-80% de los días del año, sensación de calor sofocante, que alcanza magnitudes extremas en el verano (mayo a octubre), fundamentalmente en horas del medio día y la tarde, siendo más moderada, en las primeras horas de la mañana y la noche. Los días con condiciones confortables en esta zona abarcan entre el 20 y el 40 % anual agrupados en el período invernal (noviembre a abril).

La zona de estudio, es clasificada según la Regionalización Climática elaborada por Lecha (1989) en el grupo III, presentando como promedio anual sensaciones moderadas de calor sofocante que llegan a ser de magnitud fuerte en el verano durante la tarde y primeras horas de la noche. Los días con condiciones confortables cubren entre el 20 y el 40 % anual, concentrados en el período entre noviembre y abril. De la apreciación de los elementos anteriores se infiere una incidencia superior al 60% de los días laborables en el año con condiciones de calor sofocante en el área de estudio, lo cual seguramente tiene un efecto negativo en los trabajadores expuestos. Otro factor climático que puede incidir negativamente en el proceso productivo es la lluvia, causante potencial de interrupciones reiteradas de la jornada de trabajo, sobre todo si se tiene en cuenta que el límite mínimo que se relaciona con estos casos en zonas de actividades mineras a cielo abierto es de 15-20 mm de precipitación/día.

- Humedad relativa.

En Moa la humedad relativa es alta, tanto a las 7.00 (90-95%) como a las 13.00 horas (75-80%), lo que indica que para el personal que permanece en el área de la mina, existen condiciones de trabajo bastante difíciles. La combinación de altas temperaturas con valores también elevados de humedad en el aire, provoca sensaciones de notable incomodidad en los trabajadores.

- Insolación.

La insolación acumulada es de 2900 horas luz para las zonas costeras, mientras en las montañas alcanza un valor de 2500 horas luz. Para territorios como el de Moa, se ha determinado una insolación media diaria anual de 8.5 h/d con un valor medio para el mes de Diciembre de 7.5 h/d.

- Radiación Solar.

En las condiciones climáticas de Cuba influye notablemente la cantidad de radiación solar incidente sobre la superficie. El régimen de radiación en el país presenta variaciones espaciales relacionadas fundamentalmente con factores orográficos, de manera que en zonas costeras promedios diarios anuales superiores a 16.6 MJ/m^2 , en las alturas los registros son inferiores a 15.6 MJ/m^2 . Se infiere una alta exposición directa del personal en la mina a la radiación solar UV durante una parte significativa de la jornada laboral, factor que pudiera vincularse con la aparición de algunas patologías cutáneas en los obreros.

III.2 Línea de base de calidad de agua

El cambio ambiental se refleja inmediatamente en las aguas de superficie. La manifestación de los cambios inducidos por la actividad minera adopta la forma de:

- Contaminación química del agua de superficie
- Aumento en las cargas de sedimentos de los ríos Yagrumaje, Los Lirios
- Cambios en la velocidad y volumen de las corrientes de agua
- Degradación del hábitat ictícola, etc.

Para el análisis químico de las muestras de agua se utilizó el método gravimétrico, la espectrofotometría de absorción atómica y el electrométrico. El análisis químico se realizó del 5 al 10 de Febrero del 2000 por el Centro de investigación de la Laterita (CIL).

En la tabla 14 se muestra el número y el lugar del muestreo de las corrientes de agua superficial. Los resultados de dicho análisis están en el Anexo VII tabla 15, lo que demuestra el alto contenido de los diferentes indicadores medidos en el agua y cada uno de los indicadores tiene seguido un gráfico representativo en el Anexo VIII.

La Tabla 14 muestra el número y lugar de muestreo de las corrientes de agua superficial.

No	Lugar de muestreo
475	Agua Río Yagrumaje Estado Natural
476	Agua Río Yagrumaje contaminado con una trocha
477	Agua Arroyo que va al Río Yagrumaje
478	Agua contaminada por la Escombrera
479	Agua Río los Lirios
480	Agua Arroyo que va a los Lirios
481	Agua Arroyo 3 Limpio Excavadoras
482	Agua Arroyo 4 contaminado excavadoras
483	Agua Río Los Lirios
484	Agua Río los Lirios debajo de la 2da Línea eléctrica
485	Agua Arroyo Efluente del Río Los Lirios

El agua subterránea forma parte integrante del ciclo hidrológico general de la zona debe verse en este contexto. Es muy importante como fuente de agua en las zonas áridas donde el suministro de agua de superficie es limitado. Los acuíferos también son una vía potencial para el transporte de contaminantes.

Par realizar el estudio en las operaciones mineras, las preguntas que podrían surgir con respecto al agua subterránea son:

- ¿Agotarán las operaciones el suministro de agua subterránea y modificarán la elevación del nivel freático en forma significativa? Esto puede suceder durante el desagüe de las minas.
- ¿Existe peligro de infiltración descendente de la contaminación y polución del agua subterránea a causa de las operaciones? Los emplazamientos de escombros y el almacenamiento de minerales puede resultar preocupante en este sentido.
- ¿A qué velocidad se desplaza el agua subterránea?
- ¿Es la calidad del agua subterránea compatible con las operaciones? Por ejemplo, altas proporciones de sales disueltas pueden afectar la eficiencia de las operaciones de flotación,
- ¿Ha sido contaminada el agua subterránea corriente arriba por alguien más?

Muchas de estas preguntas sólo pueden responderse al considerar los aspectos regionales del suministro de agua subterránea.

Una de las principales características del agua subterránea que se debe recordar es que se desplaza lentamente en comparación con las aguas de superficie. Por lo tanto, la recarga de los acuíferos es lenta y la migración de los contaminantes a lo largo del recorrido del agua subterránea también es lenta. Además, la presencia de aguas subterráneas en estratos rocosos hace que la reparación de las unidades hidroestratigráficas contaminadas sea una tarea muy difícil, costosa y con frecuencia de cumplimiento imposible.

Los parámetros espaciales importantes que se tuvieron en cuenta para la determinación de la línea de base hidrogeológica son:

- Los límites hidrogeológicos
- La distribución de las unidades hidroestratigráficas
- Las áreas primarias y las velocidades de recarga y descarga del agua subterránea
- Las direcciones generalizadas del flujo de agua subterránea
- La distribución de las elevaciones superficiales del nivel de las aguas subterráneas

Los parámetros específicos que se refieren a las propiedades reales y las rocas almacén de las aguas subterráneas incluyen:

- La **porosidad** del acuífero que se expresa como porcentaje del volumen total de las rocas. Se realiza una distinción entre la porosidad conectada y desconectada.
- La **permeabilidad** (k : unidades m^2) del estrato define la facilidad con la cual un fluido se puede mover a través del medio poroso.
- La **conductividad hidráulica** (K : unidades m/s) define el movimiento de un fluido a través de un estrato según las propiedades del fluido y de la roca almacén. Se debe observar que existe una relación entre la distribución del tamaño de partículas de los sedimentos y su conductividad hidráulica. Por lo tanto, es importante medir la distribución del tamaño de las partículas de los sedimentos de descarga.

Los parámetros útiles una vez que se han establecido los pozos de bombeo son:

- **Transmisividad** (T : unidades m^2/s) define la velocidad a la cual se puede transmitir el agua a través de un ancho unitario de acuífero totalmente saturado bajo un gradiente hidráulico de 1.
- **Almacenabilidad** – almacenamiento específico; define la capacidad de un estrato para almacenar y liberar aguas. Es un parámetro útil para establecer los cambios en la capacidad de almacenamiento de un acuífero resultante de actividades tales como el desagüe, la recarga del acuífero o la sequía.

Los parámetros que definen la química del agua subterránea son:

- pH, conductividad, alcalinidad, acidez
- Metales tales como Fe, Cu, Co, Mn, Ni, etc. según lo establecen los organismos de control y que también se indican como importantes mediante el examen de datos operativo
- Aniones como SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , PO_4^{2-}

Se llegó a la conclusión de que entre los puntos de muestreo del 6 al 7 es donde se muestran los mayores valores obtenidos de los elementos medidos. El resultado de las muestras de agua analizadas se refleja en el anexo ya mencionado anteriormente.

III.3 Línea de base de la vegetación

Los estudios de la línea de base de la vegetación se relacionaron con la forma en que se asocian las diferentes especies de plantas para formar “comunidades de plantas” y suministran información cuantitativa sobre su abundancia relativa. En la zona minera

estudiada, también se abarcó el estudio del contenido de elementos traza en las plantas.

La línea de base de la vegetación se caracterizó:

- Ser analítica más que enciclopédica
- Brindar una base para poder predecir y evaluar los efectos de la minería,
- Suministrar información útil para los futuros esfuerzos de restauración del sitio
- Medir ciertas características funcionales del sistema, por ejemplo, el ciclo de los nutrientes minerales, los estudios de las cadenas alimenticias, etc.

Los parámetros que se tuvieron en cuenta para determinar la línea de base de la vegetación en la región son:

- La distribución aérea de los diferentes tipos de vegetación
- La diversidad de las especies de plantas
- La identidad de las especies amenazadas o en peligro
- Las asociaciones significativas de plantas
- La densidad de árboles, arbustos y hierbas por especie
- La productividad de hierbas y bosques

Los resultados se pueden ver en el anexo II tabla 1.

III.4 Línea de base de la fauna terrestre

El estudio de línea de base de la fauna terrestre incorporó datos que permiten el análisis del ecosistema de la región. No es un inventario exhaustivo de la identidad y cantidad de especies o un estudio ecológico detallado.

Los parámetros descriptivos que se tuvieron en cuenta para establecer una línea de base de la fauna silvestre son:

- Una lista de las especie
- Características significativas del hábitat de estas especies
- Una lista de la flora asociada
- Una lista de las especies amenazadas o en peligro

Los resultados se pueden observar en el anexo II tabla 2.

III.5 Línea de base de la calidad del aire

Los problemas específicos referidos a la salud y al ambiente, relacionados con los parámetros clave de emisión proveniente del procesamiento de minerales y de otras operaciones, tienen lugar en el ámbito geográfico local, regional y continental. Como guía general en la investigación, los temas locales se definen como impactos específicos que ocurren a una distancia de 20 Km de la mina, mientras que algunos contaminantes

podrían recorrer distancias importantes (por ejemplo, sobre continentes) según la altura de la liberación, las condiciones meteorológicas/climatológicas reinantes y colectores de contaminantes en la región.

El medio ambiente atmosférico en el área de minería está sometido a una fuerte carga antrópica producto de la contaminación coniótica producida por la remoción de polvo debido a las diferentes operaciones propias de este tipo de minado. Se puede comprobar que las principales operaciones mineras que producen remoción de polvo son las siguientes:

Preparación minera

Esta actividad comprende las operaciones de desbroce y destape, formación de escombreras y construcción de caminos estas operaciones generalmente por el grado de humedad del material no producen una remoción de polvo a la atmósfera de consideración. (Ver foto 8).



Foto 8. Levantamiento de polvo en la preparación minera, [Guerrero, (2003)].

Extracción y transporte

La actividad que genera más cantidad de material particulado a la atmósfera es la extracción de la masa minera, y el transporte que se realiza por equipos pesados (camiones) que transportan la masa minera hacia al punto de recepción a través de terraplenes. (Ver foto 9).



Foto 9. Levantamiento de polvo provocado por el transporte de la masa minera, [Guerrero, (2003)].

La construcción y uso de los caminos mineros constituyen otras de las fuentes principales de emisión de polvo. En el yacimiento, existen caminos principales y secundarios; los caminos principales son los que se construyen para dar acceso a los diferentes bloques, por lo general son permanentes o de más tiempo de explotación y los caminos secundarios parten de los caminos principales a los diferentes frentes de minería. Estas no llevan capa de rodamiento ya que son caminos que se construyen sobre el mineral y se pierden con la minería.

Los caminos mineros ocupan el primer lugar con un 70 - 90 % de todo el polvo que se desprende en la mina. Las cantidades de polvo que se desprenden dependen de las condiciones de la vía, de la velocidad de los camiones y de las condiciones climáticas. Según estudios anteriores en los terraplenes se desprende entre 620 - 1200 mg/s de polvo, pero en caminos de tierra se desprende 330 000 mg/s de polvo.

Carga y descarga del mineral

El desprendimiento de polvo en las operaciones de carga y descarga puede en una primera aproximación ser considerado como secundario debido al alto grado de humedad del mineral.

La caracterización morfosférica del material particulado muestra la existencia de un rango de tamaño muy amplio (desde $< 10 \mu\text{m}$ hasta $>50 \mu\text{m}$) y gran variedad de formas. Se encuentran partículas de color rojizo de tamaño grande en el orden de 20 a 50 μm e incluso mayores, de forma irregular típicas de la ruptura mecánica de las rocas que conforman el suelo laterítico y se remueven por agentes eólicos y la actividad antropogénica que se desarrolla durante el laboreo minero.

El riego de los caminos que se hace actualmente no es efectivo en su totalidad, los equipos que se utilizan en esa actividad son camiones cisternas (pipas), en mal estado técnico, con varias afectaciones, por lo cual los caminos no se riegan en su totalidad, ni con la frecuencia necesaria.

III.6 Cartografía de la línea de base del yacimiento

Una vez determinada la línea de base del yacimiento Punta Gorda, se aplicó el Sistema de Información por objetos geológicos. Para ello, se tomaron fotografías de las diferentes zonas mineras, y se recogieron muestras del agua; las cuales fueron analizadas en el Centro de Investigación de las lateritas (CIL).

Los mapas temáticos que se confeccionaron fueron los siguientes: mapa sobre la contaminación atmosférica (1); sobre el estado del agua (2); sobre el estado de la vegetación (3); mapa sobre la rehabilitación de la vegetación por año (4); sobre el estado actual de algunas escombreras (5) y por último el Mapa Geotecnológico (6).

A través del software “Tierra” (sistema diseñado para el pronóstico, planificación y control de la minería en los yacimientos lateríticos); las fotos de cada mapa temático fueron insertadas obteniendo un mapa Geotecnológico del yacimiento Punta Gorda aplicado ya no sólo al Surfer (programa con el cual se hicieron estos mapas mencionados anteriormente) sino en el “Tierra”, donde se le añadió además, un documento de Word con una breve descripción de cada caso; con el propósito de ofrecer una información más precisa y actualizada del yacimiento y la explotación minera.

El primer mapa, es decir el de la contaminación atmosférica (1), nos muestra un camino minero que se está utilizando, el cual tiene una espesa capa de polvo que es levantada por el viento, por el paso del personal (ver foto 10 y 11) o por el paso de los camiones y equipos pesados. Además se muestra una zona que ha sido rehabilitada la cual se encuentra cerca de un camino minero (ver foto 12); esta vegetación se encuentra contaminada, pues se encuentran las plantas cubiertas por el polvo del lugar.

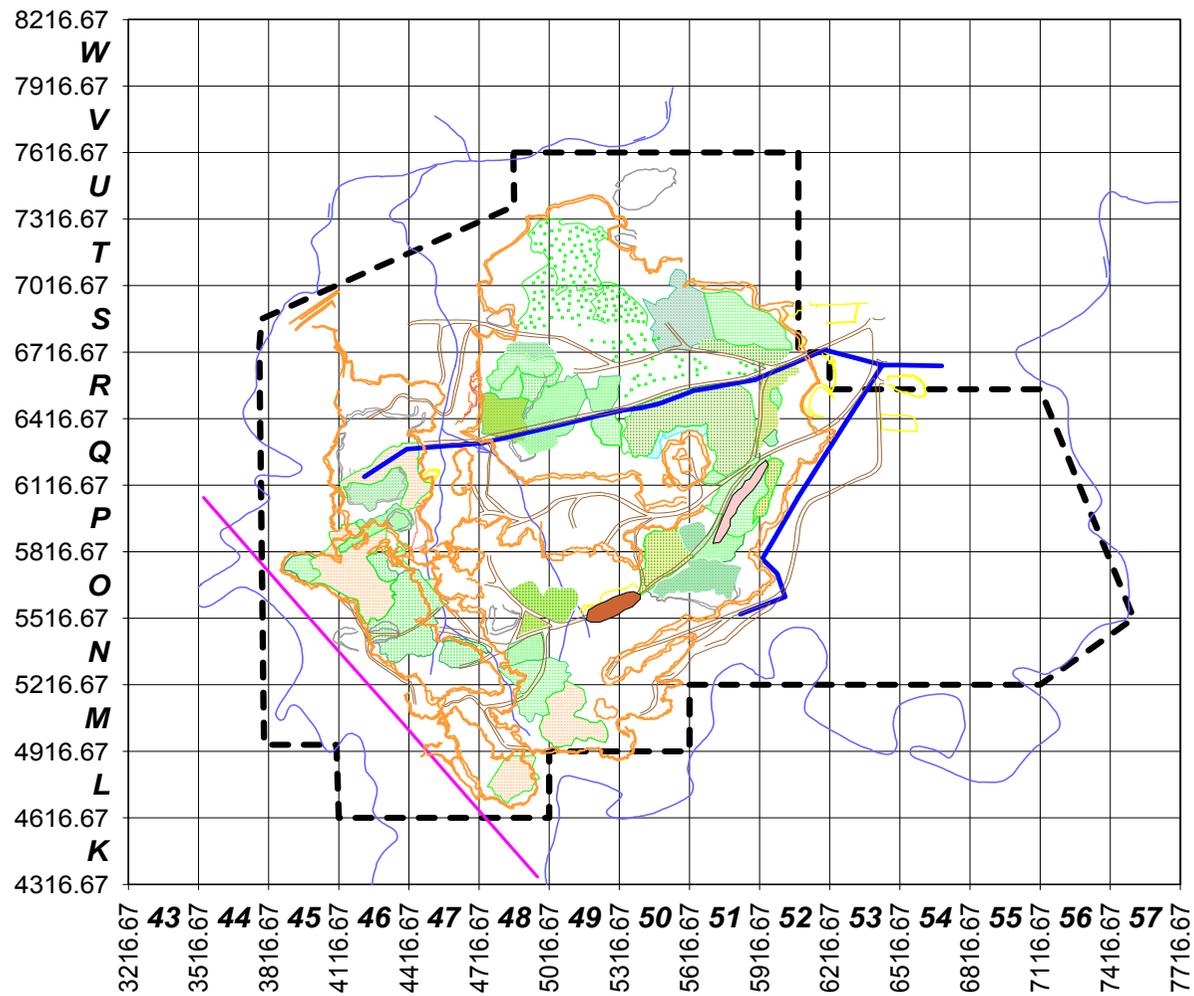


Fotos 10 (izquierda) y 11 (derecha). Representan la contaminación que hay en el camino minero, [Proyecto 1032, (2004)].



Foto 12. Contaminación atmosférica, [Proyecto 1032, (2004)].

A continuación se muestra el mapa sobre la contaminación atmosférica.



Leyenda

-  Limite concesión Minera
-  Depósitos de Agua
-  Caminos Mineros
-  Áreas Reforestadas
-  Red Hidrográfica
-  Depósitos de LF
-  Depósitos de LB
-  Límites Zonas Minadas
-  Línea Eléctrica.

En el mapa sobre el estado del agua (2), se muestran algunos de los lugares de los cuales se tomaron muestras de agua. Los resultados de las muestras analizadas se pueden observar en el anexo VII tabla 15 donde se nota el cambio del contenido de un determinado elemento por ejemplo el magnesio (Mg), en diferentes lugares de muestreo (ver foto 13). También se hace referencia a los ríos que son contaminados porque han sido desviados por otro fenómeno u objeto, en la foto 14 se observa cómo se ha interferido el transcurso del río por la trocha.; se puede apreciar el lugar donde se divide el río (ver foto 15); se puede apreciar el río Yagrumaje antes de ser contaminado (ver foto 16 y 17), en cuya área se observó por primera vez en la provincia la Bijirita Coronada.



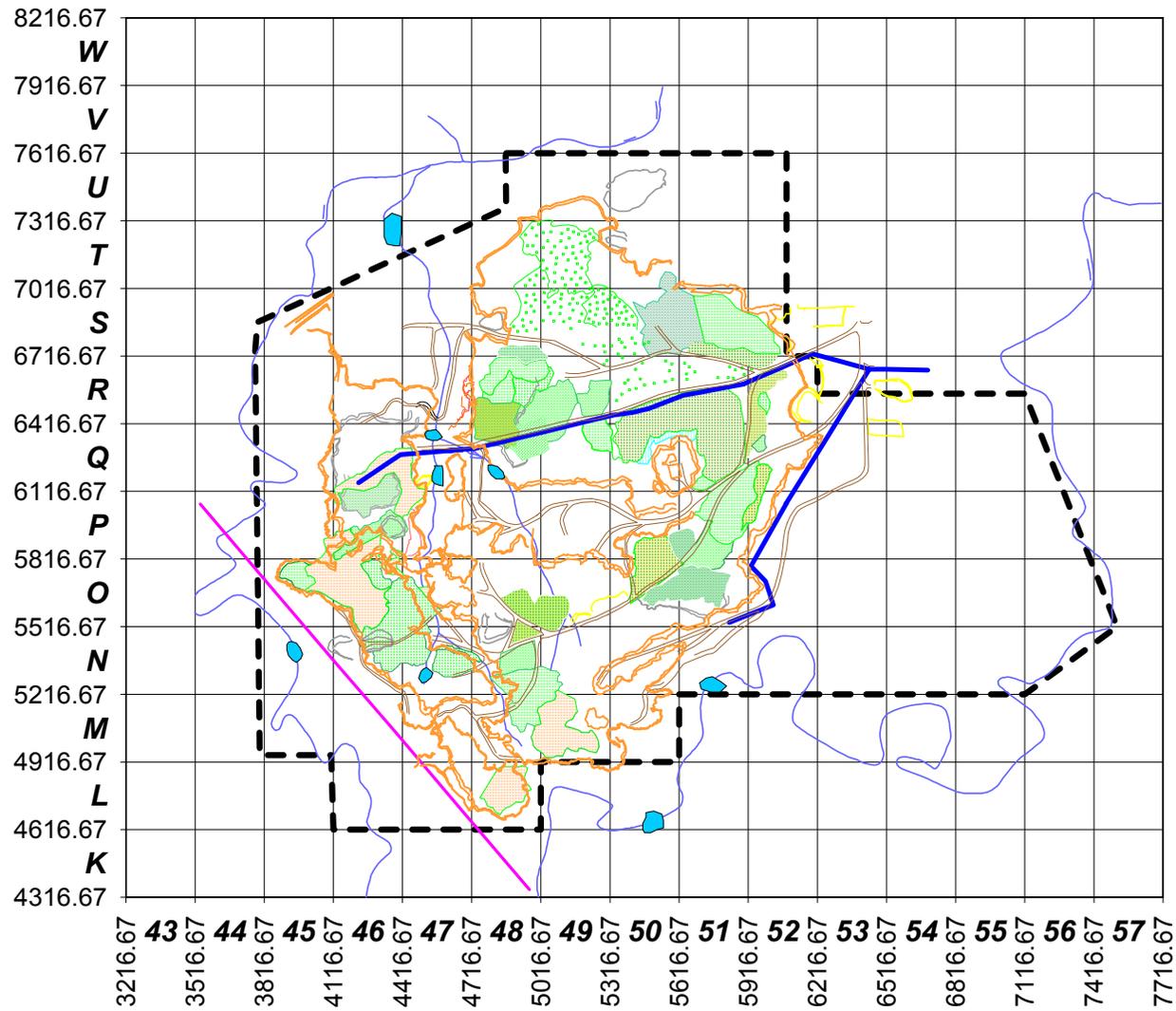
Foto 13. Río contaminado, [Proyecto 1032, (2004)].



Foto 14 (izquierda) y 15 (derecha). Representan cómo se ha interferido el transcurso del río por una trocha y la división del río respectivamente, [Proyecto 1032, (2004)].



Foto 16 (izquierda) y 17 (derecha). Río Yagrumaje sin contaminar, [Proyecto 1032, (2004)].



Leyenda



En el mapa de la vegetación (3) se hace referencia a la vegetación existente que queda por los flancos del yacimiento. Entre estas tenemos la vegetación de galería (ver foto 17), es decir la que se encuentra rodeando al río; la vegetación autóctona (ver foto 18), la vegetación de bosques de pinos (ver foto 19).

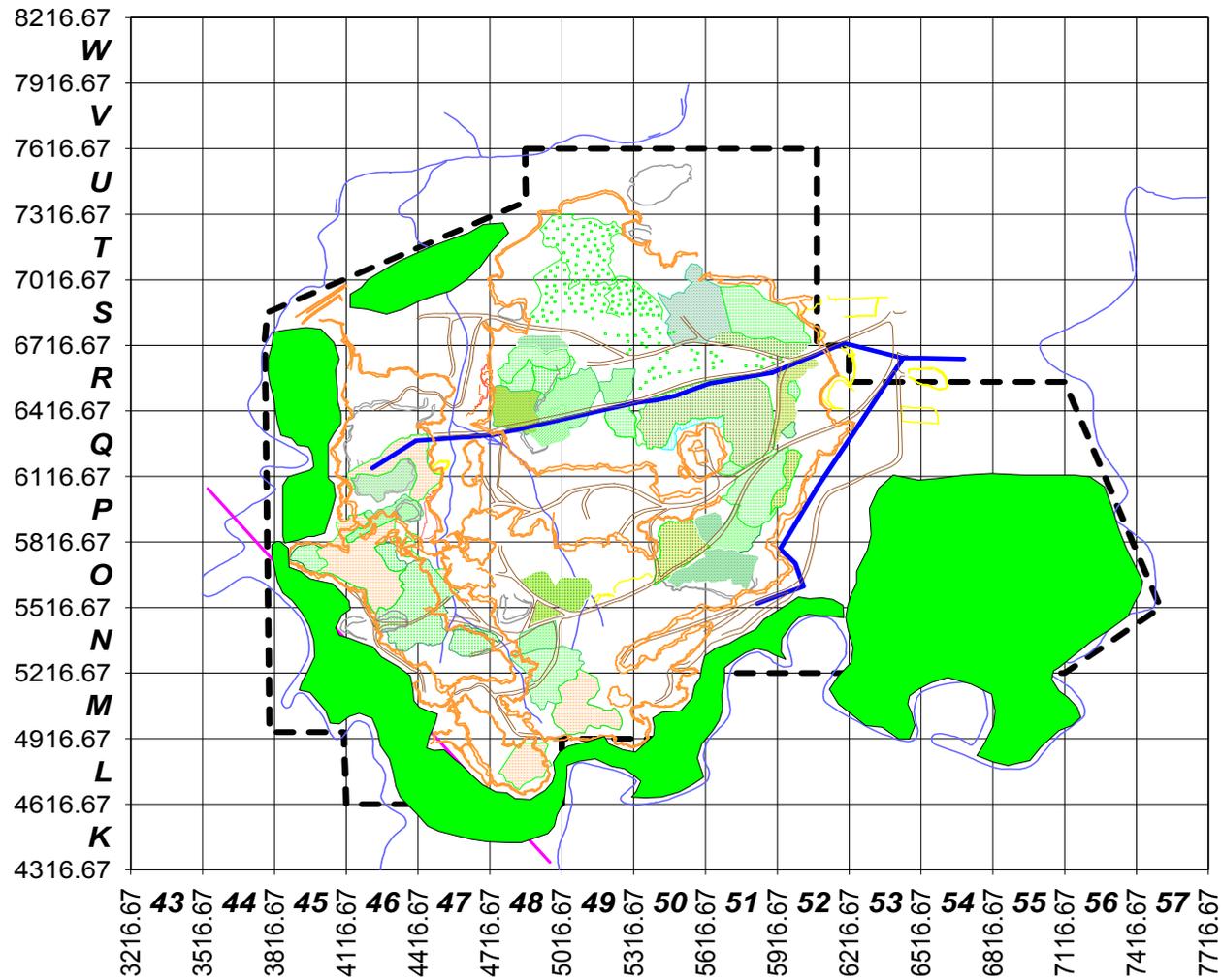


Foto 17 (izquierda) y 18 (derecha). Representan la vegetación de galería y la autóctona respectivamente, [Proyecto 1032, (2004)].



Foto 19. Vegetación bosque de galería, [Proyecto 1032, (2004)].

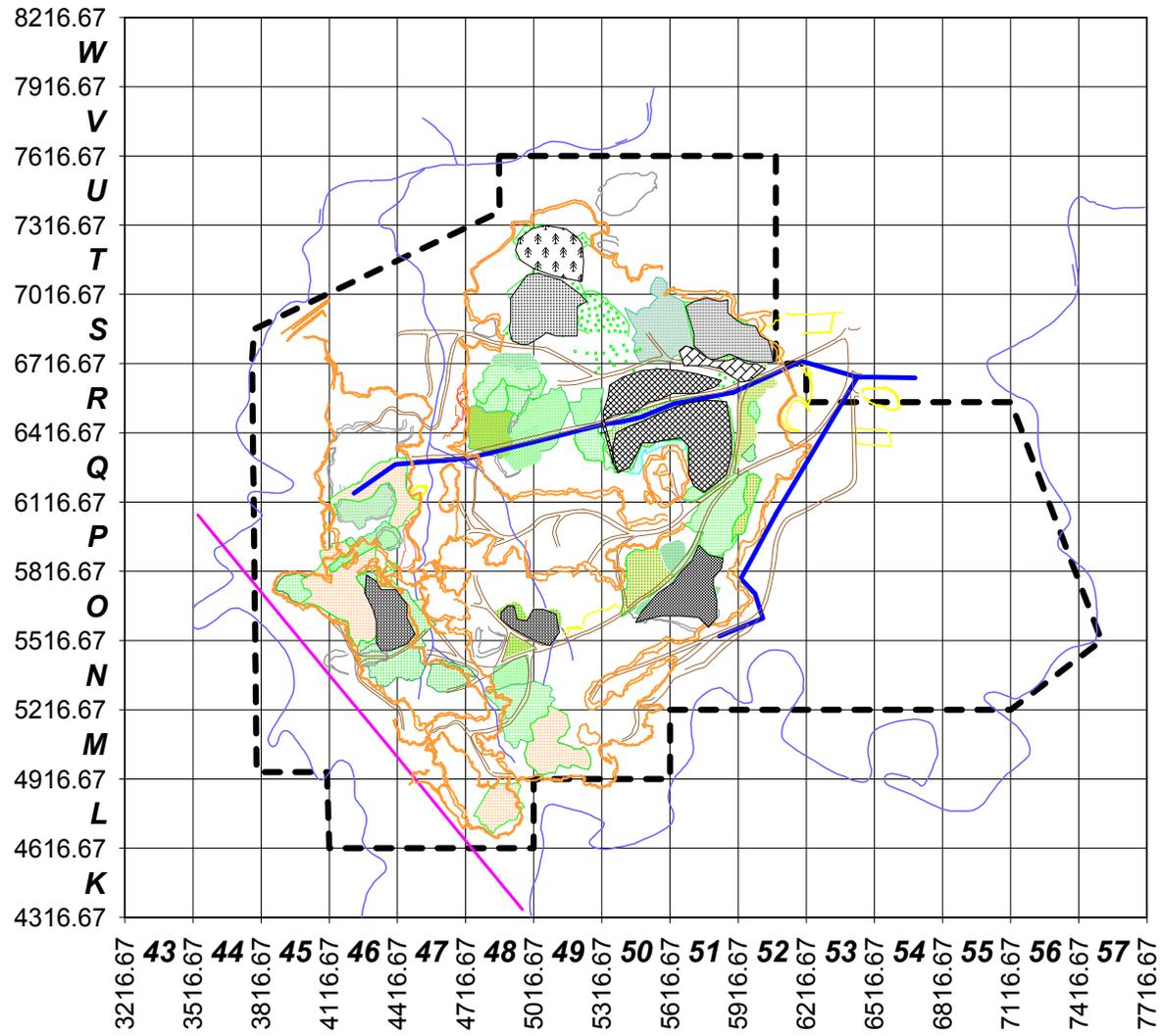
A continuación se muestra el mapa de la vegetación.



Leyenda

-  Limite concesión Minera
-  Depósitos de Agua
-  Caminos Mineros
-  Áreas Reforestadas
-  Red Hidrográfica
-  Depósitos de LF
-  Depósitos de LB
-  Límites Zonas Minadas
-  Línea Eléctrica.

En el mapa 4 se hizo una representación de la rehabilitación por años, comenzando por el año 1996 hasta el 2003, esto nos permite conocer como se ha desarrollado el plan de rehabilitación en el yacimiento. A continuación el mapa que lo representa.



Leyenda



En el mapa 5 se muestra las escombreras que están erosionadas. Entre ellas tenemos las escombreras de gran intensidad de erosión (E-1), ver foto 20. Esta presenta una erosión en forma de cárcavas que no es más que la forma de canales mayores que los producidos durante la erosión por surcos. Sus dimensiones son funciones del caudal de la escorrentía y su velocidad, además de las características del suelo y la pendiente.

La anchura y profundidad de las cárcavas aumentan debido a una serie de procesos que pueden ocurrir aislados o conjuntamente:

- a) El roce, en el fondo y paredes de las cárcavas, de la corriente de agua y los materiales abrasivos que esta lleve (arena, grava, guijarros, etc)
- b) Regresión progresiva de las cabezas de las cárcavas debido a la erosión del agua que en ella se precipita.
- c) Desmoronamiento de las márgenes de las cárcavas por la acción lubricante de las aguas de infiltración o por la socavación del agua que corre por el fondo de la cárcava.

Las cárcavas pueden tener dimensiones muy variadas, tanto por sus características físicas, ubicación, edad, como otros factores. Pueden ser estrechas, poco profundas (0,5-1,0 m) o llegar a dimensiones enormes (hasta por encima de 40 m). El corte transversal de una cárcava presenta generalmente, la forma de V o de una U. El primero, cuando el subsuelo es resistente al corte por el agua, mientras que el segundo se encuentra donde el suelo sea de textura suelta fácilmente erosionable.



Foto 20. Escombrera de gran intensidad de erosión, [Proyecto 1032, (2004)].

ambién se encuentran las escombreras de mediana intensidad de erosión (E-2) (ver foto 21). Esta presenta una erosión en forma de surcos, que no es más que el agua, traza su camino siguiendo la pendiente de arriba hacia abajo y al arrastrar las partículas en ellas contenidas, irá formando pequeños cauces o surcos. En este tipo de erosión, el

desprendimiento tiene su origen, principalmente, en la energía del flujo de agua y la magnitud de este desprendimiento es proporcional al cuadrado de la velocidad del agua. Así cuando la velocidad se duplica, el poder de desprendimiento se cuadruplica.



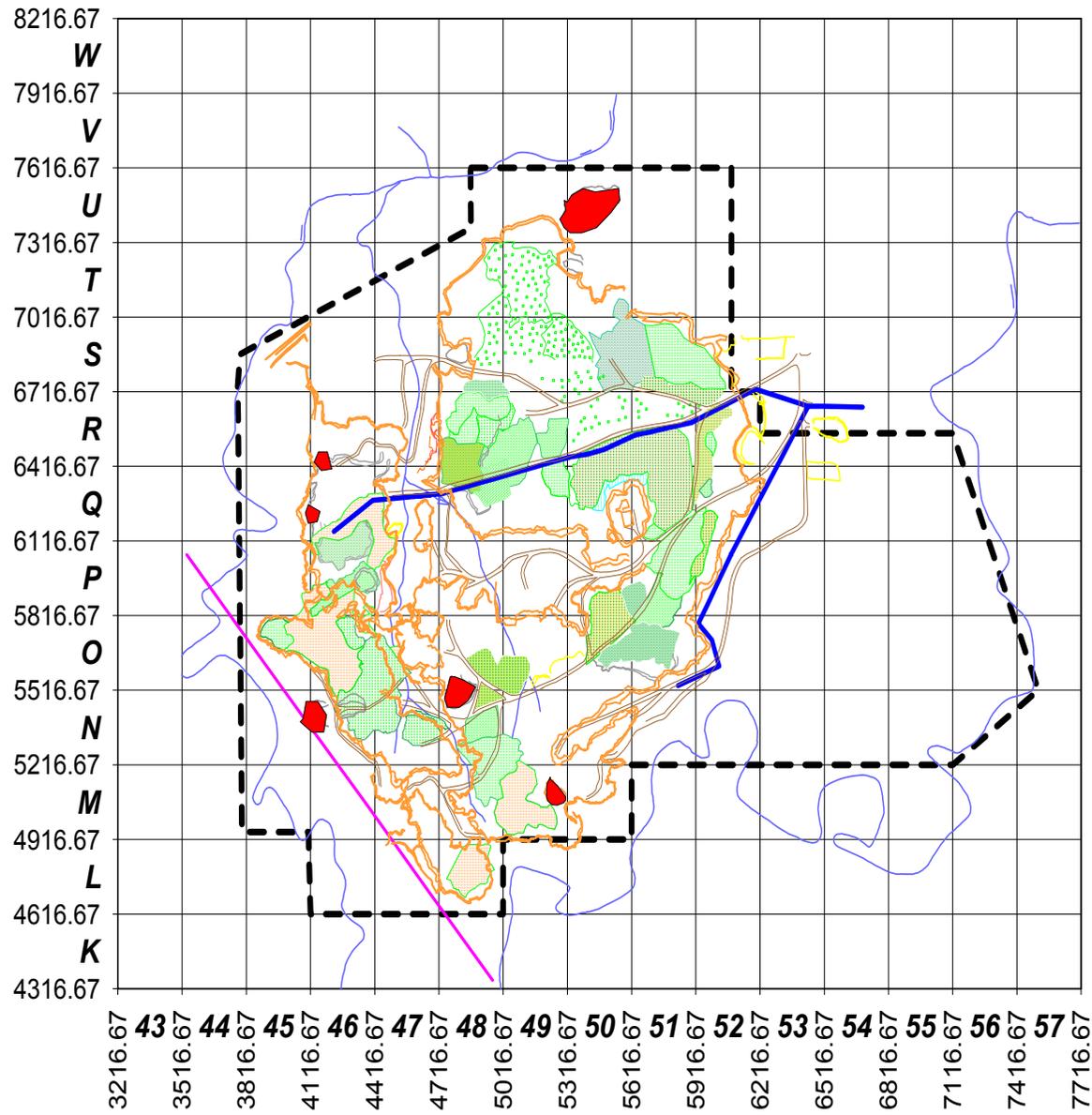
Foto 21. Escombrera de mediana intensidad de erosión, [Proyecto 1032, (2004)].

Y por último se encuentran las escombreras con poca intensidad de erosión (E-3) (ver foto 22), este tipo de escombreras presenta una erosión laminar, que no es más que la remoción que hace el agua, más o menos uniformemente, de una capa delgada de suelo en una superficie con pendiente. Ocurre con poca frecuencia. Un ejemplo de su ocurrencia está en las laderas que han sido desprovistas de la capa superficial de suelo con materia orgánica.



Foto 22. Escombrera de poca intensidad de erosión, [Proyecto 1032, (2004)].

A continuación se muestra el mapa correspondiente.



Leyenda

-  Limite concesión Minera
-  Depósitos de Agua
-  Caminos Mineros
-  Áreas Reforestadas
-  Red Hidrográfica
-  Depósitos de LF
-  Depósitos de LB
-  Límites Zonas Minadas
-  Línea Eléctrica.

En el mapa Geotecnológico del yacimiento (6) se representan todos los objetos a los que se hacían referencias en los mapas anteriores así como los que se relacionan a continuación.

- Aporte de sedimentos al río Yagrumaje (ver foto 23).

Esta zona se encuentra cerca del río Yagrumaje y presenta un suelo muy suelto por lo que a través de las lluvias se trasladan hasta el río las partículas de tierra.



Foto 23. Aporte de sedimentos, [Proyecto 1032, (2004)].

- Control de la erosión de los suelos mediante madera (ver foto 24).

Es otro método que se utiliza para controlar la erosión que se ha ocasionado por las lluvias, colocando la madera de forma tal que esta evite el aumento del tamaño del surco formado.



Foto 24. Control de la erosión de los suelos mediante madera, [Proyecto 1032, (2004)].

- Control de la erosión de los suelos mediante piedras (ver foto 25)

Las piedras se colocan amontonadas unas encima de otras en el lugar que se ha ocasionado la erosión.



Foto 25. Control de la erosión de los suelos mediante piedras, [Proyecto 1032, (2004)].

- Deposición en el río Yagrumaje. (ver foto 26).

En esta zona se observa la deposición del suelo que es arrastrado por la lluvia hacia el río.



Foto 25. Deposición en el río Yagrumaje, [Proyecto 1032, (2004)].

- Destape en el S-46 y 47. (ver foto 26)

Zona donde se estaba haciendo el destape con la utilización de diferentes equipamientos.

Se puede observar la deposición de los sedimentos en el río y como lo afecta.



Foto 26. Destape en el S-46 y 47, [Proyecto 1032, (2004)].

- Erosión en pedestal, situados en la parte Este. (ver foto 27)

Este tipo de erosión que no es más que cuando parte del suelo está protegido por una planta, piedra u otro tipo de objeto y el suelo es muy susceptible a la erosión por impacto de las gotas de lluvia, así llamado porque el objeto que protege al suelo queda, literalmente sobre un pedestal.



Foto 27. Erosión en pedestal, situados en la parte Este, [Proyecto 1032, (2004)].

- Extracción de mineral en el M-50. (Ver foto 28).

Para la extracción del mineral se estaba haciendo el uso en ese momento de la combinación Camión-Dragalina.



Foto 28. Extracción de mineral en el M-50

- Revegetación espontánea. (Ver foto 29).

Aquí se hicieron plataformas de perforación, se encuentra ubicado en el bloque R-45 y46 con coordenadas por el Norte entre 6416 y 6716 y por el Este entre 3816 y 4416. Esta revegetación es en forma de bosque de pluvisilva, este tipo de vegetación sólo quedan algunos cayos dentro del yacimiento, estos se caracterizan por la presencia de especies

arbóreas que llegan a alcanzar aproximadamente 20-25 m de altura. Se destacan las especies:

- *Bonnetia Cubensis*
- *Dracaena Cubensis*

Se encuentra un estrato arbustivo denso donde predominan individuos y oscilan entre 2 y 6m, ejemplo:

- *Guettarda macrocarpa*

Nota: estas son especies endémicas, la mayoría se encuentra exclusivamente en Moa.



Foto 29. Revegetación espontánea, [Proyecto 1032, (2004)].

- Sedimentadores. (Ver foto 30 y 31)

La sedimentación es el suelo desplazado de su ubicación original por la erosión y depositado en otro lugar, bien sea cerca del lugar de origen, o en el mar. La distancia que recorren las partículas de suelo suspendidas por la erosión depende, del tamaño, densidad, forma de las mismas y de la velocidad de la escorrentía. Las partículas que menor distancia recorre y primero se sedimentan, son las arenas gruesas. Después lo hacen las de arena fina y el limo, a medida que el agua de escurrimiento disminuye la velocidad. Algunos limos (muy finos) se sedimentan únicamente en las aguas tranquilas. La arcilla y el humus coloidal no se sedimentan ni siquiera en aguas tranquilas, sino que permanecen en suspensión indefinidamente, se coagulan si el medio alcanza una concentración determinada de electrolitos (generalmente sales) o también pueden precipitarse por un brusco descenso de la temperatura.



Foto 30 (izquierda) y 31 (derecha). Sedimentadores, [Proyecto 1032, (2004)].

- Talud deteriorado. (ver foto 32)

Situado en la parte Este el cual se encuentra deteriorado.



Foto 32. Talud deteriorado, [Proyecto 1032, (2004)].

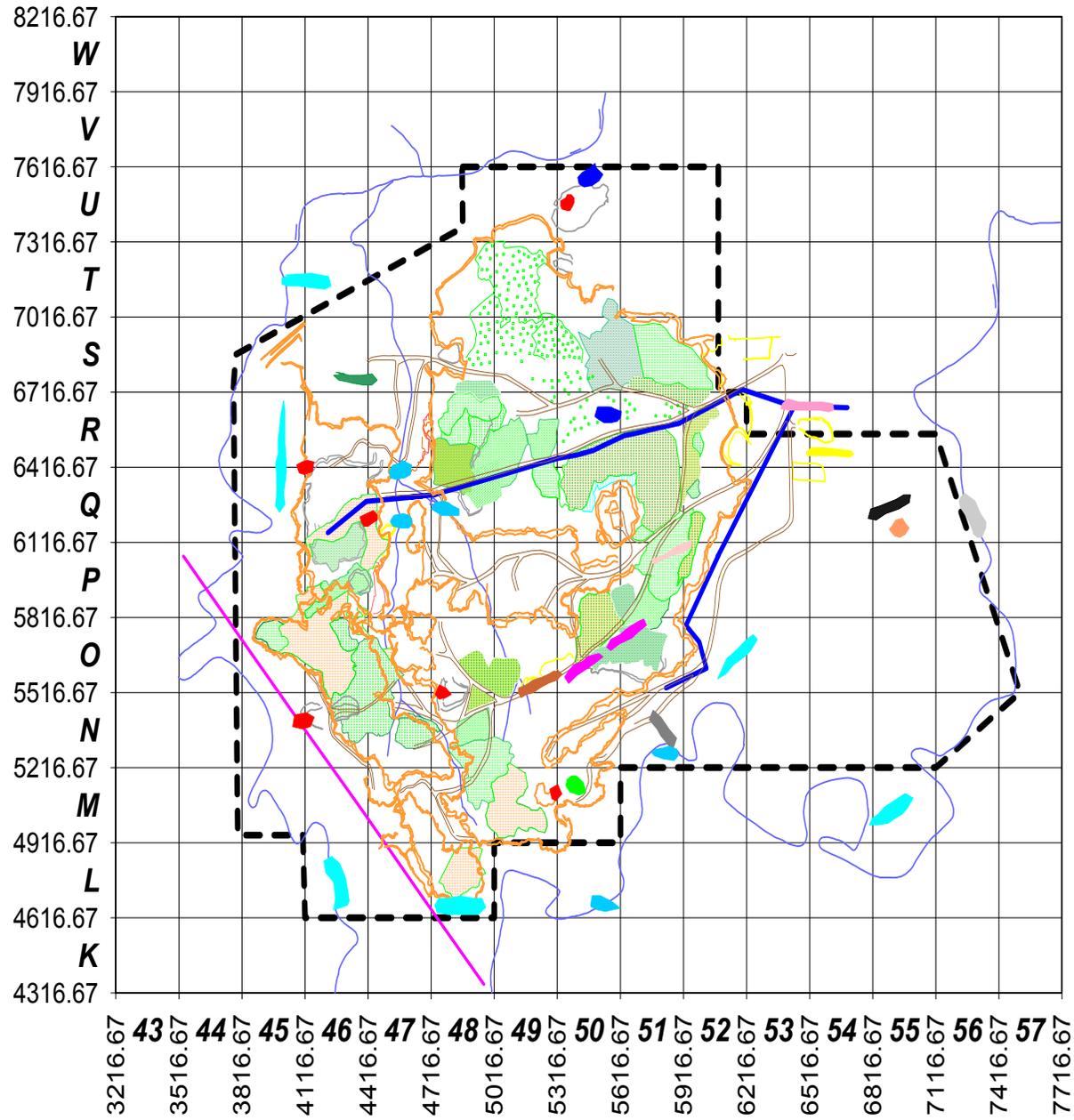
- Trocha transportador. (Ver foto 33).

Hacia el yacimiento Yagrumaje.



Foto 33. Trocha transportador, [Proyecto 1032, (2004)].

A continuación el mapa Geotecnológico del yacimiento Punta Gorda.



Leyenda

-  Limite concesión Minera
-  Depósitos de Agua
-  Caminos Mineros
-  Áreas Reforestadas
-  Red Hidrográfica
-  Depósitos de LF
-  Depósitos de LB
-  Límites Zonas Minadas
-  Línea Eléctrica.

CONCLUSIONES

1. El diseño del mapa Geotecnológico posibilitó la caracterización del medio ambiente del yacimiento Punta Gorda y a partir del uso de los principales indicadores ambientales.
2. La investigación mostró la necesidad de perfeccionar la explotación minera del yacimiento Punta Gorda.
3. La aplicación del software “Tierra” facilitó el diseño de un sistema de información por objetos geológicos (ríos, escombreras, vegetación, rehabilitación de la vegetación por años, la contaminación atmosférica); que permite la identificación de los impactos ambientales ocasionados por la actividad minera en el yacimiento Punta Gorda.
4. El mapa Geotecnológico constituye una herramienta indispensable para afianzar la explotación sostenible de los recursos naturales presentes en la región objeto de estudio.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el mapa Geotecnológico durante la planificación de la explotación minera del yacimiento Punta Gorda así como para los próximos yacimientos a explotar.
2. Insertar el mapa Geotecnológico en un Sistema de Información Geográfico donde se incluyan además los objetos geológicos afectados por la actividad minera, de forma puntual.
3. Utilizar los resultados obtenidos para futuras investigaciones.
4. Considerar otros indicadores ambientales para el perfeccionamiento del Mapa Geotecnológico del yacimiento Punta Gorda.

BIBLIOGRAFÍA

1. Atlas Nacional de Cuba, 1989. Tabla IV.1.5.8
2. Breffe, Suárez, J. Impacto socioambiental en la comunidad urbana de Moa. Tesis de Maestría. Facultad de Geología y Minería. ISMM. Moa, 2000. 82 Pág.
3. Clulow, Victor. Manual para el estudio de la fauna. Marzo 1998.
4. Diaz M. Bertha. Línea base del yacimiento Punta Gorda, Febrero 2004.
5. Espinosa, Frómeta, M y Antonio, M, Pedro, A. Análisis minero-técnico-económico de la utilización del método de explotación por bancos múltiples del yacimiento "Punta Gorda". Trabajo de Diploma. Facultad de Geología y Minería. ISMM. Moa, 2000. 58 Pág.
6. Guerrero Almeida D. Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los yacimientos minerales. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas. Facultad de Geología y Minería del ISMMM. Centro de Información Científico Técnica, 2003. 257 p.
7. Gutiérrez, Domech, R. y M. Rivero Glean. Mini Geografía de Cuba. Edit: Científico-técnica, La Habana, 1997. P 235.
8. Huyssteen, Errol Van. Descripción General de la Línea de Base Ambiental. Septiembre 1998. 108 Págs.
9. Urbino, Jacobo. Diagnostico Biogeográfico del yacimiento Punta Gorda de la empresa del níquel "Ernesto Che Guevara" de Moa. Junio 2003.
10. Maden, Betancourt, M. Programa de educación ambiental no formal e informal para el territorio de Moa. Tesis de maestría. Facultad de Geología y Minería. ISMM. Moa, 2001. 105 Pág.
11. Malcolm Mckee and Gary Crosby. Manual de monitoreo del agua. Abril 1998
12. N. D. Jonson. Manual de monitoreo del aire. Marzo 1998.

ANEXOS

- Anexo I. Mapa sobre la ubicación geográfica del yacimiento.

- Anexo II.

Tabla 1 Vegetación existente en los escenarios de las minas Comandante Ernesto Che Guevara. [Citado Guerrero (2003)]

Tabla 2. Fauna existente en los escenarios de las minas Comandante Ernesto Che Guevara. [Citado por Guerrero (2003)]

- Anexo III.

Figura 3. Arranque y carga con retroexcavadora.

Figura 4. La dirección de desarrollo del frente de trabajo

- Anexo IV

Tabla 5. Características técnicas de parte del equipamiento empleado en la mina de la empresa estatal socialista Comandante Ernesto Che Guevara, [ECECHG, (2002)].

- Anexo V.

Tabla 6. Estadística poblacional del municipio de Moa hasta el 30/09/99, [Brefe, (2000)].

Tabla 7. Principales causas de muerte en Moa hasta el 30/06/99, [Brefe, (2000)].

Tabla 8. Datos de la población infantil de Moa hasta el 30/06/99, [Brefe, (2000)].

Tabla 9. Resumen general de las estadísticas de la población de Moa, [Brefe, (2000)].

Tabla 10 Asentamientos e Infraestructura. Balance de recursos laborales por sectores. CAE (Clasificador de actividades económicas). [Brefe, (2000)].

- Anexo VI

La tabla 12 sintetiza la definición de las clases de estabilidad para condiciones diurnas y nocturnas, según la radiación solar incidente, para todos los rangos de velocidades de viento. [Brefe, (2000)].

- Anexo VII

Tabla 15. Resultados de las muestras tomadas en las diferentes zonas referenciadas en la tabla. [CIL, (2004)]

- Anexo VIII

Resultados de los gráficos. Cada gráfico muestra cómo se encuentra el contenido de cada uno de estos elementos.

- Anexo IX

1. Mapa sobre la contaminación atmosférica.
2. Mapa sobre el estado del agua
3. Mapa sobre la vegetación virgen que queda en los flancos
4. Mapa sobre la rehabilitación
5. Mapa sobre la vegetación
6. Mapa Geotecnológico del yacimiento.

Simbología del mapa Geotecnológico

- Aporte de sedimentos )
- Arroyo contaminado )
- Arroyo desviado sin contaminación )
- Confluencia de los ríos )
- Contaminación de la atmósfera )
- Contaminación del camino minero )
- Control de la erosión mediante el uso de la madera  ()
- Control de la erosión mediante el uso de piedra  ()
- Deposición de sedimentos al río )
- Erosión en pedregal )
- Escombrera de gran intensidad E )
- Escombrera de gran intensidad E )
- Escombrera de gran intensidad E )
- Escombrera de mediana intensidad E  ()
- Escombrera de mediana intensidad E )
- Escombrera de poca intensidad E )
- Extracción de mineral )
- Revegetación )
- Río Yagrumaje sin contaminación )
- Río Yagrumaje sin contaminar. Parte S )
- Sedimentador )
- Sedimentador. Parte Norte )
- Talud deteriorado )
- Trocha que contamina al río )
- Trocha transportador hacia el río Yagrumaje )

Vegetación autóctona ()

Vegetación bosque de pino ()

Vegetación de galería ()

Vegetación natural ()

Zona de destape ()

Anexo I.

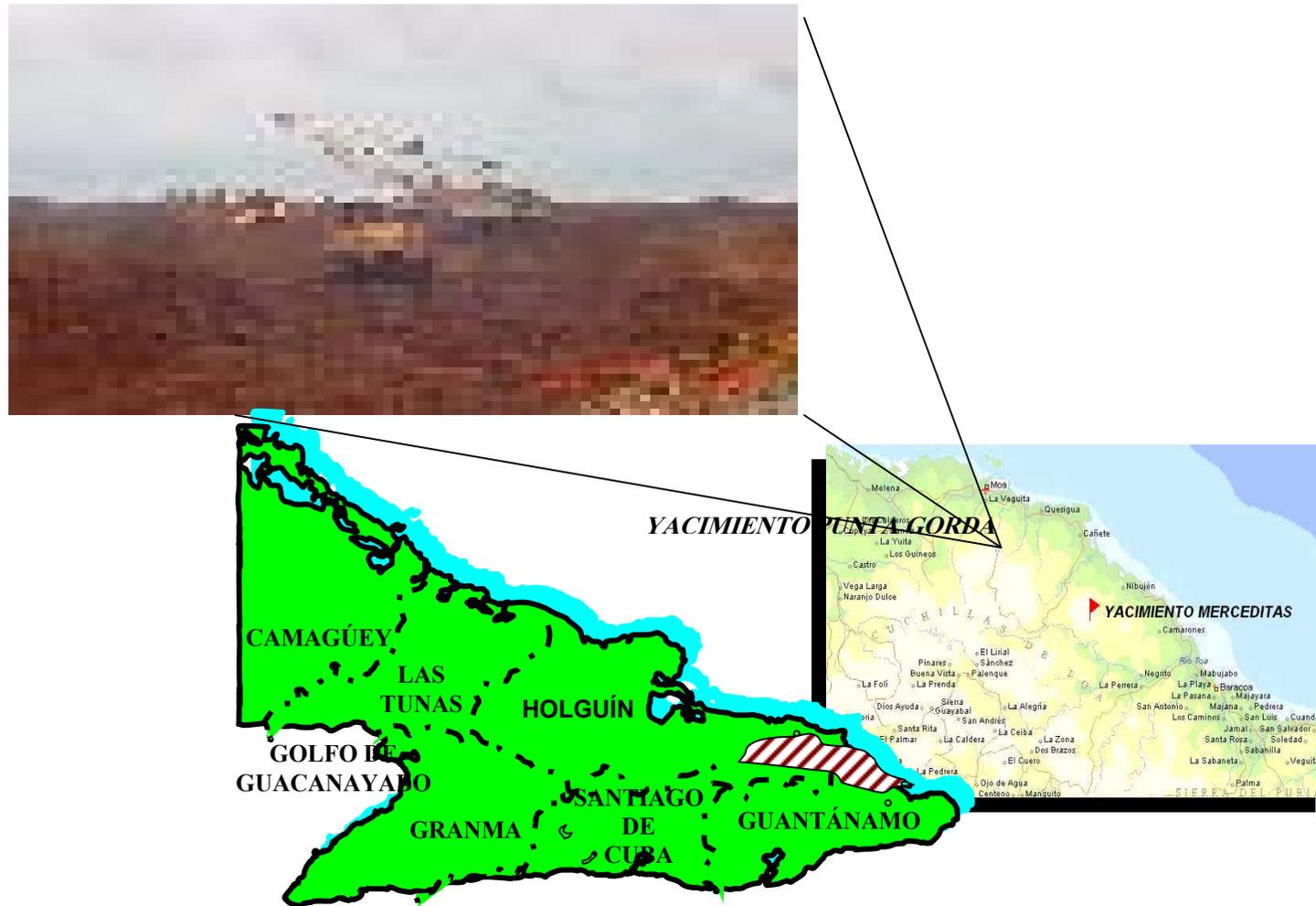


Figura 1. Ubicación geográfica del yacimiento Punta Gorda.

Anexo II.

Tabla 1. Vegetación existente en los escenarios de las minas Comandante Ernesto Che Guevara.

[citado Guerrero(2003)]

Nombre común	Nombre científico
Acana	Manilkara Emarginata
Achotillo	Sloanea Cieratillifolia
Almácigo	Bursela Simaruba
Ateje	Cordia Collococa
Almendro	Laplecea Moansis
Ayúa Blanca	Zantoxilum Cubense
Baría	Cordia collococa
Caoba	Swuitenia Mahogani
Acacia	Acacia Bucheri
Cedro	Cadrella Mejicana
Cuyá	Dipholis Cubense
Chicharroncillo	Hiperbana Cubense
Dagame	calycophylm candissimum
Ébano Carbonero	Diospyros Crassinervis
Guao	Comodadia Crassinervis
Helecho Árbol	Cyathea Arbórea
Jiquí	Pera Polilepsis
Ocuje	Calophyllum Antellanum
Mamoncillo	Melicosa Bijuga
Pino	Pino Cubense
Yamagua	Guarea guara
Azulejo	Tabieraia Oblongifolia
Caimitillo	Claysephyllum Oliniforme
Caguairán	Copaifera Humenecfolia, Morie
Candón	Ecotea Cuneata
Cedro Hembra	Cederla Adorata
Guayacán Negro, Palo Santo	Guaracum Officinale
Jaguey Común	Ficus Popilaides
Jatía	Phyllosylon Barasiliensis
Juba Prieto	Dipholiss jubilla
Majagua	Hibrescus Elatus, S.W
Najesí	Carapa Guanensis, Ambe
Nogal	Junglans Ensularis, Gris
Palo Bronco	Malpiglia Cricle

Anexo II

Tabla 2. Fauna existente en los escenarios de las minas Comandante Ernesto Che Guevara.

[Citado por Guerrero (2003)]

Grupo Zoológico	Nombre común	Nombre científico
Aves	Carpintero Verde	Xiphidiopicus, Percussus
	Sinsonte	Mimus Polielotto
	Totí	Dives Atroviolaceus
	Zunzún	Chorostilbon Ricorbil
	Paloma Rabiche	Zenaida Macrouva
	Tojosa	Columbina Passerina
	Aura	Catares Aura
	Arriero	Saunofhera Merlini
	Cotorra	<i>Amazona Leucucephal</i>
	Bijirita Trepadora	<i>Detroica S.P</i>
	Bijirita Guanera	<i>Detroica S.P</i>
	Bijirita Chica	<i>Detroica S.P</i>
	Bobito Grande	<i>Contopus Carieus</i>
	Bobito Chico	<i>Contopus Carieus</i>
	Cartacuba	<i>Todus Multicolor</i>
	Cernícalo	<i>Falco Sparrverius</i>
	Cotunto	<i>Gymnoglaus Lawrenci</i>
	Cao	<i>Carrus Narsicus</i>
	Chinchiguaco	<i>Quicalus Niger</i>
	Garza Ganadera	<i>Bulbucus Ivis</i>
Gavilán de Monte	<i>Buteo Jamaicensis</i>	
Judío	<i>Crotophga Ani</i>	

	Pitirre Ovejero	<i>Tyrannus S.P</i>
	Paloma Aliblanca	<i>Zenaida Asiática</i>
	Perico	<i>Aratinga</i>
	Querequeté	<i>Cordeiles Gundlachii</i>
	Lechuza	<i>Tito Alba</i>
	Sijú Platanero	<i>Glaucidium sijú</i>
	Tomeguín del Pinar	<i>Tiaris canora</i>
	Tocororo	<i>Priotelus Tembleus</i>
	Zorzal Real	<i>Turdus Plumbeus</i>
Reptiles	Lagartija	<i>Anolis Sacrei</i>
	Lagartija de Cresta	<i>Anolis Homolechis</i>
	Majá de Santa María	<i>Epycrates Angulifer</i>
	Chipoyo	<i>Anolis Equestris</i>
	Camaleón Azul	<i>Anolis Allisonii</i>
	Culebra Ciega	<i>Typhlops Lumbricalis</i>
	Jubo Prieto	<i>Asolphis Cantherigerus</i>
	Iguana	<i>Cycluranubita</i>

Tabla 2. (Continuación) Fauna existente en los escenarios de las minas Comandante Ernesto Che Guevara. [Citado por Guerrero (2003)]

Grupo Zoológico	Nombre común	Nombre científico
Insectos	Grillo	<i>Achita Assimiles</i>
	Avispas	<i>Polistes S.P</i>
	Abejas	<i>Apis Melifera</i>
	Abejas de Tierra	<i>Melinpons S.P, Melipona</i>
	Bibijagua	<i>Atta Insularis</i>
	Mosquito	<i>Culex S.P, Anoopheles S.P</i>
	Guasasa	<i>Droso phile S.P</i>
	Chicharra	<i>Uhleroides Sagreana</i>
	Libélulas	<i>Lecthemis Vesiculosa</i>
	Comején	<i>Nasutitermis Costalis</i>
	Chinche de Monte	<i>Loxa S.P</i>
Anfibios	Rana Toro	<i>Rana Catesbiana</i>
	Rana Platanera	<i>Osteopillus Septentrionalli</i>
	Sapo Timbalero	<i>Peltophoyne Peltoccephala</i>
Escorpión	Alacrán	<i>Ropholurus Junceus</i>
Arácnidos	Viuda Negra	<i>Lathrodectus Mactans</i>

	Araña Peluda	<i>Phormitopus Cubensis</i>
Peces	Biajaca	<i>Herichthys(Cichlasoma), Tetracentha</i>
	Dajao	<i>Agonostoma Monticula</i>
Crustáceos	Camarón	<i>Macrobrachium S.P</i>
	Camaroncito	<i>Siphocaris S.P</i>
	Jaibas de Río	<i>Epilobocera Cubensis</i>
	Cangrejos	<i>Grapsus Grapsus</i>
Moluscos	Polimitas	<i>Polimitas S.P</i>

Anexo III.

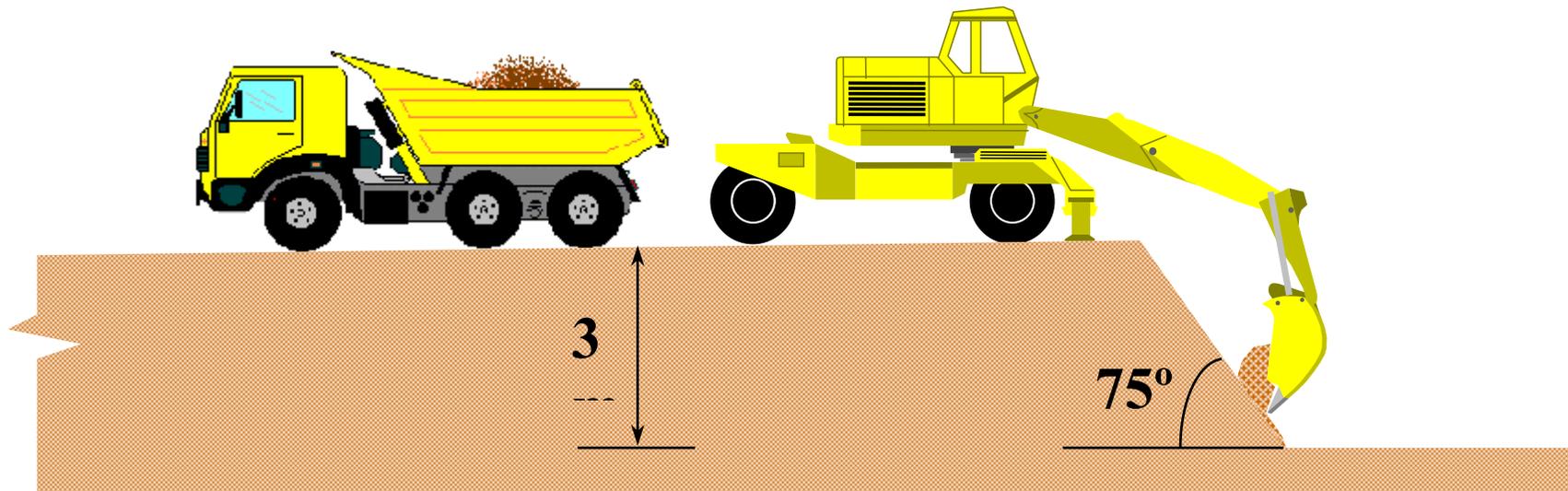


Figura 3. Arranque y carga con retroexcavadora.

Anexo III.

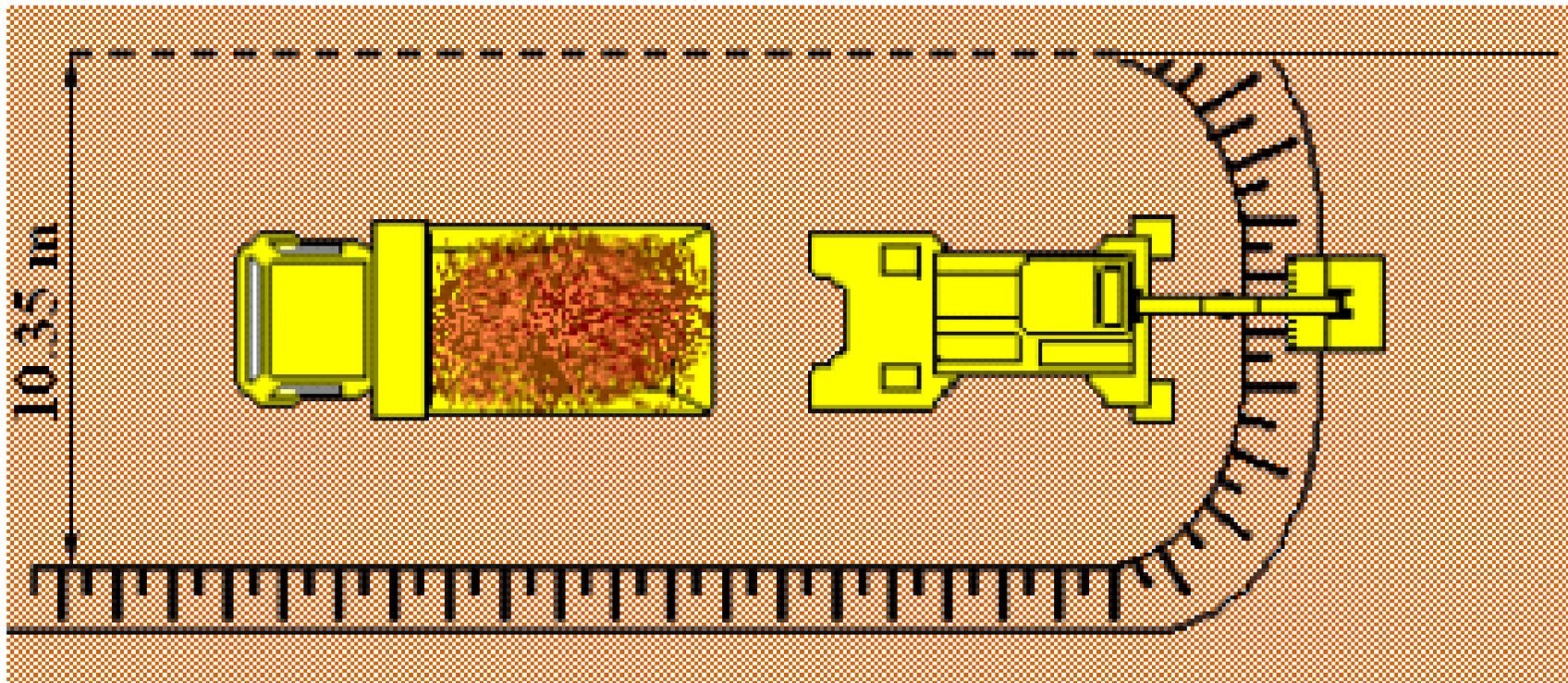


Figura 4. La dirección de desarrollo del frente de trabajo.

Anexo IV.

Tabla 5. Características técnicas de parte del equipamiento empleado en la mina de la empresa estatal socialista Comandante Ernesto Che Guevara, [ECECHG, (2002)].

Equipamiento Minero	Parámetros Técnicos	U/M	Valor	
Retroexcavadora Volvo EC 650	Volumen del cubo	m ³	4.40	
	Longitud de la pluma	m	7.60	
	Profundidad máxima de excavación	m	8.4	
	Altura máxima de descarga	m	7.0	
	Peso del equipo	Ton	65	
	Potencia del motor	Kw	284	
	Alcance máximo de descarga	m	5.00	
	Alcance máximo superior	m	11.7	
	Tipo de Motor	-	Volvo TD 122KIE	
Camión Volvo BM A35C	Tipo de Motor	-	Volvo TD 121GA	
	Potencia	rev./seg.	34	
	Velocidad máxima	Km./h	53.3	
	Capacidad de carga:	SAE raso	m ³	14.4
		SAE 2:1	m ³	19.0
	Carga útil	Kg.	32 000	
	Peso total	Kg.	57 700	
Camión EUCLID R60	Tipo de Motor	-	CUMMINSVTA 28C.	
	Velocidad máxima	Km./h	64	
	Capacidad de carga: SAE 2:1	m ³	34	
	Carga útil	Kg.	52 280	
	Peso neto	Kg.	38 490	
	Peso bruto	Kg.	96 000	

Anexo V.

Tabla 6. Estadística poblacional del municipio de Moa hasta el 30/09/99, [Brefe, (2000)].

Año	Residente	Urbana	Rural	No Residente	Crecimiento	Mortalidad general	Mortalidad infantil
					Unidad de Medida, (1/1000 hab.)		
1977	29902	24561	5241	-	-	-	-
1978	31483	26393	5090	-	52,9	7,2	28,4
1979	33019	27949	5070	-	50,8	6,1	21,2
1980	34537	29404	5133	10000	47,3	6	24,7
1981	37327	31619	5708	12000	63,8	3,2	14,4
1982	38616	36661	5955	16341	56,8	4,1	27,2
1983	40911	34456	6455	24071	47,2	3,8	23,5
1984	43139	36411	6728	27846	56,9	3,8	24,0
1985	45952	35400	10552	34090	60,0	3,9	19,7
1986	49,63	37166	11997	-	67,6	4,0	14,5
1987	53026	40696	12330	-	74,4	3,8	13,3
1988	56903	44326	12577	16000	75,7	3,0	13,1
1989	60198	47325	12873	13000	65,2	3,3	12,9
1990	63460	50382	13078	5656	56,0	2,8	10,9
1991	66371	55438	10933	3674	49,9	2,7	10,9
1992	67254	561669	11085	-	29,2	3,3	10,3
1993	66968	55985	10983	-	4,5	2,5	9,1
1994	68448	57206	11212	-	8,7	3,1	17,6
1995	67030	56377	10673	-	0,6	3,6	11,9
1996	68560	57328	11232	-	1	-	9,8
1997	69686	61274	8412	-	-	-	8,6
1998	70863	62403	8460	-	-	-	5,4
1999	71098	626335	8463	-	-	-	5,4

Tabla 7. Principales causas de muerte en Moa hasta el 30/06/99, [Brefe, (2000)].

<i>Causas</i>	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Tumores malignos	52,3	64,3	75	57,1	69,8	65,3	80,9
Cerebro vasculares	31,4	30,7	74,3	41,1	26,7	20,8	66,9
Cardiovasculares	68,7	51,2	46,3	52,0	77,3	44,5	66,6
Accidentes	32,9	36,5	27,0	17,8	26,7	14,8	52,3
Suicidios	13,4	11,7	12,0	8,2	7,4	13,9	14,3
Diabetes Millities	20,9	7,3	10,4	4,1	7,4	10,4	4,7
Cirrosis hepática	10,5	8,8	10,0	5,5	1,5	1,4	19,0

Tabla 8. Datos de la población infantil de Moa hasta el 30/06/99, [Brefe, (2000)].

Índices	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Fallecidos	16	13	11,0	9,0	17	11	10	11	7	3
Nacidos Vivos	1462	1189	1051	984	966	927	1018	1260	1292	548
Tasa/cada 1000	10,9	10,9	10,5	9,1	17,6	11,9	9,8	8,6	5,4	5,4
Nacidos bajo peso	100	94,0	8,3	82	77	59	66	68	80	29
% de nacidos bajo peso	6,8	7,9	7,9	8,3	8,0	6,4	6,5	5,4	6,2	5,3
Principales causas de muerte	Anomalía Congénita									
	Afecciones Prenatales									

Tabla 9. Resumen general de las estadísticas de la población de Moa, [Brefe, (2000)].

INDICADORES	VALORES
Total de habitantes	71 098
Recursos laborales totales	25097
de ellos: Hombres	21364
Mujeres	3733
Trabajadores del Níquel	10004
Agricultura, caza, pesca, silvicultura	1387
Explotaciones de minas y canteras	4663
Electricidad, agua, gas	590
Industria manufacturera	2385
Construcción	3704
Comercio y gastronomía	4263
Estadística, finanzas, inmuebles, servicios a empresas	381
Servicios personales y trabajadores por cuenta propia	8390
UBPC	237
Campeños privados	155
Sociedades mercantiles	40
Privado nacional	171
Asociaciones o fundaciones	21
Organizaciones de masas y políticas	173
Otros oficios	4027
Población no económicamente activa.	10320
Mujeres	9284
Hombres.	1036
Población en formación y adiestramiento.	874
Mujeres.	377
Hombres	497
Desempleados	5946

Tabla 10 Asentamientos e Infraestructura. Balance de recursos laborales por sectores. CAE (Clasificador de actividades económicas).

Año 2001	Totales	Varones	Hembras
I- Población	64.762	32.407	32.315
Menos(-) Población fuera de edad laboral	24.734	12.177	12.557
Menores edad laboral	19.055	9.732	9.323
Mayores de edad laboral	5.679	2.445	3.234
II- Población en edad laboral	40.048	20.290	19.758
Más(+) Población fuera de la edad laboral	413	249	164
Mayores de edad laboral que trabajan	413	249	164
Menores de edad laboral que trabajan	0	0	0
III- Recursos laborales	40.481	20.539	19.922
IV- Salario del movimiento pendular	-495	569	74
V-Recursos laborables disponibles	39.966	19.970	19.996
VI- Población económicamente activa	29.986	19.317	16.669
Ocupados en la economía	28.117	17.027	9.090
Esfera productiva	17.157	12.801	4.356
Industria	8.532	5.302	1.140
Construcción	2.812	2.370	442
Agropecuario	1.822	1.489	333
Transporte	846	707	139
Comunicaciones	109	37	72
Comercio	2.220	901	1.319
Otras actividades productivas	2.816	1.905	911
Esfera no productiva	8.080	4.228	4.734
Servicios comunales y personales	1.033	574	459
Ciencia y técnica	266	164	102
Educación	2.382	870	1.712
Cultura y arte	91	43	48
Deporte y turismo	1.788	405	1.383
Finanza y seguros	90	30	60
Administración	3.018	2.188	830
Otras actividades no productivas	292	152	140
Desempleados	3.869	2.290	1.579
VII-Población no Económicamente activa			
En edad laboral	9.980	653	9.327
Estudiantes	3.030	268	2.782
Quehaceres del hogar	5.948	32	5.916
Inactivos	455	173	282
Incapacitados y jubilados	335	101	234
Otros	212	20	133
Tasa de desempleados	13	12	15

Anexo VI

La tabla 12 sintetiza la definición de las clases de estabilidad para condiciones diurnas y nocturnas, según la radiación solar incidente, para todos los rangos de velocidades de viento.

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Día			Noche (1)	
	Radiación solar incidente			4/8 > Nubosidad < 7/8	Nubosidad < 3/8
	Fuerte (mayor que 50 cal/cm ² h)	Moderada (entre 25 y 50 cal/cm ² h)	Débil (menor que 25 cal/cm ² h)		
< 2	A	A - B	B	F	F
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

(1) La noche se define como el período desde una hora después de la puesta de sol, hasta una hora antes de la salida del mismo.

Anexo VII

Tabla 15 Resultados de las muestras tomadas en las diferentes zonas referenciadas en la tabla.

No	Lugar de muestreo	Fe	Na	P	Ca	Mn	Mg	Ni	K	Al	Pb
		Resultados en Mg/l									
475	Agua Río Yagrumaje Estado Natural	0.087	5.87	0.02	3.31	0.034	11.13	0.072	0.442	0.139	0
476	Agua Río Yagrumaje contaminado con una trocha	0.085	6.24	0.04	2.54	0.006	10.88	0.016	0.29	0.081	0
477	Agua Arroyo que va al Río Yagrumaje	0.102	7.54	0.04	2.51	0.024	9.25	0.019	0.535	0.09	0.018
478	Agua contaminada por la Escombrera	0.078	6.19	0.02	2.26	0.005	10.75	0.021	0.357	0	0.021
479	Agua Río los Lirios	0.12	6.29	0.01	2.2	0.024	11.25	0.016	0.326	0	0
480	Agua Arroyo que va a los Lirios	1.92	7.77	0.04	2.29	0.022	8.5	0.152	0.463	0.323	0
481	Agua Arroyo 3 Limpio Excavadoras	0.027	7.96	0.75	4.22	0.026	8.87	0.02	0.65	0.108	0
482	Agua Arroyo 4 contaminado excavadoras	0.034	7.67	0.38	3.47	0.029	12.92	0.074	0.582	0.239	0
483	Agua Río Los Lirios	0.084	6.4	0.42	2.26	0	10.38	0.012	0.959	0.11	0
484	Agua Río los Lirios debajo de la 2da Línea eléctrica	0.1	6.23	0.26	2.25	0.013	8.75	0.016	0.998	0.114	0
485	Agua Arroyo Efluente del Río Los Lirios	0.105	6.38	0.05	1.92	0	7.13	0.013	0.71	0.105	0

Tabla 15 (Continuación) Resultados de las muestras tomadas en las diferentes zonas referenciadas en la tabla.

No	Lugar de muestreo	pH	Conductividad	Sólidos Totales	SO4 2-	NO3	Alcalinidad	Dureza Total
		U	mS/cm	Resultados en mg/L				
475	Agua Río Yagrumaje Estado Natural	7.84	131.3	126	8.67	1.36	31.16	54.09
476	Agua Río Yagrumaje contaminado con una trocha	7.48	112.5	80	6.07	0.713	31.16	51.14
477	Agua Arroyo que va al Río Yagrumaje	7.66	122.3	106	7.05	1.05	31.16	44.36
478	Agua contaminada por la Escombrera	7.85	101	92	4.33	1.3	31.16	49.91
479	Agua Río los Lirios	7.16	117.3	132	4.45	4.1	23.37	51.82
480	Agua Arroyo que va a los Lirios	7.77	112.7	114	15.45	0.668	15.58	40.72
481	Agua Arroyo 3 Limpio Excavadoras	7.02	142.9	10	23.84	3.1	28.34	47.07
482	Agua Arroyo 4 contaminado excavadoras	7.8	165	32	16.26	3.58	32.7	61.86
483	Agua Río Los Lirios	7.48	110.8	60	0	1.47	31.16	48.38
484	Agua Río los Lirios debajo de la 2da Línea eléctrica	7.67	123.3	10	0	0.543	15.56	41.65
485	Agua Arroyo Efluente del Río Los Lirios	7.56	105.2	94	0	0.45	31.16	34.15

Anexo VIII. Análisis de los resultados de las muestras de agua por elementos.

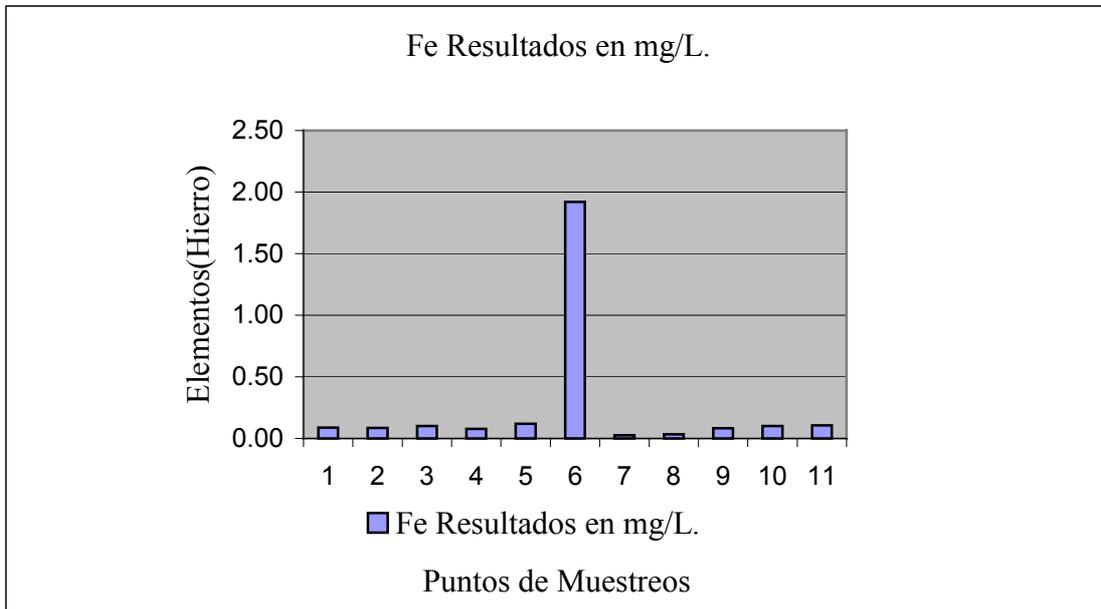


Figura 5. Resultados del hierro (Fe), [CIL, (2003)].

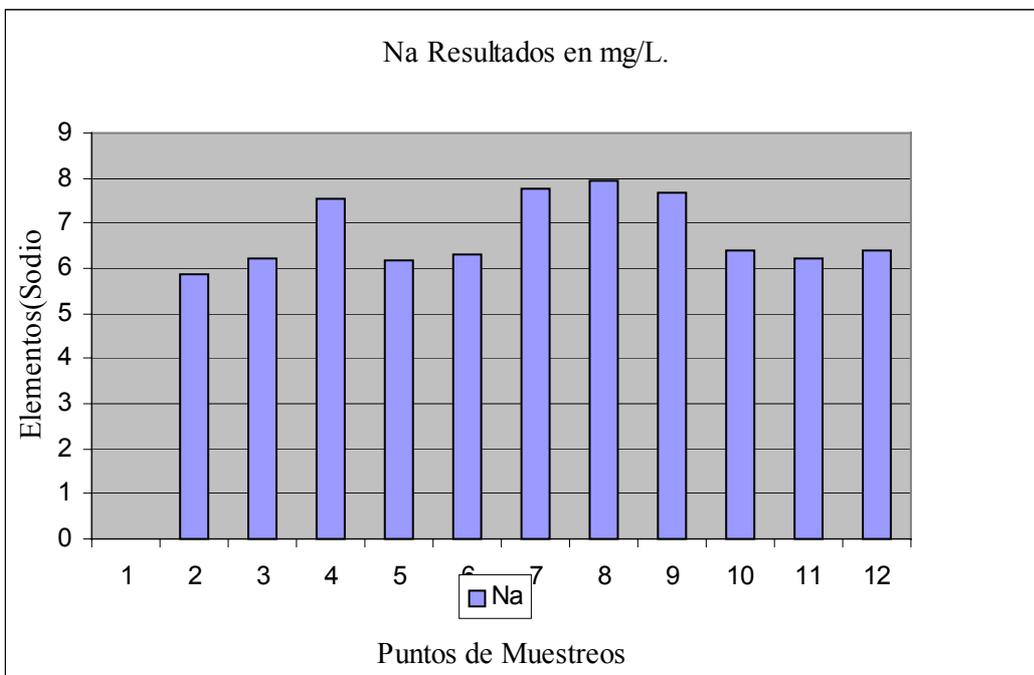


Figura 6. Resultados del sodio (Na), [CIL, (2003)].

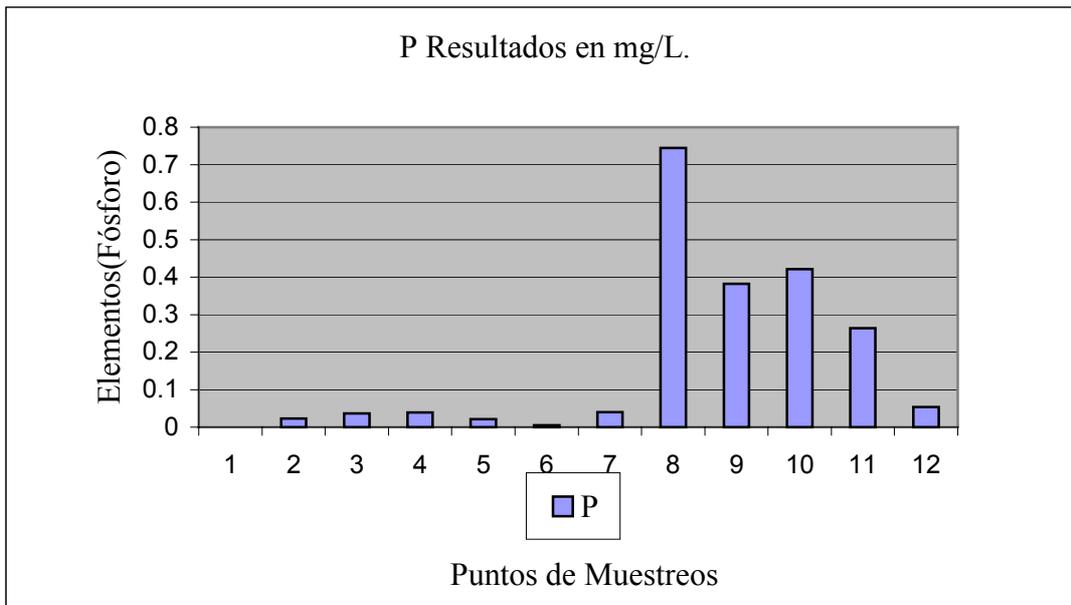


Figura 7. Resultados del fósforo (P), [CIL, (2003)].

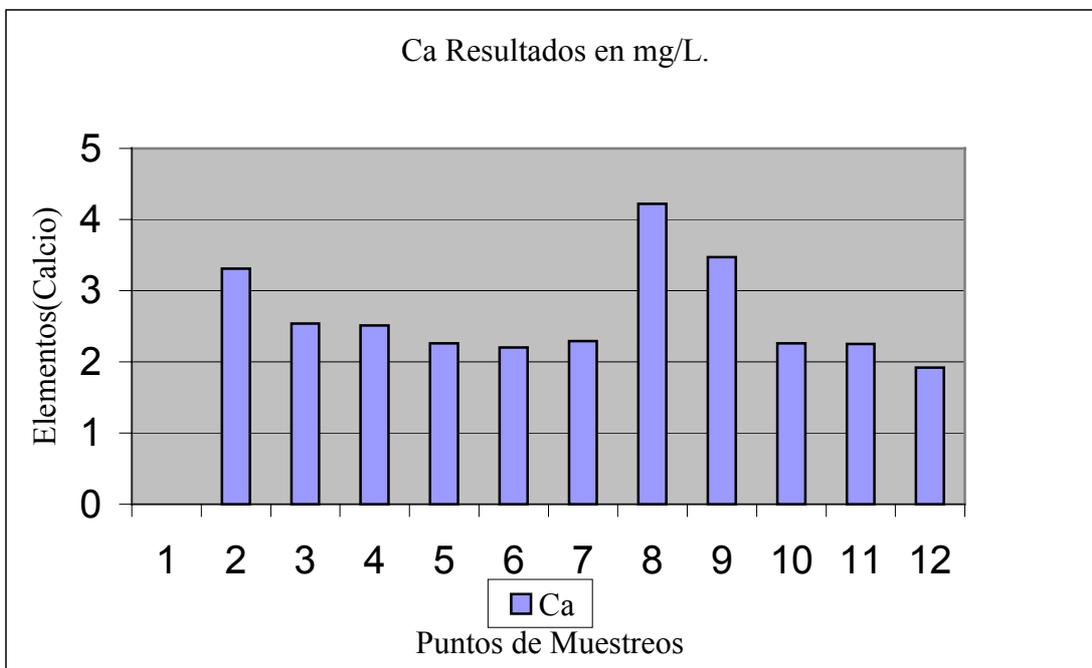


Figura 8. Resultados del calcio (Ca), [CIL, (2003)].

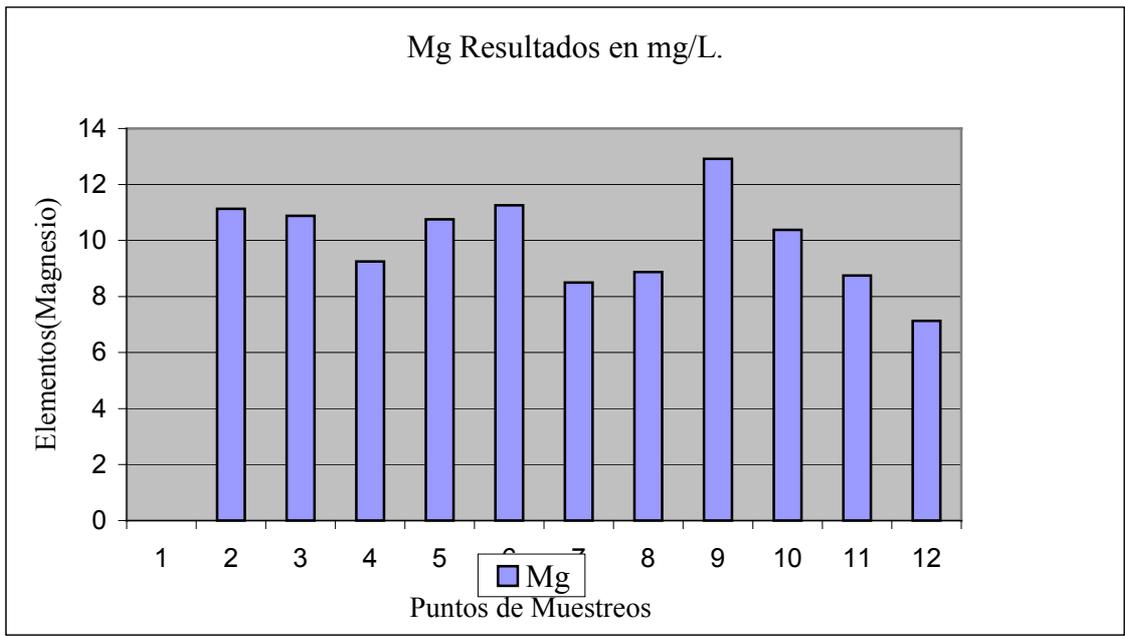


Figura 9. Resultados del magnesio (Mg), [CIL, (2003)].

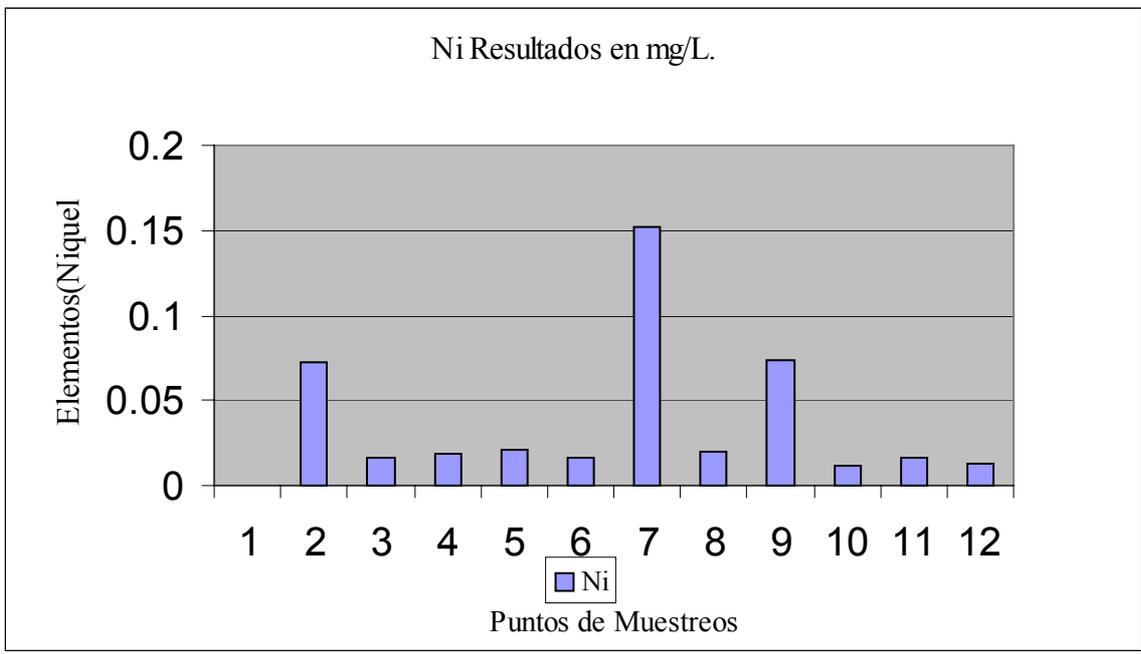


Figura 10. Resultados del níquel (Ni), [CIL, (2003)].

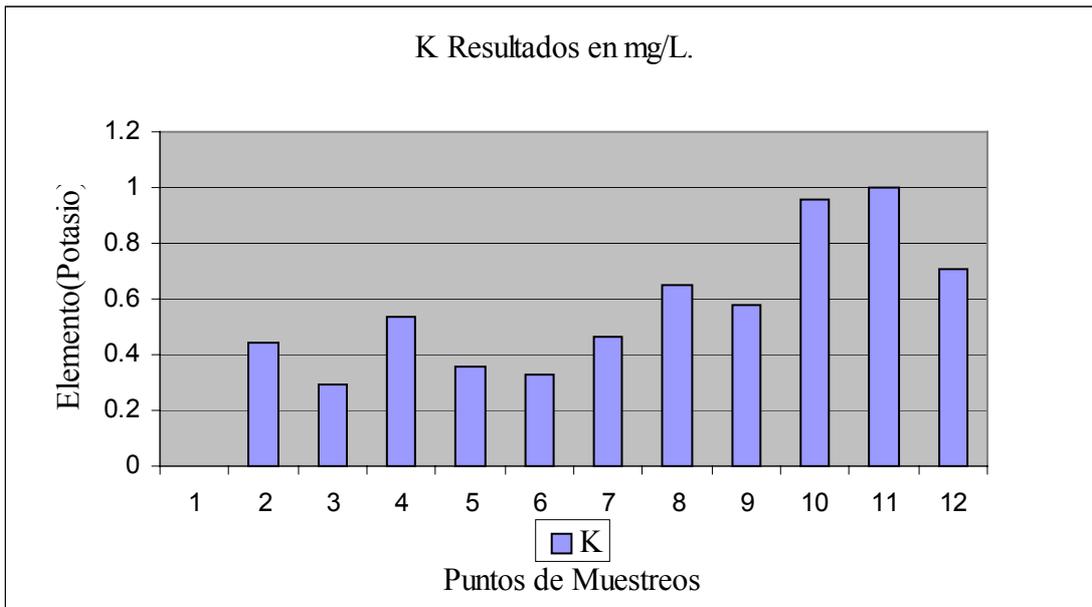


Figura 11. Resultados del potasio (K), [CIL, (2003)].

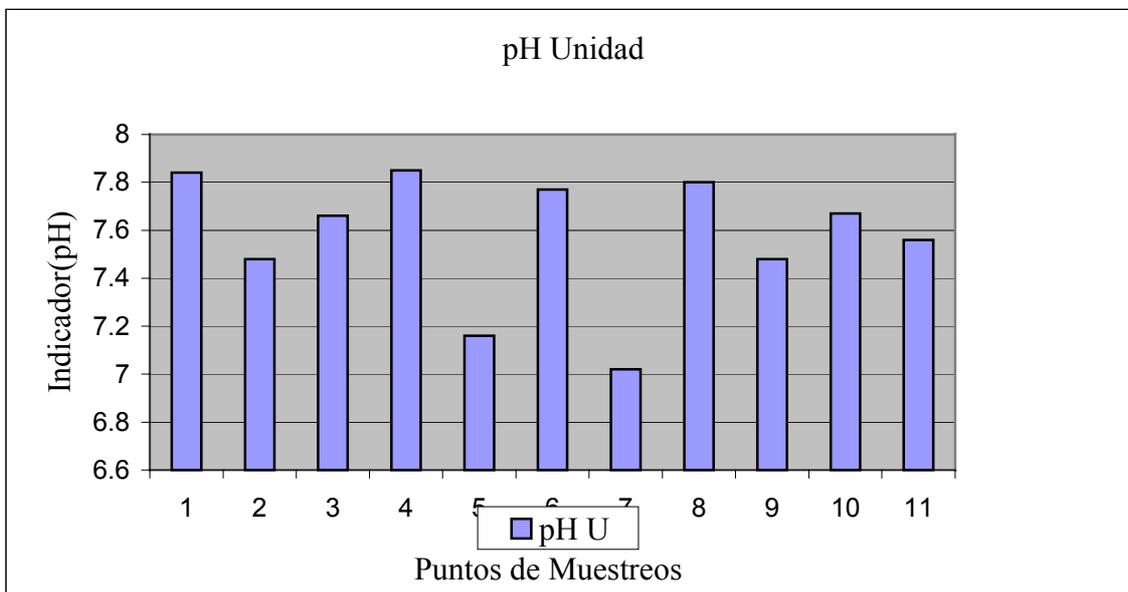


Figura 12. Resultados del ph, [CIL, (2003)].

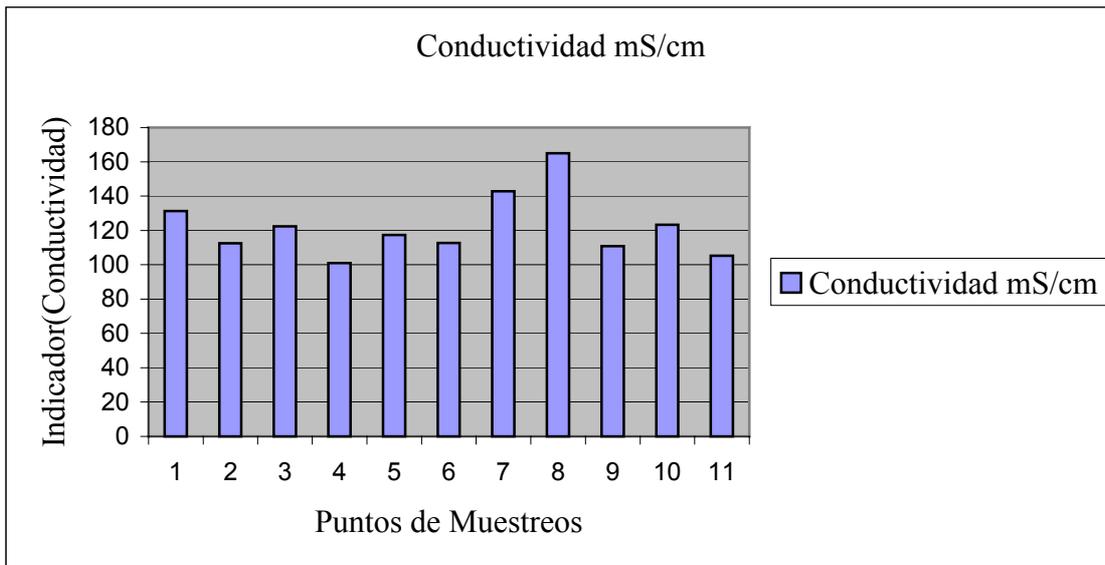


Figura 13. Resultados de la conductividad, [CIL, (2003)].

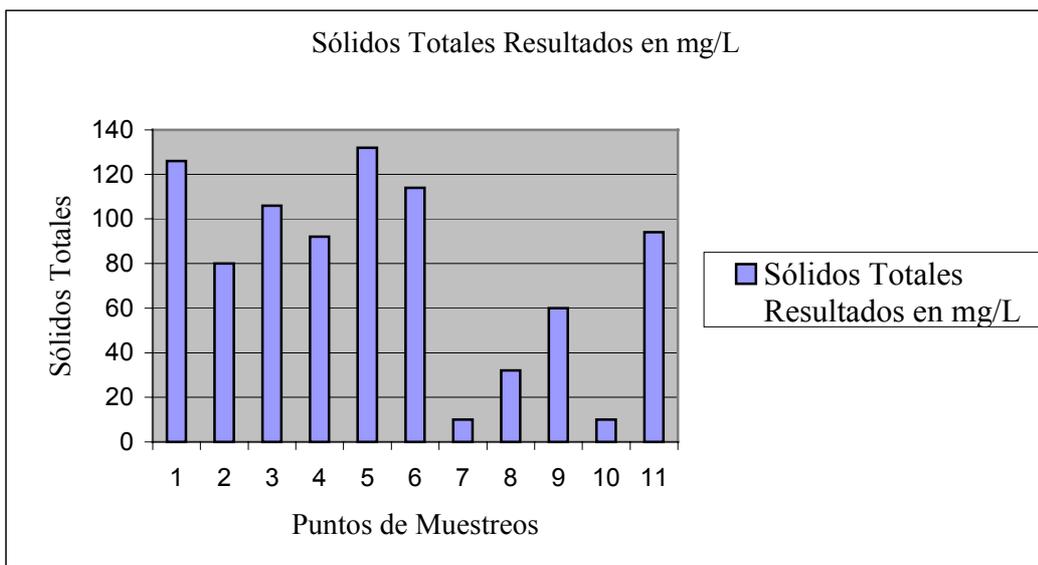


Figura 14. Resultados de los sólidos totales, [CIL, (2003)].

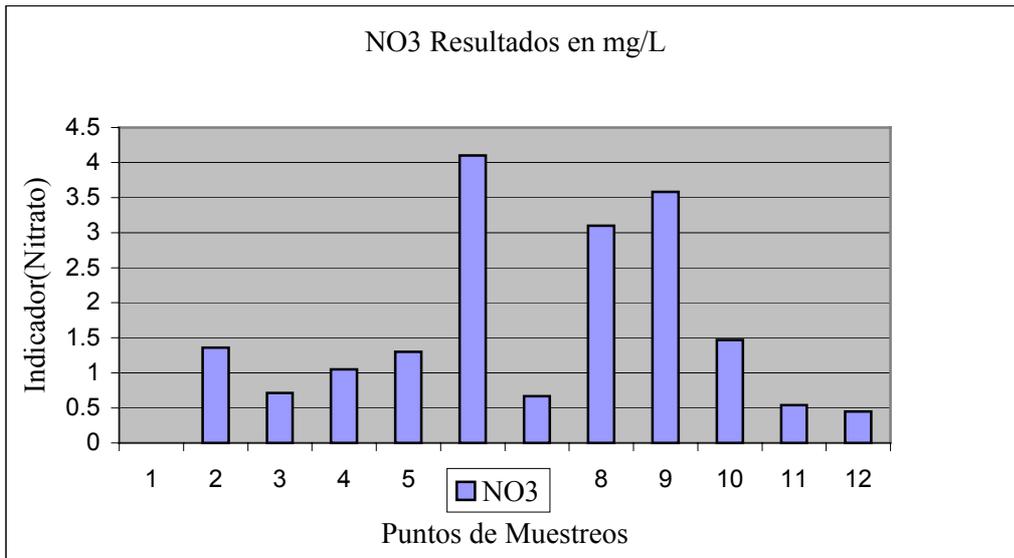


Figura 15 Resultados del nitrato (NO3), [CIL, (2003)].

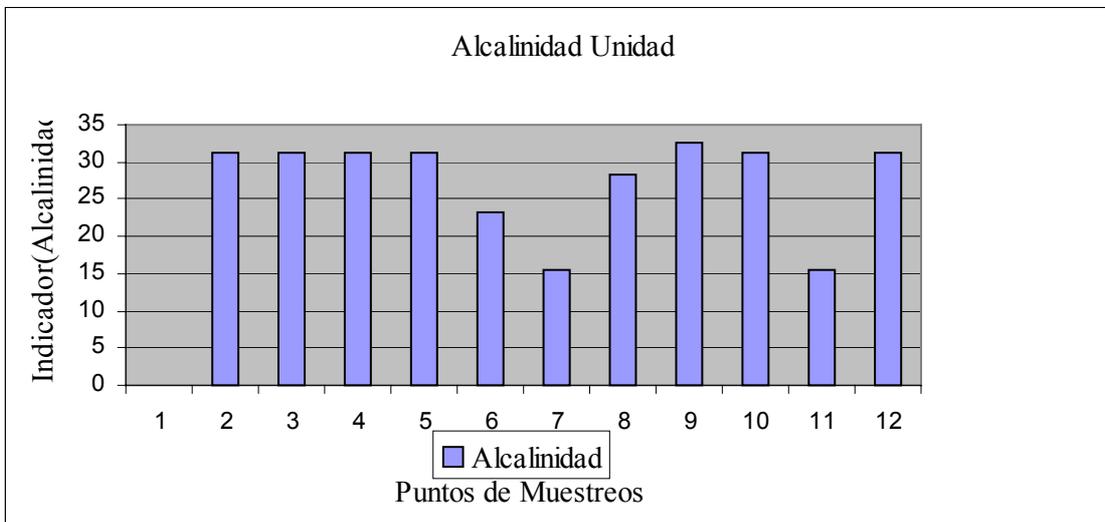


Figura 16. Resultados de la alcalinidad, [CIL, (2003)].

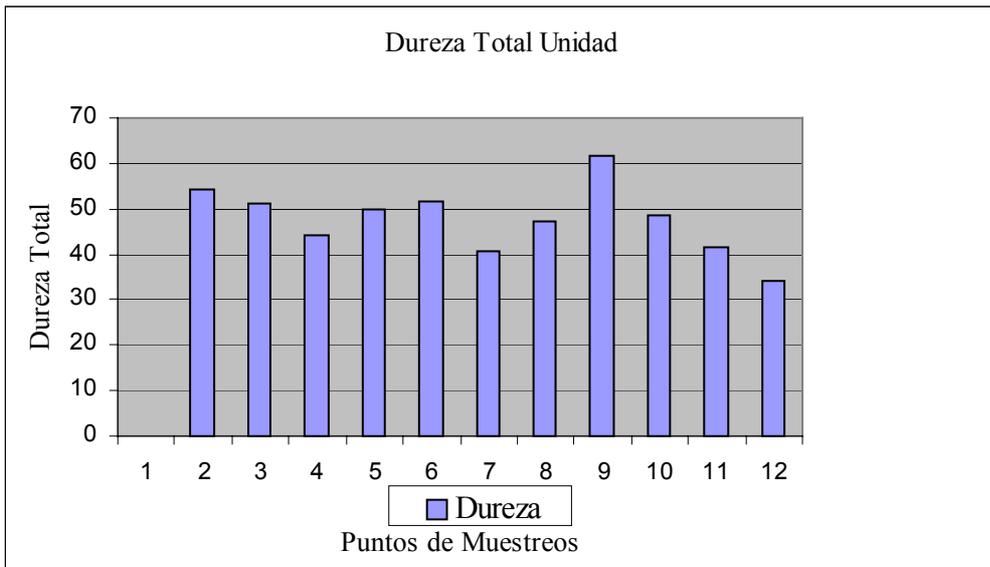


Figura 17. Resultados de la dureza, [CIL, (2003)].

8216.67
W
7916.67
V
7616.67
U
7316.67
T
7016.67
S
6716.67
R
6416.67
Q
6116.67
P
5816.67
O
5516.67
N
5216.67
M
4916.67
L
4616.67
K
4316.67

3216.67

3516.67

3816.67

3916.67

4116.67

4416.67

4716.67

5016.67

5316.67

5616.67

5916.67

6216.67

6516.67

6816.67

7116.67

7416.67

7716.67



Leyenda

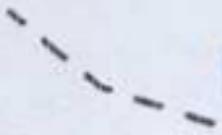
- Limite concesión Minera 
- Depósitos de Agua 
- Caminos Mineros 
- Áreas Reforestadas 
- Red Hidrográfica 
- Depósitos de LF 
- Depósitos de LB 
- Limites Zonas Minadas 
- Línea Eléctrica 
- Puntos de Muestras de agua 

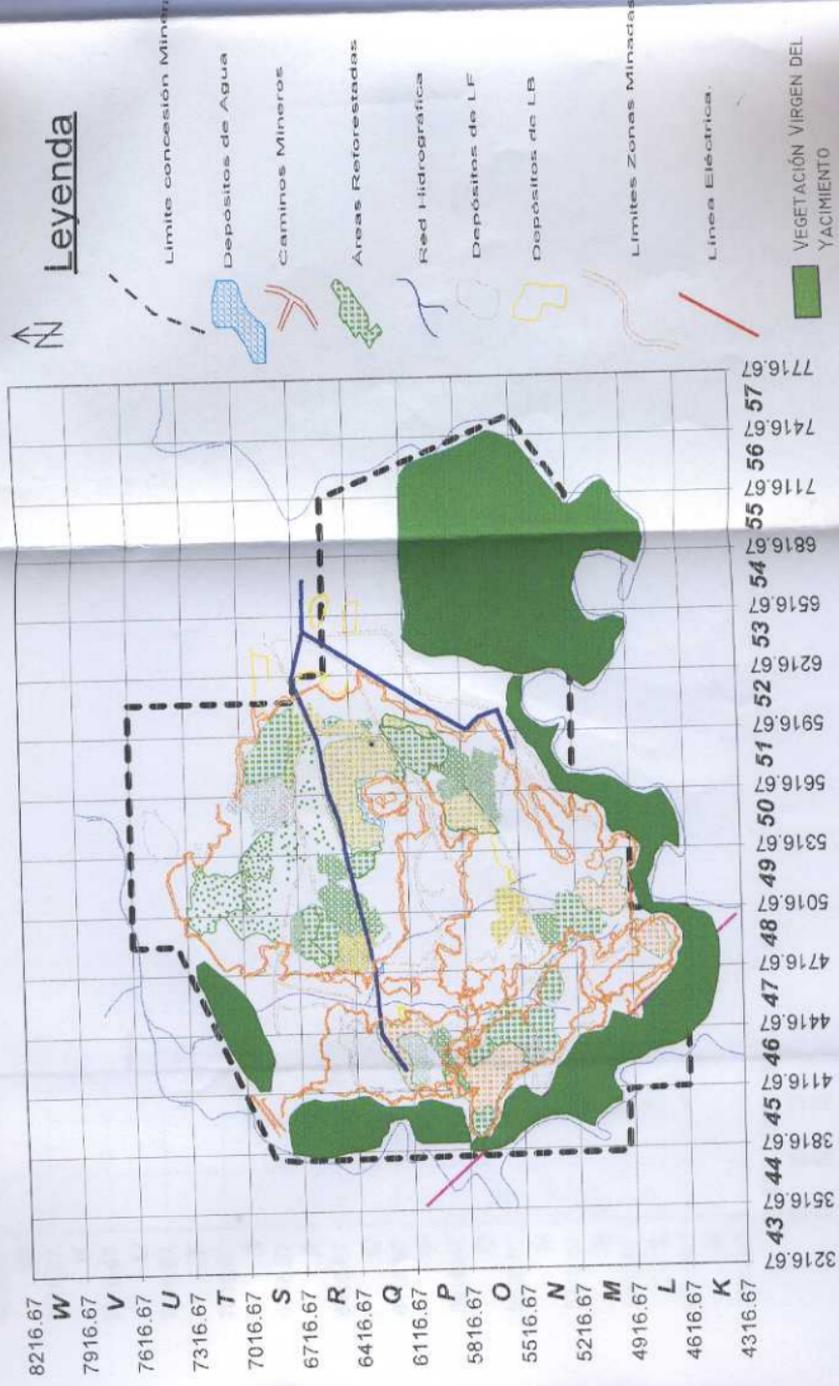
8216.67
W
7916.67
V
7616.67
U
7316.67
T
7016.67
S
6716.67
R
6416.67
Q
6116.67
P
5816.67
O
5516.67
N
5216.67
M
4916.67
L
4616.67
K
4316.67

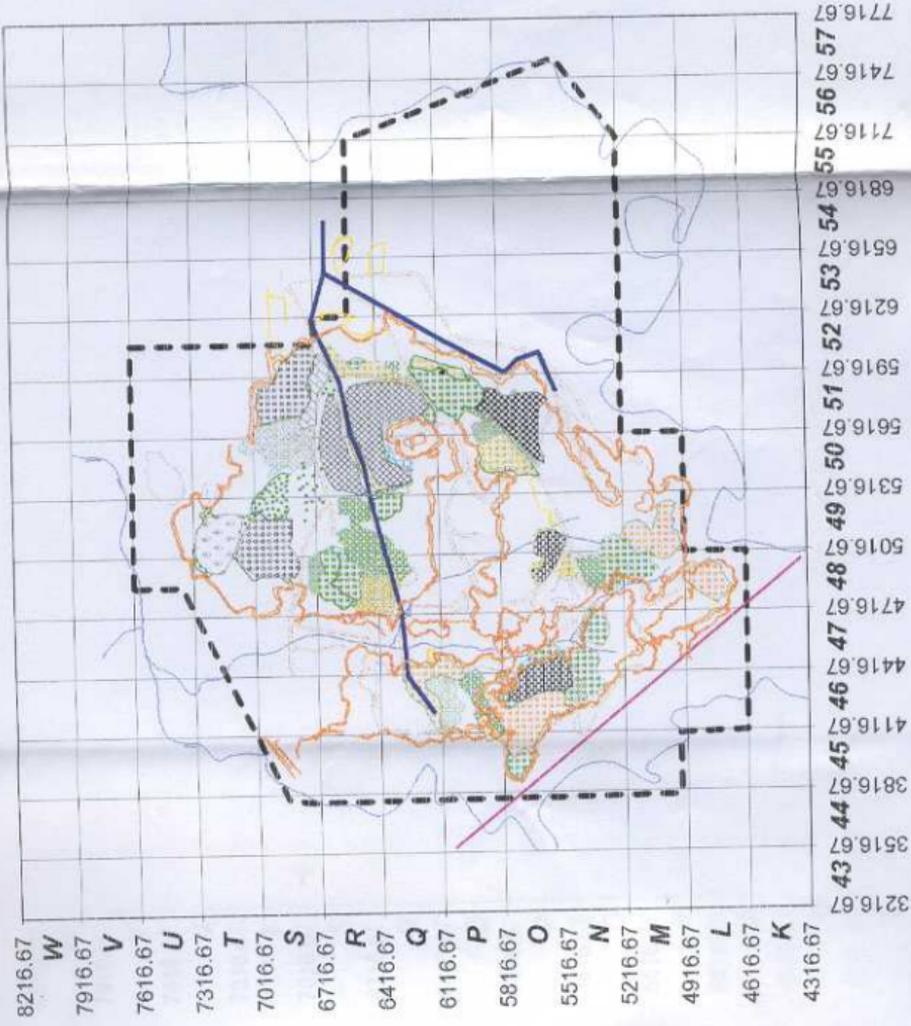
7716.67
57
7416.67
56
7116.67
55
6816.67
54
6516.67
53
6216.67
52
5916.67
51
5616.67
50
5316.67
49
5016.67
48
4716.67
47
4416.67
46
4116.67
45
3816.67
44
3516.67
43
3216.67



Leyenda

	Límite concesión Minera
	Depósitos de Agua
	Caminos Mineros
	Áreas Reforestadas
	Red Hidrográfica
	Depósitos de LF
	Depósitos de LB
	Límites Zonas Minadas
	Línea Eléctrica.
	Puntos de Muestras de agua





Leyenda



Limite concesión Minera

Depósitos de Agua

Camminos Mineros

Áreas Reforestadas

Red Hidrográfica

Depósitos de LF

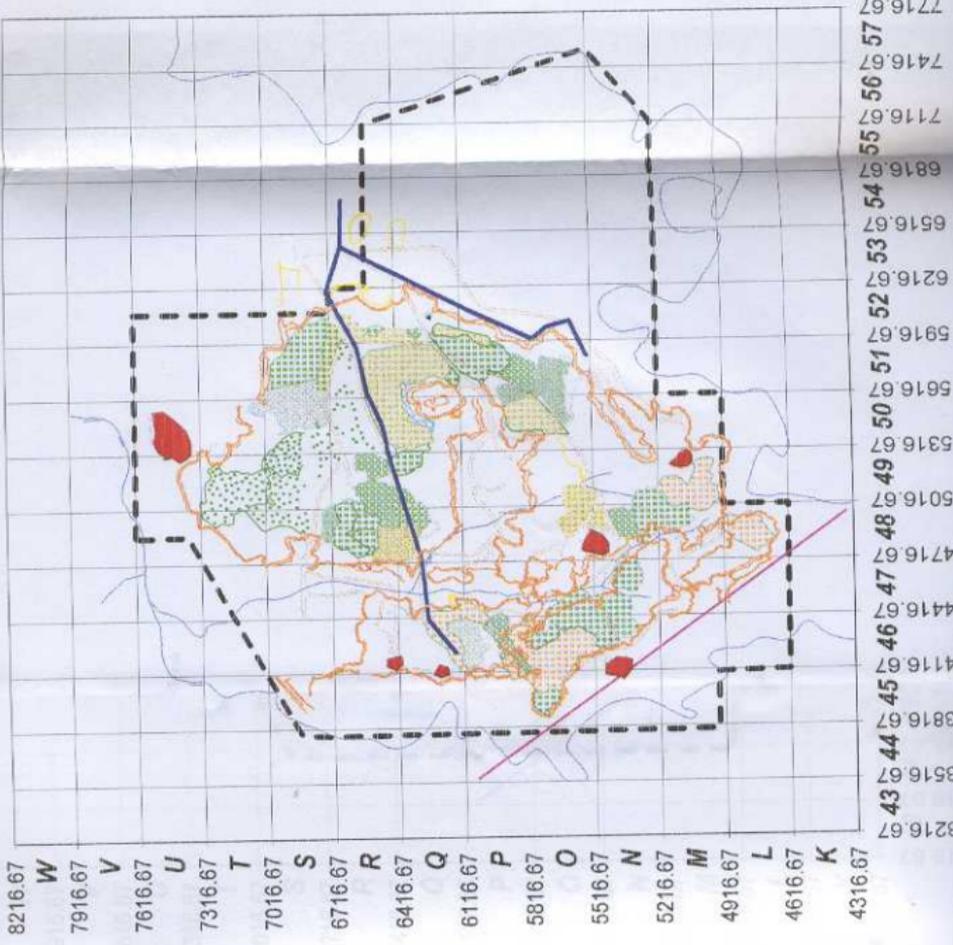
Depósitos de LB

Límites Zonas Minadas

Línea Eléctrica

Leyenda

- Límite concesión Minera
- Depósitos de Agua
- Camminos Mineros
- Áreas Reforestadas
- Red Hidrográfica
- Depósitos de LF
- Depósitos de LB
- Límites Zonas Mineras
- Línea Eléctrica
- Escombreras



Legenda



- Límite concesión Minera
- Depósitos de Agua
- Caminos Mineros
- Áreas Reforestadas
- Red Hidrográfica
- Depósitos de LF
- Depósitos de LB
- Límites Zonas Minadas
- Línea Eléctrica
- Escombros
- Puntos de Muestras de agua



W 1716.67
V 1667
U 1667
T 1667
S 1667
R 1667
Q 1667
P 1667
O 1667
N 1667
M 1667
L 1667
K 1667

43 1667
44 1667
45 1667
46 1667
47 1667
48 1667
49 1667
50 1667
51 1667
52 1667
53 1667
54 1667
55 1667
56 1667
57 1667