



MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR.

Instituto Superior Minero Metalúrgico.

Facultad de Geología y Minería.

Departamento de Geología.

TITULO: Estudio de la calidad de las aguas de la dársena del Puerto de Moa

AUTOR: Alexander Duran Morales

TUTORA: MsC. Amparo Velázquez Velázquez.
MSc. Yamilet Espinosa

Moa,2005

Agradecimientos

- *A la Revolución por brindarme la posibilidad de realizarme como un profesional más de este país.*
- *A mis tutoras Msc. Amparo Velásquez y Msc. Yamilet Espinosa por el apoyo y colaboración prestada durante el desarrollo de este trabajo.*
- *A los compañeros del puerto que de una u otra forma han colaborado en la realización de este trabajo..*
- *A mi querida novia por su apoyo incondicional.*
- *A todos los profesores del Departamento de Geología.*
- *Un agradecimiento muy especial a mis padres y mi hermana que con su apoyo, confianza, dedicación y sacrificio han logrado de mí hacerme una profesional.*
- *A los Padres de mi novia.*
- *A todas aquellas personas que de una forma u otra han colaborado en el desarrollo de mi formación.*
- *A Toda mi familia que siempre me han apoyado y querido.*
- *A nuestro invicto Comandante Fidel Castro Ruz, por haber mantenido decenas y decenas de nosotros en este pequeño país al darnos la posibilidad de formarnos como ingenieros para servir a otras naciones del mundo, gracias a sus principios revolucionarios*

Alexander.

Dedicatoria

A mis padres, por haber depositado tanta confianza en mí y por lo que para mí significa.

A mis Abuelos queridos Julia Mena y Pedro Morales

A mi Novia Linda Mailin Sainz Williams que tanto me a apoyado y ayudado en todo momento.

A mi hermana querida que a pesar de pelear mucho siempre me ha ayudado.

Alexander

Pensamiento

La ciencia es buena porque nos enseña a distinguir por medio de la acción lo posible y lo imposible, porque nos instruye al respecto de nuestros verdaderos deberes y nos libera de la servidumbre, de la ignorancia y el error.

Anatole France

RESUMEN

		Pág.
INTRODUCCIÓN		1
CAPITULO I		
	Características Físico – Geográficas, Geológicas e Hidrogeológicas de la Región de Estudio.....	3
1.1	Situación geográfica.....	3
1.2	Clima.....	3
1.2.1	Precipitaciones atmosféricas.....	3
1.2.2	Vientos.....	4
1.2.3	Temperatura del aire.....	4
1.2.4	Humedad relativa.....	4
1.2.5	Presión atmosférica.....	4
1.3	Hidrografía.....	5
1.4	Particularidades geomorfológicas regionales.....	7
1.4.1	Particularidades geomorfológicas del área de estudio.	9
1.5	Vegetación.....	10
1.5.1	Vegetación del área de estudio.....	10
1.6	Flora y Fauna.....	11

	1.7 Características socioeconómicas de la región.....	12
	1.8 Descripción del objeto de estudio.....	13
	1.9 Vías de comunicación.....	14
	1.10 Características geológicas regionales.....	14
	1.10.1 Características geológicas del área de estudio.....	20
	1.11 Tectónica.....	21
	1.12 Magmatismo.....	22
	1.13 Características hidrogeológicas regionales.....	22
CAPITULO II	Volumen y Metodología de las Investigaciones Realizadas.....	25
	2 Introducción.....	26
	2.1 Recopilación y análisis de los trabajos precedentes.....	26
	2.2 Trabajo de Campo.....	27
	2.3 Procesamiento de la información y evaluación de los resultados.....	29
	Interpretación de los Resultados Obtenidos.....	35
CAPITULO III	3.1 Focos contaminantes localizados en el área de estudio.	Su

estudio.	Su 35
caracterización.....	
3.2 localización y caracterización de los efluentes.....	38
3.3 Interpretación de los resultados de los análisis químicos de los efluentes que vierten a la bahía.....	39
3.3 Valoración de la calidad de las aguas de la dársena.....	42
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

RESUMEN.

El presente estudio es el fruto de una investigación realizada sobre la base de las características físico – químicas de las fuentes de abasto de agua a los asentamientos rurales de Yamanigüey, Cañete, Cupey, Cayo Grande de Yamanigüey, Quemado del Negro, Jucaral, Centeno y Cayo Chiquito.

Para solventar los objetivos planteados se ejecutó un muestreo hidroquímico suficientemente representativo de los propósitos de nuestro trabajo, juntamente con la determinación en el laboratorio del fondo hidroquímico natural de cada una de las muestras. Fueron descritas todas las fuentes de agua incluyendo una valoración del estado higiénico – sanitario de las mismas, los principales tipos litológicos, así como los fenómenos y procesos más trascendentales que están teniendo lugar en el área.

Posteriormente se interpretaron los resultados con la ayuda de diferentes clasificaciones y normas empleadas para el agua potable, lo que nos facilitó plantear de forma general algunas disposiciones que pueden ser de gran ayuda para el mejoramiento del agua a la población, que es, en términos habituales, quien más afectación recibe.

CAPITULO I. CARACTERISTICAS FISICO – GEOGRAFICAS, GEOLOGICAS E HIDROGEOLOGÍCAS DE LA REGION DE ESTUDIO.

1.1 SITUACION GEOGRAFICA.

La región de estudio se encuentra enmarcada dentro del municipio Moa, el cual se ubica hacia el noreste de la provincia Holguín, limitando al norte con el océano Atlántico, al sur con el municipio de Yateras, por el este con el municipio de Baracoa y al oeste con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País

El área de estudio se encuentra ubicada en la región oriental de la Costa Norte de Cuba, entre las coordenadas X: 691 000; 706 000, Y: 212 000; 224 400. Está limitada al Norte por una barrera de arrecifes que bordean un amplio bajo a menos de dos metros de profundidad, donde se halla enclavado Cayo Moa. La Costa Sur es baja en su mayor parte, bordeada por mangles, con algunos segmentos de playa, y una línea irregular donde penetran algunas ensenadas y cortan varios ríos como el Moa y el Yagrumaje. . (Anexo 1)

1.2 CLIMA.

El municipio Moa, en el Nor-este de la provincia de Holguín, se identifica, según la clasificación de Copen como tropical húmedo con lluvia todo el año, a diferencia de la mayor parte del resto de país, que ha sido clasificado como tropical con verano muy húmedo (Díaz, 1989). Este rango distintivo de este territorio, esta relacionado con la ocurrencia de las

mayores precipitaciones durante el periodo invernal, con valores máximos entre octubre y febrero, comportamiento diferente al resto del territorio nacional y el cual esta condicionado fundamentalmente por la orografía presente.

1.2.1 PRECIPITACIONES ATMOSFERICAS.

El comportamiento de las precipitaciones en la región de Moa no coincide con las del resto del territorio nacional, los mayores promedios anuales se reportan de noviembre - febrero considerado para Cuba como período seco, siendo en Moa la época de mayores precipitaciones con valores de 2300 - 2600 mm y más. En el período lluvioso cubano ocurre lo contrario, en el territorio es considerada etapa de seca con 1600 - 1800 mm de lluvia. Las precipitaciones son abundantes todo el año, alcanzando de 2000 - 2400 mm. En general se puede plantear que existen dos máximas, una principal en los meses de octubre a enero y una secundaria en el mes de mayo. Para las mínimas, la principal ocurre en el período de marzo a abril y la secundaria de junio a septiembre. Según los datos obtenidos por los pluviómetros ubicados en los límites de la cuenca del río Moa, se conoce que el promedio de precipitación anual para la misma es de 360.99 mm y la media mensual es de 146.70 mm, correspondiente los períodos más lluviosos a noviembre, octubre y mayo con 234.90 y 147.40 mm respectivamente.

1.2.2- VIENTOS.

El régimen de este factor meteorológico en la región esta conformado por vientos de moderada intensidad, casi todo el año soplan los vientos alisios provenientes de la periferia del anticiclón subtropical oceánico de Los Azores - Bermudas, provocando que el mismo en superficie tenga una dirección noreste – este fundamentalmente. La distribución frecuencial anual de la dirección e intensidad del viento durante el año muestra que la sur es la más notable, con un 37.41 %, seguido de los vientos de sentido norte - este con 32.52 %, mientras que el resto de las direcciones poseen una frecuencia inferior al 10 %, siendo la dirección oeste la de menor ocurrencia, con un 0.41 %.

La velocidad mínima posible del viento para un período de 50 años es igual a 43 m/seg para el sector marítimo mientras que para el costero se reduce y no alcanza los 20 m/seg.

1.2.3-TEMPERATURA DEL AIRE.

La temperatura del aire media anual es aproximadamente 27 °C, en el verano se alcanzan valores de 30 °C hasta 32 °C y en el invierno de 22 °C a 26 °C.

1.2.4- HUMEDAD RELATIVA.

La humedad relativa de la zona es alta debido a la exposición marítima del territorio, influyendo en este aspecto las precipitaciones, las que son abundantes todo el año. Los meses que poseen los mayores valores se ubican de noviembre - abril, alcanzándose las máximas de diciembre a enero, lo cual se debe al ascenso orográfico o forzado del viento que favorece las altas precipitaciones al inicio y final del período de transición verano - invierno.

1.2.5- PRESION ATMOSFERICA.

Durante el invierno se producen las más altas presiones, disminuyendo estas hasta alcanzar las mínimas en los meses de mayo a octubre. La presión media anual es de 1017.3 hP, siendo la media máxima mensual de 1022.2 hP en el mes de septiembre.

1.3- HIDROGRAFIA.

La abundancia de precipitaciones, las cuales ocurren prácticamente durante todo el año conjugado con las características del relieve y del clima, favorece la existencia de una red hidrográfica que corre de sur a norte. La misma es de tipo dendrítica, pudiéndose observar sin embargo algunos casos correspondientes a una red del tipo subparalela.

La región cuenta con una red hidrográfica bien desarrollada representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se destacan de este a oeste: Yamanigüey, El Medio, Semillero, Quesigua, Cayo Guam, Punta Gorda, Yagrumaje, Moa, Cabañas y Aserrío, los cuales son de carácter permanente, drenando en el mismo sentido que presenta la red. Estos ríos desembocan en el océano Atlántico formando deltas cubiertos de mangles, apreciándose en los mismos una zona de erosión y otra de acumulación.

Ellos forman terrazas al llegar a la zona de pie de monte y presentan no pocos meandros, sus orillas son abruptas y erosionadas en la zona montañosa mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas. Son alimentados por las precipitaciones atmosféricas teniendo como origen las zonas montañosas del grupo Sagua - Baracoa. Generalmente sobrepasan los 1.5 m/s de velocidad y los gastos oscilan entre 100 y 200 L/s.

Podemos decir que el nivel de los ríos cambia en dependencia de las precipitaciones, los niveles más bajos se observan en el período de seca, correspondiente a los meses de julio a septiembre y los más elevados en la época de lluvia, la cual está comprendida de octubre a enero.

Producto a que los ríos anteriormente mencionados conforman la reserva natural de nuestro municipio, haremos una breve reseña acerca de sus características y en particular de aquellos que se encuentran ubicado cerca del área de estudio por su significación para nuestro trabajo, ya que son los principales aportadores de sedimento hacia la bahía de Moa, como son el Río Moa y el río Cabaña.

❖ **Río Cayo Guam.**

Tiene su origen en la cota 820 m y desemboca en el océano Atlántico, presenta un área de alimentación de 57.71 Km². Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas; en la temporada de seca los gastos medios son de 1 a 3 m³/seg. y en la de lluvia se han manejado valores que pueden llegar hasta 4 m³/seg.

❖ **Río Quesigua.**

Su origen difiere del anterior, este se encuentra ubicado en la cota 420 m, desemboca en el océano Atlántico, el área de alimentación alcanza los 26.7 Km². En época de seca los gastos medios son de 0.5 a 1 m³/seg., experimentando en tiempo de lluvia una ligera variación, presentando además gastos que oscilan entre 1 - 2 m³/seg. en algunas ocasiones.

❖ **Río Yagrumaje.**

Situado al suroeste del yacimiento Punta Gorda, su formación parte de la cota 620 m, desembocando en el Océano Atlántico. Forma barrancos casi verticales, su longitud es de 11 Km., presentando una cuenca con un área de aproximadamente 12 Km²; el mismo tiene un gasto de 0.2 m³/seg.

❖ **Río Moa.**

Tiene su origen a mayor altura, correspondiéndose con la cota 950 m, desemboca en la bahía de Moa, presenta 21 Km. de extensión y corre en dirección noroeste - noreste. Este se alimenta de los ríos Cabaña, Los Lirios, además de arroyos y cañadas que provienen de regiones montañosas. Al llegar a la zona de pie de monte puede constatarse la formación de terrazas, sus orillas son abruptas y de erosión en las partes montañosas, mientras que en las partes bajas, que coinciden con las zonas de terrazas, son llanas y acumulativas; cabe destacar que su cauce ha experimentado la formación de numerosos meandros.

Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas, siendo las velocidades del caudal en período de seca de 4 m³/seg., aumentando considerablemente en la estación de lluvia, alcanzando valores de hasta 20 m³/seg. Es uno de los principales aportadores de sedimento hacia la bahía, ya que su trae consigo grandes cantidades de sedimentos producto a la minería de la Fabrica Comandante Pedro Soto Alba, así como la de la Fabrica Comandante Che Guevara. Además se le incorporan a el los sedimentos que el río Cabaña deposita en el producto que es un afluente del mismo.

❖ **Río Cabaña.**

Es un afluente del Río Moa. Circula a través de los Yacimiento de la Fabrica “Comandante Pedro Soto Alba” .Su formación parte de la cota 320 m, se une al Río Moa y al llegar a la zona de pie de monte forma terrazas y presenta numerosos meandros, sus orillas son abruptas y de erosión en las zonas montañosas, mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas. En las terrazas estas alcanzan más de 3 m de margen derecho y menos de medio metro de margen izquierdo. Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas.

1.4- PARTICULARIDADES GEOMORFOLOGICAS REGIONALES

El conocimiento más avanzado que se tiene acerca de este tópico es el aportado por el trabajo de la Dra. C Alina Rodríguez (1). Hace referencia a que el relieve del municipio Moa y las áreas adyacentes se relacionan genéticamente a zonas de Horst y bloques correspondientes a cuerpos de rocas ultrabásicas en la etapa neotectónica, presentes a lo largo de dislocaciones antiguas y rupturas recientes, que pueden presentar un alto o bajo grado de disección.

A raíz del desarrollo de su investigación, para el relieve del territorio se consideró el predominio de dos formas fundamentales, las cuales son explicadas en detalle a continuación.

Primeramente se plantea la existencia de un **relieve de llanura**, el cual se desarrolla en toda la parte norte del área, ocupando toda la zona comprendida desde la barrera arrecifal, específicamente hacia la parte más septentrional, la cual alcanza cotas de aproximadamente 100 - 110 m de altura hacia el sur. Este tipo de relieve, según la hipótesis planteada, debe su formación a la relación que existe con la acción de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos. Las llanuras acumulativas marinas ocupan el área comprendida entre la barrera coralina y el litoral como ocurre en el extremo noreste de Cayo Moa Grande, Punta de río Moa, Quemado del Negro, Punta de Mangle y Punta Guarico de Yamanigüey.

Los sedimentos que se acumulan proceden de la erosión de las cortezas lateríticas, transportados por los ríos que desembocan en la zona, principalmente el río Moa, cuya cuenca es la de mayor extensión y atraviesa extensas zonas descubiertas de vegetación.

Las llanuras fluviales se clasifican en acumulativas y abrasivo – acumulativas, lo cual depende del proceso que prime en su morfogénesis.

Las primeras son localizadas fundamentalmente en toda la franja norte del área, comprendidas entre la línea litoral hasta los 100 – 110 m de altura hacia el sur, teniendo como ejemplos típicos los causes inferiores y desembocaduras de los ríos Moa, Cayo Guam, Yamanigüey y Quesigua. Por su parte, las llanuras fluviales abrasivo – Acumulativas se localizan en el valle del río Cabaña, así como en la zona comprendida entre Quesigua y Cupey. Los sedimentos que se acumulan en estas llanuras son de origen fluvial, su deposición es generalmente de carácter temporal y son desplazados con frecuencia en períodos de crecidas. Toda la zona de relieve de llanura de edad cuaternario, no ha estado exenta de la acción de los procesos tectónicos.

La otra forma propuesta fue el **relieve de montaña**, siendo este el más extendido dentro del área. Es de destacar que los valores morfométricos así como la configuración de las elevaciones son extremadamente variables, lo cual está en correspondencia con las características litológicas y el agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrollan así como el nivel isométrico que ocupan. Teniendo en cuenta estos parámetros el relieve de montaña fue clasificado en cuatro subtipos.

- Premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas.
- Submontañas y Premontañas ligeramente diseccionadas.
- Montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas.
- Montañas bajas diseccionadas.

En las rocas que componen el complejo ultramáfico, específicamente en el área comprendida entre las cuencas de los ríos Moa y Calentura, en la sección noreste y del cauce superior del Río Jiguaní, en la parte más elevada del peniplano antiguo y en las mayores elevaciones de las cuchillas de Moa, que presentan alturas comprendidas entre los 700 y 1200 m sobre el nivel del mar, pueden encontrarse dolinas, sumideros, karrens, además de otras formas cársticas típicas de la zona presentando estructuras columnares y piramidales de extremos afilados con cuellos erosionados. Es muy frecuente dentro del territorio encontrar la formación de barrancos en la parte alta y media de los ríos que atraviesan el complejo ofiolítico y que tienen un fuerte control estructural.

Estos barrancos alcanzan su mayor expresión en la parte centro - meridional y llegan a desarrollar pendientes de hasta 450 m y alturas de hasta 240 m, lo cual hace susceptibles estos sectores al deslizamiento y arrastre de suelo. Existen otras dos formas del paisaje que a pesar de presentar origen antrópico son tratadas en este epígrafe porque constituyen una preocupación constante para el hombre ante el peligro latente de las consecuencias que ellas pueden acarrear al medio ambiente. Estas son las áreas minadas, específicamente las escombreras, las que adquieren un acelerado desarrollo debido al desarrollo de la explotación niquelífera, constituyen sectores preconcebidos y

Descubiertos, los cuales aumentan de manera considerable la formación de cárcavas, intensifican el arrastre de suelos con la evidente ruptura del equilibrio fluvial y la acumulación anómala de sedimentos. La otra forma se refiere a las presas de colas que son características del paisaje del municipio, las que deterioran paulatinamente el medio físico. Actualmente, 20 Km. de la superficie del territorio de Moa se encuentra afectado por estos fenómenos, no tomando en consideración las áreas desprovistas para fines constructivos. Estas formas de paisaje además de alterar morfológicamente la superficie, constituyen sectores en los cuales la cobertura vegetal desaparece, lo que rompe con la continuidad del ciclo hidrológico fundamentalmente, además de todos los daños que acarrea al sector social en general.

1.4.1- PARTICULARIDADES GEOMORFOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO

El puerto está ubicado en una llanura marina escalonada sobre el manto ofiolítico y gabroides de la asociación ofiolítica, erosiva, de colina ondulada a plana.

Lo bordea por el este y oeste una llanura fluviomarina, acumulativa, parcialmente pantanosa, baja, plana y subhorizontal. Hacia el sur se localiza una llanura fluvial, erosiva-acumulativa escalonada (llanura del Río Moa).

Hacia el oeste del Río Moa, en la zona de más energía del relieve, donde se realiza la explotación minera, predominan las premontañas pequeñas (H=300-450m), de estructuras erosionadas (Formadas en los restos del manto ofiolítico tabular de la asociación ofiolítica mesozoica, integrado por serpentinitas, hazburguitas y dunitas serpentinizadas de estructuras masivas). El tipo de relieve específico es erosivo – denudativo, con fragmentos de superficies de planación, moderadamente disecionadas, con restos conservados de corteza de intemperismo. Hacia el oeste del río cambia al tipo denudativo-erosivo de altiplano, disecionada por erosión, con restos conservados de la corteza de intemperismo.

Podemos decir que existen varias modificaciones tales como:

- Modificación del relieve terrestre (principalmente de la línea de costa) por construcciones (Muelles, espigones).
- Modificación del relieve submarino por el dragado de la dársena y el canal de entrada.
- Alteraciones de los procesos morfogénicos naturales (incremento de los procesos erosivos) por cambios en el uso del suelo.
- Modificaciones del relieve submarino por extracción de los cienos coralinos en los alrededores del canal de acceso al puerto, lo que manifiesta el aumento de la turbidez del ecosistema.
- Modificación del relieve submarino por deposición excesiva de sedimentos producto del aumento del gasto sólido como consecuencia del incremento de la actividad minera.

1.5- VEGETACION.

En la región se desarrollan siete formaciones vegetales naturales que ocupan alrededor del 90 % del área de estudio, entre las cuales podemos destacar el bosque tropical ambrofilo submontano, bosque tropical ambrofilo de árboles latifolios y aciculifolios, bosque tropical ambrofilo aluvial, tropical xeromorfo espinoso, matorral tropical xenomorfo subespinoso, entre otros.

1.5.1- VEGETACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La vegetación del área de estudio puede considerarse como altamente modificada. Hay presencia de áreas de senectud de las plantas, invasión de gramíneas asociadas al hombre, etc.

Actualmente la vegetación natural esta restringida a relictos de las 2 formaciones: Bosques de mangles, Bosques de galería, así como las formaciones de reemplazo:

- **Seminaturales**

- Herbazal de Cienaga
- Complejo de vegetación de costa arenosa
- Bosque secundario o degradado
- Vegetación ruderal

- **Artificiales**

- Bosques monoespecificos de Casuarina equisetifolia
- Cultivos de Autoconsumo

Actualmente las formaciones vegetales son:

1. Bosques de Mangles: Formada fundamentalmente por *Rhizophora mangle* y en cierta medida *Avicennia germinans* y *Conocarpus erecta*.

En las inmediaciones del área aparecen dos variantes de manglar mencionados por Urbino con anterioridad (Urbino, et al, 1997).

2. Bosques de Galería: Formado fundamentalmente por *Acrostichum* característico de suelos pantanosos temporalmente inundados. También la especie de *Bucida espinosa*, *Calapbyllum rivulare* y *Sabal parviflora*

1.6- FLORA Y FAUNA.

❖ Fauna.

La fauna del municipio es rica y diversa, presentándose heterogeneidad y abundancia de especies raras con características peculiares desde las pequeñas Microrrisas hasta el Cocosí, además de poder contar con la vistosa Cotorra, la Cartacuba, el Ruiseñor, el Catey, el Zonzón, el Murciélago, el Colibrí, entre otros que corresponden a los grupos característicos de muchos bosques de nuestro país.

Refiriéndonos a la fauna edáfica, se puede señalar que su densidad y abundancia se encuentra en las áreas de bosques bajos, principalmente compuestos por pinos. Los ácaros y caémolos son los grupos más abundantes, la diversidad de especies es mayor en áreas con alguna vegetación en comparación a la de suelos desnudos, esto concuerda

con lo observado por algunos autores en cuanto a que la abundancia y diversidad de la fauna depende de la diversidad y riqueza de las especies de vegetación.

❖ Flora.

En el municipio de Moa tenemos una situación particular, siendo la vegetación del mismo muy característica y particular, a continuación procederemos a dar una explicación mas detallada. Los suelos sobre los cuales yace la flora son generados a partir de rocas ultrabásicas serpentinizadas, correspondientes al grupo de las rocas ígneas, los mismos presentan altos contenidos de níquel, cobalto, hierro entre otros metales pesados apareciendo también elevadas concentraciones de magnesio, mientras que existe un déficit de calcio, por lo que a evolucionado una flora muy típica que comprende el 33 % de todos los endemismos cubanos, en la cual podemos encontrar pinares, pluvisilvas, charrasco y bosques de galerías. La vegetación que estos suelos sustentan se mantiene por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollados, predominando el *pinus cubensis* y plantas latifolias, ellas endémicas de la región. Debe destacarse que los pinares presentan hojas en forma de agujas con alturas que oscilan entre 20 y 30 m, con una cobertura que constituye entre el 80 y el 90 % de la superficie. Entre los principales exponentes presentes en la región, incluimos los siguientes.

- *Pinus Cubensis*.
- *Jacarandá Arbóreo* (Abey, Framboyán azul).
- *Clusia Rosea* (Copey).
- *Cacaloba Shafan* (Uvilla).
- *Euphorbia Helenae* (Jazmín del Pinar).
- *Bactris Cubensis* (Pajua).
- *Arthrostylidium ssp* (Tibisí).
- *Casuarinas*

Esta es la vegetación más importante y explotada económicamente, es muy valiosa en la biodiversidad y la ecología por constituir una flora generadora de suelo. Además se pueden observar ejemplares del bosque de pluvisilvas, típico de selvas lluviosas, es una

Formación vegetal de constitución vigorosa que puede alcanzar hasta 40 m de altura, se implanta sobre cortezas lateríticas. A continuación destacamos estas especies.

- *Carapas Guianensis* (Najesí).
- *Manilkara Albescens* (Acana).
- *Hibiscus Elactus* (Majagua Azul).
- *Calphillum Utole* (Ocuje Colorado).
- *Ocatea Cuneata* (Canelón).
- *Hipholis Jubilla* (Jubilla).
- *Hidymopanax Morototoni* (Yagruma Macho).
- *Cyathea Arbórea* (Helecho Arborescente).

1.7- CARACTERISTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA REGION.

Económicamente la región se encuentra dentro de las más desarrolladas en el país desde el punto de vista industrial, debido a que cuenta con las plantas procesadoras de níquel Comandante Pedro Soto Alba y Ernesto Che Guevara respectivamente que impulsan el desarrollo de la rama minero - metalúrgica. Además existen otras entidades tales como: La Empresa Mecánica del Níquel, Las Camariocas (actualmente en fase de arranque), la Empresa Constructora y Reparadora de Industrias del Níquel (ECRIN) y el Centro de Proyecto del Níquel (CEPRONIQUEL), todas en apoyo al desarrollo de este renglón económico.

En esta región existen yacimientos de cromo refractarios, clasificados como los mayores de su tipo en el territorio nacional, los cuales se encuentran distribuidos en las cuencas de los ríos Cayo Guam y Yamanigüey respectivamente, donde una parte del mineral extraído se procesa en la plata de beneficio de Cayo Guam. Los gabros y ultrabasitas, típicos del complejo ofiolítico, pueden ser empleados como áridos en la industria de Materiales de la Construcción. En Cayo Moa Grande se encuentra una barrera de arrecifes cuyos corales son extraídos y utilizados como materia prima en el proceso tecnológico de la planta Comandante Pedro Soto Alba. Además existen otras empresas de las cuales depende la economía de la región como son: Empresa geólogo – minera, la EMA y diferentes instalaciones de apoyo social, entre las cuales están enmarcadas la Presa de Nuevo Mundo, el Tejar, el Combinado Lácteo, entre otras. Al sur del área se desarrolla la ganadería y se lleva a cabo la explotación de recursos forestales que son abundantes en la zona, siendo un eslabón importante para la economía de nuestro país. La población ha crecido considerablemente alcanzando valores de aproximadamente 76 000 habitantes; cuenta con dos hospitales, un hotel, instituciones para la enseñanza primaria, media y universitaria, un aeropuerto nacional, terminal de ómnibus y un puerto para el embarque de los productos obtenidos en las empresas de níquel y las plantas beneficiadoras de cromo.

1.8- DESCRIPCION DEL OBJETO DE ESTUDIO

El puerto de Moa es una dársena artificial que se terminó de construir en el año 1956, asociada a las perspectivas de la explotación de yacimientos niquelíferos cercanos a la costa. Clasifica como un puerto industrial y tiene 920 m de longitud y un ancho variable (120- 240 m). El canal de acceso posee una longitud de 2.5 Km y su calado es de 31 pies; consta de un sistema de señalización que marca la entrada y los bajos que existen en la zona. Acorde con las regulaciones internacionales, además el practicaje es obligatorio.

Está especializado para brindar los servicios que requiere la industria del níquel, favorecido por la distancia que media entre las fábricas “Comandante Pedro Soto Alba” (5 Km.) y la “Comandante Ernesto Che Guevara” (3,5 Km.), que constituyen las principales entidades productivas del territorio. (CESIGMA, 1997).

Dispone de 4 espacios para atraque y un campo de boyas, cuyas características generales son las siguientes:

Atraque	Años de Construcción	Longitud(m)	Tipo de Operación
1	1956	92.0	Cargas liquidas
2	1978	192.5	Carga general
3	1976	30.0	Coral
Campo de boyas	1994	230.0	Combustible

Las operaciones principales se producen por los muelles 1 y 2 atendiendo a un total de 280 buques como promedio anual alrededor de 296,0 m de ton de cargas secas y 1538.0 m de ton de cargas liquidas, tales como azufre, carbón, cromo, sulfuro de níquel, sinter de níquel, equipos tecnológicos y combustibles, entre otros. El servicio de atraque, descarga y transporte es responsabilidad del puerto. El atraque del muelle No. 2 está dotado de 2 grúas de pórtico marca GANZ de 10 y 12 ton respectivamente.

1.9- VIAS DE COMUNICACION.

Las vías de comunicaciones en Moa han ido en constante desarrollo y están representadas por tres formas diferentes:

- Terrestre: Se destaca como vía de acceso fundamental la carretera que conduce al municipio de Sagua y comunica a Moa con Holguín Capital Provincial, la carretera que comunica a Moa con Baracoa y una amplia red de caminos.

- Aérea: Existe un aeropuerto nacional que posibilita las líneas de vuelo hacia distintas provincias como son: Santiago de Cuba, Habana, Holguín.
- Marítima: Esta vía se ha hecho posible debido a la existencia del puerto que es utilizado para la exportación de mineral y recepción de materia prima para la obtención de Níquel + Cobalto. Además cuenta con una moderada instalación telefónica y una estación postal telegráfica que asegura la rápida comunicación con las demás provincias y con el extranjero.

1.10- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS REGIONALES.

Para conformar todo trabajo investigativo referente a nuestra especialidad, el contexto geológico regional y del área en particular de los trabajos que van a ser desarrollados con posterioridad es un apoyo vital, debido a que este repercute de forma directa en la obtención e interpretación de los resultados. Por esto creemos necesario abordar acerca de este tópico para que se tenga una visión más amplia de los procesos y fenómenos que han tenido y están teniendo lugar, lo cual incide evidentemente en el marco Medio ambiental que es el objetivo fundamental de nuestro trabajo.

La geología de la región (anexo2) se caracteriza por una marcada complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el transcurso del tiempo geológico, lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas, basadas en criterios o parámetros específicos según el objetivo de la investigación

El Dr. C Quintas Caballero en su tesis doctoral , desarrolla una clasificación geológica de carácter regional la cual incluye en esencia ocho asociaciones estructuro – formacionales, de las cuales haremos referencia solamente a seis de ellas, debido a que estas son las que forman parte de nuestro sector de estudio, las cuales mencionamos a continuación

- Arco insular volcánico del cretácico.

- Asociación ofiolítica.
- Cuencas superpuestas de primera generación.
- Arco insular volcánico del paleógeno.
- Cuencas superpuestas de segunda generación.
- Neoplataforma.

Para la realización de la propuesta de su clasificación, se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares, así como la formación de las plataformas, las etapas evolutivas y los conjuntos litológicos faciales típicos de cada estadio. En 1996, Iturralde Vinent reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el cinturón plegado y el neoaútóctono. El cinturón plegado, según el autor, está constituido por terrenos oceánicos continentales deformados y metamorfizados de edad correspondiente al pre - eoceno medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas. En Cuba oriental las unidades continentales están representadas por el terreno Asunción compuesto por dos unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, las formaciones Sierra Verde y Asunción, constituidas por materiales metaterrígenos y metacarbonatados respectivamente.

Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánico del cretácico, denominado como paleoarco, las secuencias de la cuenca de piggy back del campaniano tardío al daniano, el arco de islas volcánico del paleógeno y las rocas de la cuenca de piggy back del eoceno medio al oligoceno. El neoaútóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del eoceno superior tardío al cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón. Seguidamente daremos una descripción más detallada acerca de las diferentes asociaciones estructuro – formacionales que se desarrollan en el área.

❖ ***AEF del arco insular volcánico del Cretácico.***

Un aspecto de marcada importancia acerca de geología de la región es el amplio desarrollo de las secuencias volcánicas y vulcanógeno – sedimentarias del cretácico inferior pre - aptiano al cretácico superior indiferenciado, probablemente pre - coniaciano. Estas secuencias se componen por tobas de diferentes tipos, basaltos, basalto – andesitas y otras rocas. La misma está bien representada por la formación Santo Domingo.

✓ *Formación Santo Domingo.*

Como única representante del arco volcánico cretácico en el área, está constituida por tobas, lavas y aglomerados, apareciendo pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas. Además, se incluyen en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo. Las tobas ocupan algo más del 50 % de la formación apareciendo en la parte superior preferentemente, siendo comunes las variedades vitroclásticas y cristalovitroclásticas. Las lavas aparecen en ocasiones con texturas amigdaloidales, predominando las variedades porfidíticas, yaciendo en forma de mantos interestratificados casi concordantes con las tobas. A menudo, junto con las lavas se observan aglomerados de composición intermedia, ubicándolos en un rango que van desde dacíticos hasta andesíticos, los cuales se encuentran muy alterados. Se le asignan una edad correspondiente al cretácico aptiano hasta el turoniano. Aflora en la región de Farallones y Calentura, juntamente con un área restringida en la región de Centeno.

❖ ***AEF del complejo ofiolítico.***

Las rocas que predominan en la asociación ofiolítica son ultramáficas, las que aparecen serpentinizadas en mayor o menor grado, asociadas a gabros, diabasas y basaltos, que en su conjunto forman la asociación ofiolítica.

Los contactos observados con las estructuras circundantes son tectónicos. Estas estructuras son complicadas debido al clásico emplazamiento que presentan, estando afectadas por dislocaciones plicativas y disyuntivas.

En Cuba, así como en el resto del mundo las ofiolitas constituyen parte de la corteza oceánica y participan en el emplazamiento de las rocas ultramáficas en estado frío, conocido en la literatura como protucción. Los complejos que mencionaremos a continuación son representativos de las secuencias pertenecientes a la asociación ofiolítica.

- Complejo ultramáfico.
- Complejo máfico cumulativo.
- Complejo de diques paralelos o de diabasas.
- Complejo efusivo.

El complejo ultramáfico es de composición heterogénea, con evidente predominio de las harzburgitas y en menor cantidad lherzolitas y piroxenitas.

Por su parte, el complejo máfico cumulativo está representado de abajo hacia arriba por trocolitas, gabros olivínicos, noritas, anortositas, y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabroides presentan estructuras en forma de grandes bloques, aunque la mayoría de los cuerpos están incluidos en el complejo ultramáfico. En el complejo Moa – Baracoa están representados dos tipos de gabros que se ubican hacia la parte superior, los cuales son del tipo bandeado y masivo, a los que se asocian cromitas y otros tipos de mineralizaciones dispersas.

El complejo de diques paralelos no aparece como se define clásicamente en formas de diques, lo cual se debe a su relación con la complejidad tectónica de la región. Las diabasas aparecen generalmente en formas de bloques tectónicos incluidos en los gabroides, sobre todo en la parte inferior del complejo cumulativo.

❖ ***AEF de las cuencas superpuestas de primera generación.***

La región está constituida exclusivamente por secuencias sedimentarias, representadas por la formación Mícara a la cual se le atribuye una edad comprendida entre el cretácico superior campaneano (parte alta) al paleoceno inferior daniano. La Picota es otra de las formaciones representativas de estas secuencias, la cual es de edad cretácico superior maestrichtiano juntamente con la formación Gran Tierra, la cual es exclusivamente del daniano.

✓ *Formación Mícara.*

Está compuesta de facies terrígenas y terrígenas carbonatadas con edad del maestrichtiano al daniano. La secuencia inferior es de tipo molásica y la superior es de tipo flysch. El límite inferior no se ha observado, pero se supone discordante sobre la formación Santo Domingo.

En la zona de Cananova, Quintas reportó esta formación compuesta por areniscas de granos medios, presentando intercalaciones olistostrómicas compuestas de areniscas y gravelitas, con bloques de diversos tamaños de rocas ígneas básicas. El área de afloramiento se corresponde con la zona de los indios de Cananova y el borde suroeste del cerro Miraflores.

✓ *Formación La Picota.*

Presenta una composición muy variable en cortas distancias, a veces con apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, presentando en proporciones variables la matriz y el cemento, este último carbonatado. Existen dudas en algunas regiones donde afloran brechas muy cataclastizadas formando parte de los melanges. No se tiene información acerca del origen de esta formación y se pone en duda la posibilidad de que estas constituyan brechas tectónicas.

De acuerdo con las características de esta formación se estima que la misma se acumuló a finales del cretácico e incluso en el paleoceno inicial, asociada al emplazamiento de las ofiolitas, que constituyeron su principal fuente de

suministro. Aflora en la base de la Sierra de Maquey y en la meseta de Caimanes y está difundida hacia los flancos meridionales de las Sierra de Nipe y Cristal en la cuenca de Sagua de Tánamo.

✓ *Formación Gran Tierra.*

Es una secuencia terrígena – carbonatada que aflora en los flancos meridionales de la Sierra de Nipe y Cristal, constituyendo en Cuba oriental un límite concordante entre el cretácico y el terciario. En las rocas arcillosas y margosas de esta formación se han registrado los primeros vestigios del vulcanismo paleogénico en forma de tobas.

❖ ***AEF del arco volcánico del Paleógeno.***

En resumen, la misma está representada en los flancos meridional y septentrional de la Sierra Cristal, así como en la cuenca Sagua de Tánamo y en otras áreas fundamentalmente por la formación Sabaneta.

✓ *Formación Sabaneta.*

La misma está constituida por rocas vulcanógenas – sedimentarias de granos finos, frecuentemente zeolitizadas o montmorillonitizadas, con intercalaciones de calizas, silicitas, tobas cloritizadas y rara vez basaltos.

En los Indios de Cananova, hacia la base de la formación se intercalan areniscas de granos gruesos y algunas brechas, donde fueron encontrados fósiles que indican una edad comprendida desde el paleoceno al daniano. Aflora en un área extensa de la región de Cananova hasta Farallones y además aparece en un pequeño bloque localizado en Yamanigüey.

❖ ***AEF de las cuencas superpuestas de segunda generación.***

Está representada por las formaciones sedimentarias Charco Redondo, Puerto de Boniato, San Luis, Maquey, Capiro y Sagua de Tánamo. Las dos primeras formaciones son esencialmente carbonatadas, estando constituidas por calizas

del eoceno medio, mientras que las restantes son clásticas con alguna presencia de sedimentos carbonatados, predominando en ellas los conglomerados, areniscas y margas.

✓ *Formación Sierra de Capiro.*

Está representada por areniscas, aleurolitas y margas bien estratificadas con intercalaciones de conglomerados finos compuestos por cantos de serpentinitas, calizas y cristaloclastos de piroxenos y cuarzo. Hacia la base de la formación se localizan olistostromas de bloques de serpentinitas muy alteradas y diabasas. En muchos lugares se observa una clara gradación de conglomerados y areniscas. Los olistolitos de calizas órgano - detríticas contienen fragmentos de serpentinitas, cuarzo y hematita. Se le asigna una edad perteneciente al eoceno superior. Aflora en la región de Yamanigüey formando una franja a lo largo de toda la costa.

❖ ***AEF de Neoplataforma.***

Por último, esta asociación se encuentra constituida por secuencias sedimentarias donde predominan las rocas carbonatadas sobre rocas terrígenas, depositadas bajo un régimen de plataforma continental, apareciendo representada en la región por las formaciones Júcaro y Majimiana, las cuales yacen discordantemente sobre las unidades del cinturón plegado. Estructuralmente estas secuencias se caracterizan por presentar yacencia monoclinal, indistintamente suave y horizontal, con algunas perturbaciones en las zonas donde existen dislocaciones recientes.

✓ *Formación Júcaro.*

Está constituida por calizas margosas poco consolidadas y en ocasiones por margas de edad oligoceno al mioceno. Además de otros componentes carbonatados con material clástico subordinado, predominando en ella diferentes variedades de calizas, entre las que se destacan las masivas, biogénicas, organodetríticas y arcillosas. Aflora a través de toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

✓ *Formación Majimiana.*

Se compone de calizas organodetríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de esta formación presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, conteniendo una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad enmarcada desde el oligoceno superior hasta el mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa.

Los depósitos cuaternarios que yacen por encima de la litología antes descrita, constituyen una cobertura prácticamente continua de génesis predominantemente continental, experimentando pocas variaciones diagenéticas, la que presenta un pequeño espesor. Estos depósitos están constituidos por calizas organodetríticas ricas en material faunístico, predominando los moluscos contemporáneos. Aparecen también aleurolitas calcáreas, arenas margosas y arcillas. Los depósitos ubicados en los márgenes, cauces y desembocaduras fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial. Esta formación aflora como una cobertura que tiende a ser continua en forma de franja a lo largo de la costa y discontinua en las partes interiores.

1.10.1-CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO.

Los suelos del área de estudio están conformados por depósitos sedimentarios del Plioceno Cuaternario, fluviomarinos con lateritas redepositadas e intercalaciones de arcillas, conglomerados y calizas en varios ritmos, pertenecientes a la formación Punta Gorda.(J. L Blanco, 1999).(3)

Fm. Punta Gorda (Félix Quinta, 1989). Estos sedimentos están formados, básicamente por lateritas redepositadas, intercaladas con arcillas pardo oscuras con material carbonizado, lentes conglomeraticos y arenosos con fragmentos predominantes de ultramafitas y en ocasiones garbos. También pueden presentarse algunos horizontes calcáreos, con gran contenido de fauna, predominando los moluscos contemporáneos.

Internamente esta secuencia presenta varios ciclos erosivos-acumulativos, marcados por discordancias erosivas intraformacionales. En la proximidades de la costa Norte, los sedimentos mas jóvenes contienen pequeñas capas de carbón y arcillas carbonosas, intercaladas entre sedimentos margosos arcillosos y areniscas, estas ultimas formadas a expensa de la erosión de antiguos acres estructurales.

Por lo general estos depósitos están estratificados, pudiendo observarse estratificaciones paralelas y cruzadas. El buzamiento de la secuencia es suave hacia el Norte y Nordeste. La edad de la secuencia es Plioceno – Cuaternario (Quintas, 1989). Afloran en Punta Gorda, las Camariocas y los alrededores de Moa, donde la potencia es menor y el corte es algo atípico, al predominar casi absolutamente redepositadas, siendo el corte arenoso gravoso, por la cantidad de perdigones de diferentes diámetros.

1.11- TECTONICA.

Este aspecto en la región es extremadamente complejo, hay manifestación de la superposición de fenómenos tectónicos originados en condiciones geológicas contrastantes y en diferentes períodos, lo que provoca que el sistema de mantos tectónicos y el intenso plegamiento de las secuencias más antiguas.

Estas se desarrollan en un ambiente de compresión máxima, mientras que las más jóvenes se han desarrollado bajo esfuerzos de tracción de la corteza terrestre, estos han originado sistemas de fallas que dividieron la zona en una serie de bloques del tipo horst y grabens, que enmascararon las estructuras más antiguas, las cuales presentan lentes con valores que alcanzan en ocasiones valores de hasta más de un kilómetro de espesor salvo en las serpentinitas que forman parte del manto. El resto de las unidades sufren acuñamientos, provocando la gran magnitud de los mantos tectónicos de Cuba Oriental al menos para las serpentinitas que forman la principal unidad tectónica alóctona.

Las dislocaciones de plegamiento que presenta la región son sumamente complejas. En la secuencia más antigua se hace difícil el desciframiento de las mezo estructuras plegadas, dada la monotonía litológica que presenta. No obstante

los estudios realizados permiten afirmar que en las secuencias más antiguas, las cuales se corresponden con las rocas metamórficas y vulcanógenas, podemos encontrar tres direcciones fundamentales de plegamientos, noreste – sudeste, y norte – sur, esta última es característica de las rocas vulcanógenas.

Las metamorfitas presentan variedad en su yacencia, siendo la tectónica disyuntiva igualmente compleja, pudiéndose distinguir los siguientes sistemas de dislocaciones.

Un sistema de manto tectónico cuyo rumbo coincide con la dirección general de plegamiento de las secuencias antiguas y con la cual se asocian fallas inversas que presentan ángulos abruptos y grietas de cizallamiento, lo cual se puede ilustrar con los siguientes ejemplos.

- Sistema de fallas con dirección oeste – noroeste y este – suroeste.
- Sistema de fallas con dirección norte – noroeste y sur – sudeste. Estas intervienen en la formación de los bloques neotectónicos.
- Sistema de fallas más jóvenes con dirección aproximada este – oeste, constituyendo un sistema paralelo al rumbo de la falla de Bartlett.

1.12- MAGMATISMO.

El magmatismo en la región está ampliamente desarrollado, siendo las rocas ultrabásicas el máximo exponente predominando las harzburgitas y de forma subordinada las dunitas, lherzolitas y piroxenitas con diferentes intensidades de serpentinización. Todas ellas en su conjunto constituyen un enorme manto tectónico, generalmente en las proximidades de los contactos de las serpentinas con la roca subyacente aparecen bloques exóticos de metamorfitas.

Dentro del macizo ultramáfico, constituyendo grandes bloques tectónicos, se encuentran incluidos bloques de gabros normales, olivínicos y gabro diabasas que en ocasiones aparecen anfibolitizados.

Con frecuencia podemos encontrar una amplia gama de rocas magmáticas en las secuencias vulcanógenas - sedimentarias del complejo estructural del pre - campaniano, en el cual se observan con frecuencia texturas relípticas de las vulcanitas y los piroclastos que le dieron origen.

El magmatismo más reciente en la zona aparece relacionado con las secuencias vulcanógenas - sedimentarias del paleoceno al eoceno medio, donde predominan las rocas piroclásticas.

En general, podemos plantear que las rocas magmáticas de la zona aparecen en dos grandes grupos. El primero lo constituyen las rocas que conforman la asociación ofiolítica y el segundo, las rocas pertenecientes al arco insular volcánico del cretácico, representado por la formación Santo Domingo.

1.13- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS REGIONALES.

La complejidad hidrogeológica de la zona es elevada, sufriendo variaciones de una zona a otra en función de las particularidades hidrogeológicas de la región, las rocas contenedoras de agua, el régimen de precipitaciones y los parámetros hidrogeológicos.

Teniendo en cuenta el tipo de rocas presentes y su capacidad de almacenar las aguas subterráneas en mayor o menor grado se pudo establecer para la región la presencia de cinco complejos acuíferos fundamentalmente, los cuales son expuestos a continuación.

- Complejo acuífero de las ofiolitas.
- Complejo acuífero de los sedimentos costeros.
- Complejo acuífero de los sedimentos aluviales.
- Complejo acuífero de las lateritas.
- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos – carbonatados.

✓ *Complejo acuífero de las ofiolitas.*

Se extiende en dirección noroeste – sudeste, al oeste del río Moa. Litológicamente se encuentra constituido por serpentinitas alteradas, peridotitas serpentinizadas y piroxenitas. La capacidad acuífera se encuentra poco estudiada; su profundidad de yacencia es de 1.3 – 12 metros. El coeficiente de filtración (K) varía entre 1 - 14.7 m/día, el gasto de aforo (Q) entre 1.2 – 4 L/s. Según la clasificación de Kurlov y Aliokin las aguas son de tipo hidrocarbonatadas - magnéticas.

✓ *Complejo acuífero de los sedimentos costeros.*

Se extiende por casi todo el norte del área, formando una franja estrecha que presenta dimensiones de 1 - 2 Km. de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 - 2 m sobre el nivel del mar; se le atribuye además una edad correspondiente al cuaternario. Su composición litológica la integran depósitos arcillosos con fragmentos angulosos de composición múltiple. Las rocas acuíferas son calizas organógenas, en menor escala sedimentos no consolidados y depósitos arcillo arenosos con fragmentos angulares de composición variada. Existe un evidente predominio de las aguas cársticas y de grietas, en algunos casos pueden aparecer además las intersticiales. En su gran mayoría tienen interrelación hidráulica con el agua de mar.

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

✓ *Complejo Acuífero de los Sedimentos Aluviales.*

Se extiende en dirección norte – sur formando una franja ancha en su parte inferior y estrecha en la parte superior. Ocupa prácticamente la totalidad de las terrazas de los ríos más importantes, así como los valles de sus afluentes. Se encuentra constituido por gravas, arenas, cantos rodados, arenas arcillosas con una potencia de 15 m aproximadamente. Se considera que la edad de los mismos sea perteneciente al cuaternario, presentando altas

capacidades para el almacenamiento de agua. El coeficiente de filtración (K) varía de 13 – 290 m/días, mientras que su gasto de aforo (Q) es de 2 – 57 L/s. La profundidad de yacencia de estas aguas es pequeña, con valores comprendidos entre los 1 y 5 m, según las clasificaciones de Kurlav y Aliokin, estas son denominadas además hidrocarbonatadas - magnésicas.

✓ *Complejo Acuífero de las Lateritas.*

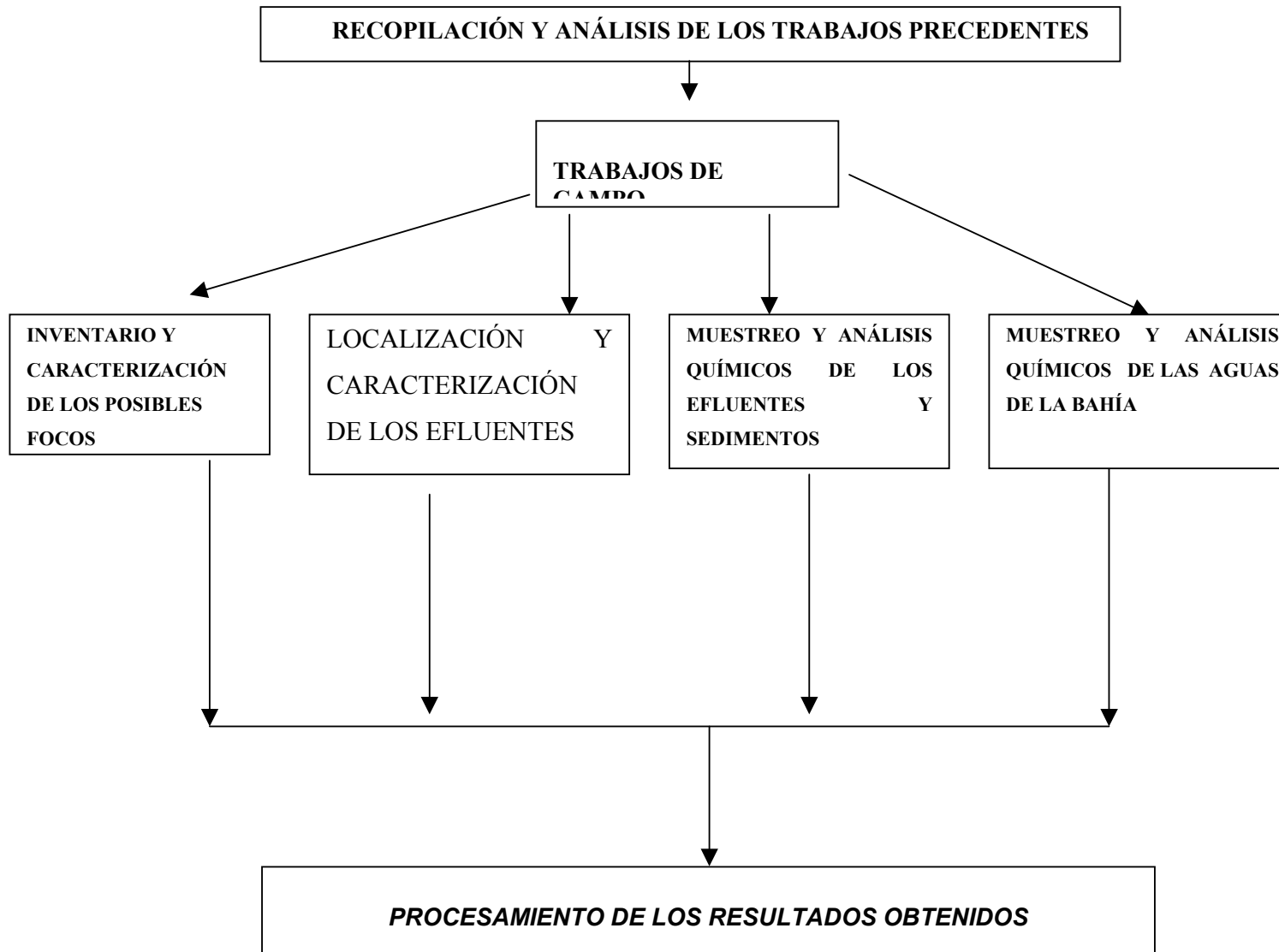
Se extiende por casi toda la zona ocupando gran parte del área. Litológicamente está constituido por potentes cortezas de intemperismo; este complejo representa más bien un acuitado, debido al predominio de aguas capilares y de potencias considerables de lateritas, que alcanzan valores de hasta 30 m, con un marcado desarrollo de los procesos de capilaridad, donde los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar hasta más de 20 m. La fuente de alimentación principal de estas aguas son las precipitaciones atmosféricas. Por su composición química son aguas hidrocarbonatadas - magnésicas y sódicas de baja mineralización.

✓ *Complejo Acuífero de los Sedimentos Terrígenos Carbonatados.*

Este complejo aparece solamente como una pequeña porción al norte del poblado de Cañete. Geológicamente está constituido por margas estratificadas, calizas compactas, depósitos brechosos, de carácter tanto tectónico como sedimentario, aleurolitas y conglomerados. Las rocas acuíferas son los conglomerados brechosos juntamente con las calizas, presentándose en menor cuantía las margas estratificadas.

CAPITULO II. VOLUMEN Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIONES REALIZADAS.

Para la ejecución de la investigación se desarrollo de forma óptima la metodología que se detalla a continuación.



2- INTRODUCCION

En el presente capítulo se hace una descripción detallada de la metodología empleada durante el estudio de la contaminación de las aguas en la dársena, además, acerca del volumen de trabajos realizados y las técnicas empleadas durante el desarrollo de la investigación.

La investigación se llevó a cabo en tres etapas, según el siguiente orden:

- Recopilación y procesamiento de la información preexistente.
- Trabajos de campo y laboratorio.
- Procesamiento de los resultados obtenidos.

A continuación se hará una descripción detallada de los trabajos realizados y los procedimientos empleados en cada una de estas etapas.

2.1-RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS TRABAJOS PRECEDENTES

Esta etapa se desarrolló completamente en el Centro de Información del ISMM mediante la utilización de la base de datos con que cuenta dicho centro y el empleo de su biblioteca virtual insertada en su página web <http://www.ismm.edu.cu>. Luego de desarrollada la búsqueda se procedió al procesamiento de los datos disponibles y a la interpretación de los resultados obtenidos, llevándose esta última a formato digital como parte de la memoria escrita

de la investigación y como documentos gráficos (mapa de ubicación geográfica, mapa geológico del Sector Moa, mapa geomorfológico y otros), también incluidos en el trabajo.

Con la finalidad de obtener la mayor información posible se realizó una intensa revisión bibliográfica de artículos científicos, trabajos de diplomas, revistas, y otros documentos relacionados con la temática abordada en la investigación, disponibles en el Centro de información del ISMM (mapas geológicos, mapas topográficos, etc.). Esta revisión bibliográfica fue apoyada por la correspondiente búsqueda en sitios web de la INTERNET especializados en la temática, lo que contribuyó significativamente al enriquecimiento de la información con datos actualizados y altamente confiables.

Esto permitió conocer y aplicar la vía más factible para el desarrollo de nuestra investigación. Dentro de estos se consultaron trabajos realizados dentro de nuestra área de estudio, tales como la Auditoria Ambiental realizada 1997 por la División Americana del CESIGMA, Además del Informe sobre el monitoreo ambiental por el dragado al puerto de Moa por la el Grupo empresarial de Geocuba, así como la utilización de diferentes mapas, Carta Náutica. Escala 1:50 000 y 1:25 000.

2.2-TRABAJO DE CAMPO

Para la ejecución del presente trabajo, como etapa posterior a la recopilación y análisis de la información, se realizan trabajos de campo, entre ellos: Reconocimiento del área de estudio, inventario de los posibles focos de contaminación, localización y caracterización de los afluentes, el muestreo y análisis químicos de los afluentes, el muestreo y análisis químico de las aguas de la Dársena, así como la toma y análisis de sedimentos de fondo en lugares preestablecidos.

❖ Reconocimiento del área de estudio:

- Se realizan trabajos de reconocimiento a partir de los cuales se efectúa el inventario de los principales focos contaminantes que pueden por sus características afectar en un momento determinado la calidad de las aguas de la Bahía.
- Se describen los principales efluentes, caracterizando los mismos desde el punto de vista de su composición físico química, procedencia, lugar de descarga.
- Con estos resultados se establecerán los puntos de monitoreo en el mapa de datos reales. Se realizará el inventario y mapeo de los posibles focos de contaminación, caracterizando los mismos según sus particularidades fisicoquímicas y posibles vías de incorporación al medio circundante.

❖ **Toma de muestras de los efluentes**

Se tomarán 9 muestras líquidas y 9 de sedimentos de fondo para su posterior análisis en el laboratorio Capitán Alberto Fernández Montes de Oca perteneciente al centro de Investigación del níquel. Los elementos a determinar a las muestras líquidas serán: Metales pesados (Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), pH, SO₄, contenido de aceite y grasa, Sólidos Disueltos, Sólidos totales y Sólidos en Suspensión. En el caso de las muestras de sedimentos los elementos a determinar serán: Co, Cu, Fe, Mn, Mg, Ni, Pb, Zn. Los métodos a emplear para determinar estos elementos químicos son: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA) para metales pesados, Electrométrico para determinación de pH en las muestras de agua y Gravimétrico para la determinación de SS, ST y SD.

❖ **Toma de muestra de los sedimentos de fondos en los efluentes**

Las muestras de sedimentos se tomarán con una minipala, almacenándolas en bolsas plásticas de 2kg. Después serán llevadas al laboratorio Alberto Fernández Montes de Oca perteneciente al centro de Investigación del níquel donde serán secadas para la posterior determinación de las fracciones de metales pesados biodisponibles (Ni, Co, Fe, Zn, Mg, Mn, Pb), empleando un espectrómetro de plasma inducido.

❖ **Toma de muestras de las aguas de la dársena**

Para el análisis de las aguas en la Dársena se tomaran en rango de muestra comprendido entre los meses de Enero a Marzo del 2005. En cada estación se tomarán muestras de agua con pomos de cristal del 1L, a 60 cm. por debajo de la superficie. Para la caracterización fisicoquímica de sus aguas se tomarán un total de 91 muestras en toda el área de estudio, las mismas serán tomadas en diferentes puntos de monitoreo, se realizará un volumen de 15 determinaciones fisicoquímicas. Los elementos químicos a determinar en las aguas de la dársena y los métodos empleados para su determinación, aparecen en la tabla (2.2.)

Se realizó el monitoreo hidroquímico, tomando las muestras de agua en la red de estaciones previstas, de forma tal que abarque toda la zona de interés. Las mismas son:

- Estación 1: Fuera del canal
- Estación 2: Litoral A
- Estación 3: Litoral B
- Estación 4: Litoral C
- Estación 5: Piscina cieno carbonatado
- Estación 6: Planta de Carbón
- Estación 7: Descarga de aguas oleosas
- Estación 8: Muelle –1
- Estación 9: Muelle –2

Tabal No 2.2 Determinaciones fisicoquímicas y métodos empleado en las muestras de agua de la Dársena.

2.3-

No.	Determinación	Simbología	Estaciones	Método de análisis químico
1	pH	pH	1,2,3,4,5,6,7 y 8	Electrométrico
2	Sólidos en suspensión, Sólidos Total y Sólidos Disueltos	SD, ST y SD	1,2,3,4,5,6,7 y 8	Gravimétrico
3	Ni, Co y Fe	Ni, Co y Fe	1,2,3,4,5,6,7 y 8	Espectrofotometría de Absorción Atómica
4	SO ₄ ²⁻	SO₄²⁻	1,2,3,4,5,6,7 y 8	Gravimétrico
4	Conductividad	Cv	1,2,3,4,5,6,7 y 8	Electrométrico
5	Agua y aceite	A y G	9	
6	Hidrocarburos	Hidro	9	

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

El manejo y estudio de análisis químicos puede simplificarse con el empleo de gráficos , así como la aplicación de diferentes clasificaciones, en especial cuando se trata de hacer comparaciones entre varios análisis de aguas de un mismo lugar en épocas diferentes o de diferentes lugares.

- ❖ Según la Norma Cubana del 2003(**Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas-especificaciones**), definen una clasificación que consideramos de importancia para el desarrollo de nuestro trabajo, la misma es:

- **Clasificación cualitativa de los cuerpos receptores marinos.**

A los efectos de esta norma los cuerpos receptores se clasificarán cualitativamente según su uso de la forma siguiente:

- **Clase A:** Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas o áreas de corales.
- **Clase B:** Áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto con el agua.
- **Clase C:** Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.
- **Clase D:** Áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como en la generación de energía.
- **Clase E:** Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.
- **Clase F:** Áreas marinas para la navegación y otros usos.

Tabla No 2.3 Límites máximos permisibles promedio para el vertimiento de aguas residuales según la clasificación del cuerpo receptor.

		Clase del cuerpo receptor					
Parámetros	UM	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
pH	Unidades	6,0-9,0	No	6,0-9,0	6,0-9,0	5,0-10,0	*
Temperatura	⁰ C	N.I	No	N.I	N.I	40	*

Grasa y aceite	Mg/L	0,5	No	0,5	0,5	5	50
Materiales Flotantes	ausentes	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	*
Sólidos sedimentables	MI/L	1	No	10	10	5	*

N.I: No se incrementara el tenor medio natural del cuerpo receptor marino

No: No se realizara vertimiento alguno

*: Se requiere la autorización de la autoridad facultada, quienes dispondrán lo que proceda respecto a esta clase, en coordinación con los órganos y organismos competentes.

- Según la Norma Cubana 25 del 1999(**Evaluación de los objetos hídrico de uso pesquero. Especificaciones**). definen una clasificación que también consideramos de importancia para el desarrollo de nuestro trabajo, la misma es:

➤ **Clasificación y criterios para la evaluación de los recursos hídricos de uso pesquero.**

- Buena: Condiciones que permiten una buen desenvolvimiento de la pesquería, al asegurar una calidad adecuada para el desarrollo de la vida.
- Dudosa: Condiciones que permiten un desarrollo pobre de la fauna pesquera, manifestada en bajas tasas de crecimiento, alteraciones al ciclo reproductivo, afectaciones a las estructuras de migración, cambios en el comportamiento normal de las especies durante el hallazgo y captura de alimentos.

- Mala: Condiciones que alteran drásticamente al desarrollo de la fauna pesquera, provocando migraciones de una o varias especies e incluso la muerte por asfixia intoxicación o infección.

Tabla No.2.3.1 Índice para los cuerpos de agua marina de uso pesquero.

Especificaciones

Índice	Calidad Buena	Calidad Dudosa	Calidad Mala
pH	8,1 a 8,3	6,5 a 8	Menor que 6,5
OBO ₅ (mg/l)	Menor que 1	De 1 a 2	Mayor que 2
Arsénico(mg/l)	Hasta 1,00	-	-
Cobre(mg/l)	Hasta 0,05	-	-
SO ₄ (mg/l)	Hasta 2700	-	-
Fe(mg/l)	Hasta ,2,0	-	-
Pb(mg/l)	Hasta 0,1	-	-
Ni(mg/l)	De 0,02 a 0,07	-	-
Co(mg/l)	0,02	-	-
Sólidos totales	Menor que 500	500,0 a 900,0	Mayor que 1000,0

Tabla No 2.3.2 Contenidos normales de algunos metales pesados en diferentes objetos naturales

Elemento	Plantas (ppm)	Mamíferos (ppm)	Peces ppm	Aire (Polo Sur) (ppb)	Agua marina (ppm)	Agua cont. (ppm)	Lluvia (ppm)
Ag	0.01-0.8	0.01-0.44	0.04-0.1	-	0.040	0.3	0.006
Al	90-530	0.7-28	20	0.67	2.0	300	2.1-105
As	0.2-7	<1.6	0.2-10	0.006	1.3-2.5	0.5	-
Cd	0.1-2.4	0.1-3.2	0.1-3	<0.4	<0.025	0.1	0.02-0.06
Co	<1	<1	0.02	<0.03	0.02	0.2	0.17-0.95
Cr	0.03-10	0.01-33	0.03-2	<0.03	0.09-0.55	1	-
Cu	5-15	1-26	0.7-15	0.51	0.01	3	0.01-15
Fe	70-700	3-380	1-15	<29	2.0	500	0.4-84
Hg	<0.02	0.02-0.7	0.4	<0.01	<0.012	0.1	-
Mn	20-700	0.2-14	0.3-4.6	1.2	0.2	8	-
Mo	0.06-3	0.02-0.7	1	<0.2	10	0.5	0.01-12
Ni	1-5	0.7-1.2	0.1-4	<2	0.02-0.7	0.5	-
Pb	1-13	0.2-30	0.01-2	3.6	<0.02	3	-
Se	0.03	0.4-9	0.2	0.005	0.06-0.12	0.2	0.01-0.77
Sn	0.02-2	0.01-2	-	-	0.004	<0.01	<0.01
Zn	20-400	75-240	10	0.027	<0.6	10	0.05-100

Tabla 2.3.3 Composición relativa de sustancias sólidas disueltas en las aguas fluviales y agua del mar. (Según H. U. Sverdrup, The Oceans, 1942)(Díaz ,Martínez. Curso de posgrado)

❖ **Normas utilizadas para efluentes:**

La norma utilizada para determinación de las concentraciones de elementos en los efluentes se realizó a través de la norma canadiense, la cual expresa lo siguiente:

Las emisiones de efluentes líquidos son tema crucial pues la mayoría de los efluentes líquidos se incorporan al medio ambiente marino.

Canadá: La concentración media aritmética permisible mensual del total de **Ni** insoluble en un efluente es de aproximadamente 0.5 mg/L, según las regulaciones de la Metal Mining liquid Effluent Regulation and Guidelines (MMLER).

Bajo las regulaciones de la MMLER, las sustancias nocivas son designadas como: Cobre, Plomo, Níquel, Arsénico, sólidos suspendidos totales (TSS).(CESIGMA: División Americana, 1997).

Los niveles de sustancia autorizados en los efluentes líquidos provenientes de las explotaciones bajo las regulaciones de la MMLER se muestran en la siguiente tabla.

Elementos	Agua fluvial (Clark en %)	Agua de mar (en %)	Agua de mar en(ppm)
CO ₃	35.15	0.41(HCO ₃)	4100
SO ₄	12.14	2.7	2700
Cl	5.68	55.04	550400
NO ₃	0.90		
Ca	20.39	1.15	11500
Mg	3.41	3.69	36900
Na	5.79	30.62	306200
K	2.12	1.10	11000
(Fe, Al) ₂ O ₃	2.75	-	
SiO ₂	11.67	-	
Sr, H ₃ BO ₃ Br	-	0.31	3100
Total	100.00	100.00	

Tabla No 2.3.4 Niveles máximos autorizados de sustancias bajo regulaciones de MMLER

Determinaciones	Concentración media aritmética mensual mg/l	Concentración en una muestra compuesta mg/l	Concentración de una sustancia en una muestra simple mg/l
Arsénico	0.5	0.75	1.0
Cobre	0.3	0.45	0.6
Plomo	0.2	0.3	0.4
Níquel	0.5	0.75	1.0
Zinc	0.5	0.75	1.0
TSS	25.0	32.5	50.0
pH	6.0	5.5	5.0

Tabla No 2.3.5 Límites establecidos para efluentes líquidos

Elementos	Limites
<i>Temperatura</i>	< 65 ⁰ C
pH	6.0 < pH < 10
Petróleo y Grasa	30.0 mg/l
Arsénico Total	1 mg/l
Cadmio Total	2 mg/l
Cromo Total	5 mg/l
Cobre Total	5 mg/l
Plomo Total	2 mg/l
Níquel Total	5 mg/l
Estaño Total	5 mg/l
Zinc Total	10 mg/l

No se realizan otros comentarios sobre efluentes líquidos a niveles internacionales, pues CESIGMA: División América, siempre a tratado de presentar estas normativas canadienses como Standard mundiales.

CAPITULO III. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

3.1 FOCOS CONTAMINANTES LOCALIZADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO. SU CARACTERIZACIÓN.

Durante los trabajos realizados en el área de estudio se detectaron un total 5 focos contaminantes que a través de efluentes se incorporan a la dársena, los mismos se relacionan a continuación.

✓ Planta de derretimiento de azufre y secado de sulfuros:

El azufre se importa de forma sólida, granulado, en ocasiones se recepciona ácido sulfúrico (líquido) por el muelle 1. En el trasiego del azufre (con el cubo de la grúa) desde la plataforma hasta el embudo de los derretidores, se esparce por la atmósfera gran cantidad

de finos, estos también se originan durante el traslado con camiones desde el muelle hasta la plataforma. También durante la descarga del azufre al muelle se vierte al mar cantidad formando una capa en suspensión.

El vertimiento del azufre líquido a cualquier parte del área de derretimiento se hace a una temperatura de alrededor de 130 grados centígrados y se origina por salideros en las líneas de drenaje, solidificándose posteriormente.

Los desechos de aguas de lavado con pequeñas concentraciones de metales pesados, presentan los siguientes valores promedios:

pH- 2,64

Ni- 0.337 (en disolución)

Co- 0.0238 (en disolución)

✓ Planta de esperadores de coral

Los yacimientos se localizan en las cercanías de Cayo Moa y son extraídos mediante una grúa flotante. El traslado hacia la dársena se realiza en remolcadores, depositándose posteriormente en la planta lavadora o en un área a cielo abierto cuya capacidad de almacenamiento es de 600 t. Anualmente se manipulan alrededor de 240 000 t.

Durante la recepción y tamizaje de la pulpa de coral extraída de los cienos coralinos, se producen derrames al mar por desbordamiento del depósito o el traslado con el cubo de

la grúa hasta el embudo, aportando grandes cantidades de carbonato al agua de la dársena.

El agua de lavado, ligeramente turbia por arrastre de pequeñas porciones de carbonato, que se origina cuando se lava la pulpa de coral para eliminar el exceso de cloruro se vierte al mar.

✓ **Planta de preparación del carbón (antracita)**

Se localiza a la entrada de la dársena en su extremo noroeste. El carbón se descarga por el muelle No. 2. Descargándose directamente a camiones BELAZ de 40 t. El mismo es transportado hacia el área de la planta y lo depositan a cielo abierto. Durante el proceso de trituración el agua de lavado del mismo escurre hacia el mar, llevando consigo grandes cantidades de partículas que se concentran en las costas. La turbidez oscura del agua de mar en esa zona, esta sujeto al agua que sale del proceso de trituración del Carbón, que a su vez vierte los desechos a una piscina donde es almacenada la partícula más gruesa del proceso, la misma no cuenta con un sistema de tratamiento de agua adecuado para estos casos, lo que implica que grandes cantidades de sedimentos sólidos son incorporados al medio marino.

Se pudo observar además el nivel de acumulación del material ya procesado cubierto de vegetación, por lo que infiere la lentitud en el traslado de esa materia hacia la fábrica.

✓ **Base de amoniaco:**

El amoniaco al 99,9% es descargado y bombeado desde el muelle No 1. hasta los depósitos de la base. El mismo se procesa en la planta productora de hidrosulfuro amoniacal y agua amoniacal almacenándose en 15 balas y 2 tanques respectivamente. Posteriormente se traslada en pilas especiales hasta la fabrica CPSA quien a su vez le sirve una parte a la fabrica CECG. Resulta válido para este gas, dada las características de sus expulsiones a la atmósfera libre, el quedar con frecuencia confinado al espacio por debajo de la base de inversiones nocturnas en la zona deprimida de Rolo Monterrey hacia el interior. En tales condiciones bajo la influencia del terral los contaminantes pueden quedar estancados o ser trasladados muy lentamente hacia NE creando una extensa área bastante homogénea de concentraciones en esa dirección.

✓ **Base de combustible**

Al este del canal de entrada al puerto se localiza el campo de boyas provisto de barreras flotantes para caso de derrames. El proceso de descarga del fuel – oil se inicia empleando una tubería submarina de 980 m. de extensión y otra en tierra de 2 200 m. de largo, con un diámetro de 24 pulgadas cada una, trasladando el combustible hasta la base.

En los últimos años se han reportado 2 accidentes de media magnitud: En una ocasión se derramó el combustible de uno de los tanques y la otra consistió en el desprendimiento de la conexión de la tubería submarina con el barco, lo que afectó una parte del ecosistema marino en esa área.

✓ Vertimiento residual del licor residual WL al Río Cabaña

La fábrica “Comandante Pedro Soto Alba”, vierte sus residuales (Licor residual WL) al río Cabañas afluente del río Moa, con una carga de sólidos diluidos de 27 000 Kg. /día. El volumen diario de ese licor residual asciende a alrededor de 12 000 m³ diarios a plena capacidad de la planta con un pH: 1.3-1.5 y la siguiente composición química.

Los residuales sólidos (colas) constituyen un volumen de 4000t/día con la siguiente composición porcentual.

Ni- 0.008 %	Co- 0.011 %	Fe- 47 %
Mg- 0.044 %	Zn- 0.005 %	Mn- 0.48 %
Cu- 0.0042 %	Cr- 0.65 %	Al- 4.03 %

Estas colas son enviadas a una presa aledaña a la industria que también representa una afectación al medio. Actualmente, en un área alrededor de 12 km² se almacenas millones de toneladas de desechos a los que aun no se le ha dado solución para su posterior empleo. Además, debido a las lluvias y en ocasiones por deficiencias en la explotación de la presa se producen arrastres de residuales que afectan las aguas de los ríos aledaños y el manto freático. Inmediatamente al oeste de la presa de colas, se localiza el acuífero aluvial de la Veguita, sobre el plano aluvial del Río Moa y del cual se abastece gran parte de la población moense.

3.2-LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACION DE LOS EFLUENTES

Durante la investigación se localizaron 8 efluentes provenientes de los diferentes focos de contaminación que según las observaciones desembocan en su totalidad en la dársena afectando la calidad de sus aguas. Estos son:

- **Efluente 1:** Descarga de agua oleosa proveniente de la base de petróleo
- **Efluente 2:** Descarga de agua oleosa proveniente de los talleres.
- **Efluente 3:** Descarga de agua residual proveniente de la planta de secado de Sulfuro de Níquel.
- **Efluente 4:** Descarga de aguas residuales provenientes de la planta de coral.

- **Efluente 5:** Descarga de agua residuales proveniente de la presa de cola PSA
- **Efluente 6:** Descarga de agua residual proveniente de la planta de Carbón mineral.
- **Efluentes 7:** Descarga de aguas residuales proveniente de la torre de coral
- **Efluente 8:** Descarga de agua residual proveniente del Río Moa.

Tabla (3.3) Localización de los efluentes:

Efluentes	Coordenadas
1	X:700755.7837 Y:223335.208
2	X:700723.7837 Y:223325.123
3	X:700703.1662 Y:22333.0250
4	X:700336.8379 Y:22333.0258
5	X:700170.325 Y:223529.6076
6	X:700303.5353 Y:223616.0172
7	X:700722.4811 Y:224046.413
8	X:702890.8087 Y:224085.5563

3.3- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS EFLUENTES QUE VIERTEN A LA BAHIA.

- **Efluente 1:** Descarga de agua oleosa proveniente de la base de petróleo
- **Efluente 2:** Descarga de agua oleosa proveniente de los talleres.
- **Efluente 3:** Descarga de agua residual proveniente de la planta de secado de Sulfuro de Níquel.

- **Efluente 4:** Descarga de aguas residuales provenientes de la planta de coral.
- **Efluente 5:** Descarga de agua residuales proveniente de la presa de cola PSA
- **Efluente 6:** Descarga de agua residual proveniente de la planta de Carbón mineral.
- **Efluentes 7:** Descarga de aguas residuales Proveniente de la torre de coral
- **Efluente 8:** Descarga de agua residual proveniente del Río Moa

Para la caracterización de los efluentes se tomaron los resultados de los análisis químicos realizados y se hace la valoración de los mismos desde la zona interior de la dársena hasta las afueras de la misma, en este orden se realizará el análisis de los resultados de los análisis químicos de las aguas de mar, con el objetivo de valorar la posible influencia de estos sobre la calidad de las mismas y la variación de los parámetros que nos indican las posibles afectaciones en la calidad de esta agua. Para ello se tomaron como referencia las estaciones de monitoreo ya existentes.

- **Efluente 3: Descarga de agua residual proveniente de la planta de secado de Sulfuro de Níquel.**

Este hace su descarga directamente a la dársena entre el muelle 1 y 2, también se le incorporan durante su recorrido hacia la misma elementos como el SO_4 , proveniente de la planta de azufre por estar próxima a la misma. Durante la descarga del azufre al muelle 1 se vierten al mar cantidades considerables de azufre formando una capa en suspensión.

Según los resultados obtenidos de los análisis químicos los valores de pH son de 7,90. Las concentraciones de metales pesados como el Ni fueron bajas (0,04 mg/L) en el mes que fue tomada la muestra, pero no se descarta la posibilidad de altas concentraciones en meses atrás. El Fe presenta valores que sobrepasan las normas (1,39mg/l), los demás como (Mn, Cu, Pb y Zn), esta por debajo de lo permisible.

Los valores de sólidos en suspensión (11 mg/L), los sólidos disueltos (45 mg/L) y sólidos totales (56 mg/L) no sobrepasan lo permisible. Las concentraciones de SO_4 (9,05 mg/L) están por debajo de la norma (tabla 2.3.3).

- **Efluente 2: Descarga de agua oleosa proveniente de los talleres.**

Este efluente desembocando directamente a la dársena entre el muelle 1 y el muelle 2, el mismo vierte al la dársena concentraciones de grasas, aceites e hidrocarburos.

La muestra fue tomada a unos 300 m de la costa. Son aguas turbias y su caudal es permanente. Por los análisis realizados el pH es de 6,57 lo cual esta dentro de los limites permisible (tabla 2.3.5), los contenidos de grasas y aceite son (562 mg/L), los cuales sobrepasan las normas (tabla 2.3.5). Los metales pesados solo el Fe superan los valores permisibles con (2,43 mg/l), los restantes metales pesados se encuentran en norma. Los valores de SO_4 son de (65,02 mg/L), los cuales están por debajo de lo permisible.

- **Efluente 4: Descarga de aguas residuales provenientes de la planta de coral.**

Este efluente descarga su agua en la bahía, fuera de las aguas de la dársena, se comprobó que presenta valores de pH de 7.6 estando dentro de lo normal. Los valores de sólidos totales son de (2380 mg/L) y sólidos disueltos (2240 mg/L), los se encuentran por encima de la norma, los sólidos en suspensión son de (140 mg/L), superando los valores permisibles. Los valores de los metales pesados solo en Fe (1,23 mg/L) se encuentra por encima de lo establecido. Los valores de SO_4 se encuentran dentro de lo normal.

- **Efluentes 7: Descarga de aguas residuales proveniente de la torre de coral.**

En este efluente fue tomada y analizada en laboratorio una muestra. Según los resultados de los análisis químicos del mismo se conoce que los valores de pH son 7.3 lo que significa que sus aguas están dentro de los limites establecidos. Los metales pesados como (Ni, Fe, Co, Zn, Pb, Cu), se encuentran en norma, mientras que el Mn se encuentra por encima (6,36 mg/L). Los valores de sólidos suspendidos (253 mg/L), los sólidos totales (38020 mg/L) y sólidos disueltos (37767 mg/L), superando los valores establecidos para el vertimiento de aguas residuales a las zonas costeras. Los valores de SO_4 son de (1576,3 mg/L), los cuales están por encima de sus concentraciones normales.

Estas alteraciones se manifiestan debido al vertimiento de los efluentes antes relacionados que contaminan físicamente las aguas.

- **Efluente 5: Descarga de agua residuales proveniente de la presa de cola PSA**

Este efluente presenta valores de pH(6,7) los cual esta dentro de los límites establecidos para efluentes líquidos (ver tabla 2.3.5). Las concentraciones de metales pesados tales como Ni(2,69 mg/L), el Fe(2,55 mg/L), el Co(1,33 mg/L) y el Mn (6,18 mg/L) están muy por encima de los limites (tabla 2.3.4 y 2.3.5), los demás como (Cu, Pb y Zn) se encuentran por debajo de sus valores normales. Los valores de Sólidos suspendidos (14 mg/L) los mismos están por debajo de su norma, mientras que los sólidos totales (4024 mg/L) y sólidos disueltos (4010 mg/L) sobrepasan sus valores de fondo .Los valores de SO₄ están por debajo de la norma.

- **Efluente 1: Descarga de agua oleosa proveniente de la base de petróleo**

Este efluente descarga su agua en la bahía. Los resultados análisis de sus aguas nos mostró que los valores de pH son (6,8) lo cuales están dentro de los permisible. Las concentraciones de metales pesados como el Fe (1,19 mg/L) están por encima de su norma, la cual es de (0,3 mg/L), los restantes elementos (Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Pb) no sobrepasan su valor de fondo. Las concentraciones de aceite y grasa son de (558 mg/L), las mismas muy por encima de los valores permisible (tabla 2.3.5). Las concentraciones de sólidos en suspensión, sólidos totales y los sólidos disueltos están en norma. Los SO₄ están por debajo de la norma.

- **Efluente 8: Descarga de agua residual proveniente del Río Moa**

Este efluente proviene de la descarga de agua residual del Río Moa, el mismo es uno de los focos contaminantes más importantes de la zona costera a donde van a parar residuales de la actividad minero- metalúrgica con el vertimiento de la WL (licor residual), proveniente de la Fabrica Pedro Soto Alba al Río Cabaña y este a su vez lo incorpora al Río Moa donde posteriormente hace su descarga en la bahía. Según los límites máximos permisibles promedios para el vertimiento de aguas residuales, se observa que este efluente tampoco cumple con los límites

establecidos para los diferentes cuerpos receptores que establece la norma (tabla 2.3) ya que los valores de pH presentes en estas aguas son muy bajos (4,37), lo que se puede considerar como aguas ácidas, esto es producto a los aportes fluviales cargados de residuales de tipo ácido como la cola industrial que al parecer no llega a ser neutralizada totalmente en las plantas de tratamiento. Los valores de concentraciones

de algunos metales pesados (Pb, Mn, Ni, Fe) se encuentran por encima de los límites,. Los valores de sólidos suspendidos (203 mg/L) esta por encima de lo normal (25,0 mg/L) para efluente. Los sólidos disueltos son de (26685 mg/L) y sólidos totales son de (26688 mg/L).

3.4-VALORACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA DARSENA.

- **pH**

Los resultados obtenidos de los análisis químicos de las aguas de mar tomadas en las estaciones antes mencionadas el valor de pH variaron entre **4,93** para la Estación No 6 y **7,21** en la Estación No 7 para el mes de Febrero. También son significativos los valores obtenidos en las Estaciones de monitoreo Litoral A, Litoral B y Litoral C, en los cuales se registraron magnitudes que oscilan desde 3.53 hasta 7,48 en el Litoral C como se muestra en el gráfico. Los pH menores de 7,0 se pueden considerar como bajos. Estos se deben al licor residual ácido que se vierten al Río Cabañas, afluente del Río Moa, por parte de la Empresa niquelífera Cmdte Pedro Soto Alba.

Los valores de este parámetro en zonas aguas afueras son de **8.11** lo que demuestra el grado de afectación de las aguas de la dársena. El 30 % de las estaciones presentaron índice iguales o mayores a 6,0, lo que corresponden a áreas contaminadas (Gramin et al., 1976) con un valor promedio de 6,7.

En el gráfico se muestran los resultados obtenidos en el muestreo realizado el 20 de enero, en el mismo puede observarse que todos los valores son anómalos pues no cumplen con los límites establecidos de valores de pH(tabla 2.3.1), solo en la estación No 1, la cual es tomada como referencia para comparar las demás estaciones de monitoreo.

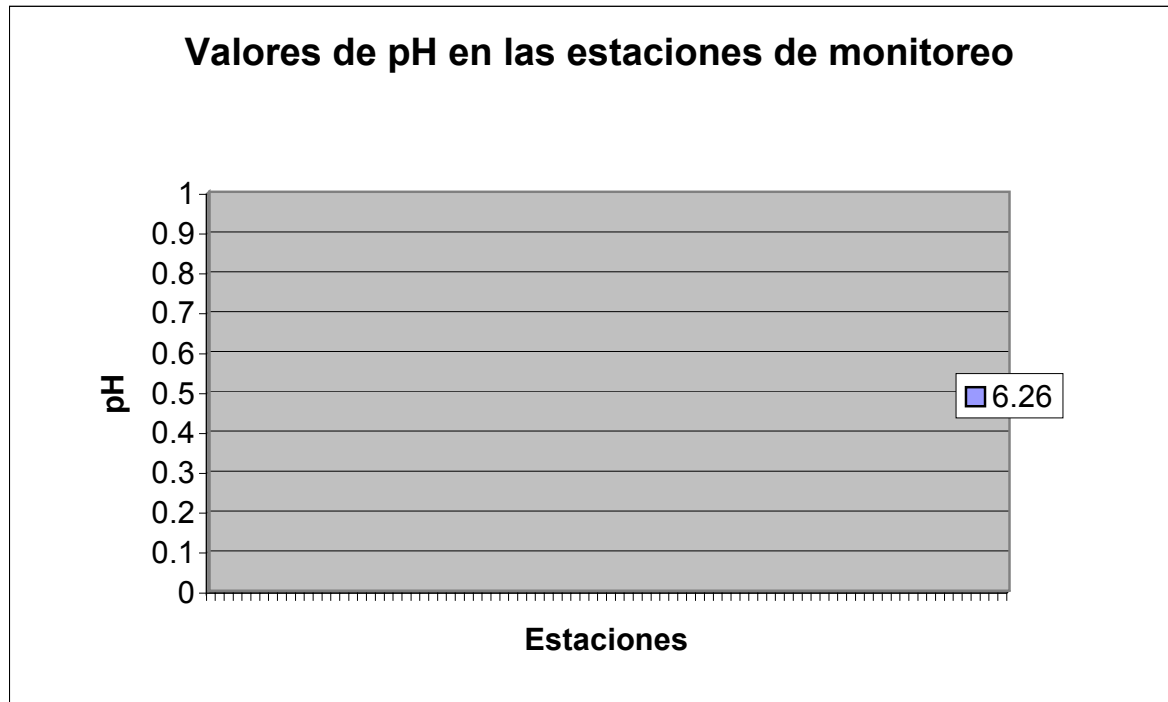


Fig.1-Variación de este parámetro desde el interior de la dársena hasta la entrada de la misma del canal para el monitoreo del 20 de enero de 2005.

- **Sólidos totales**

Los sólidos totales alcanzan valores altos, alcanzando para el mes de enero desde 39 276 mg/l en la estación No 5 perteneciente a la planta de Carbón hasta 48 468 mg/l para la estación No 2 perteneciente al Litoral A, lo que se

explica por el arrastre de gran volumen de sedimentos a través del curso del Río Moa , otra razón puede estar dada por sólidos de la carga y descarga de los buques y por la dinámica costera que a través de las corrientes marinas y el flujo y reflujo de las aguas arrastran estos sólidos hasta la bahía y al interior de la dársena llegando a concentrarse en las afueras del canal grandes cantidades de sólidos totales de 45 648 mg/l donde se supone que estas concentraciones tan elevadas no deberían existir.

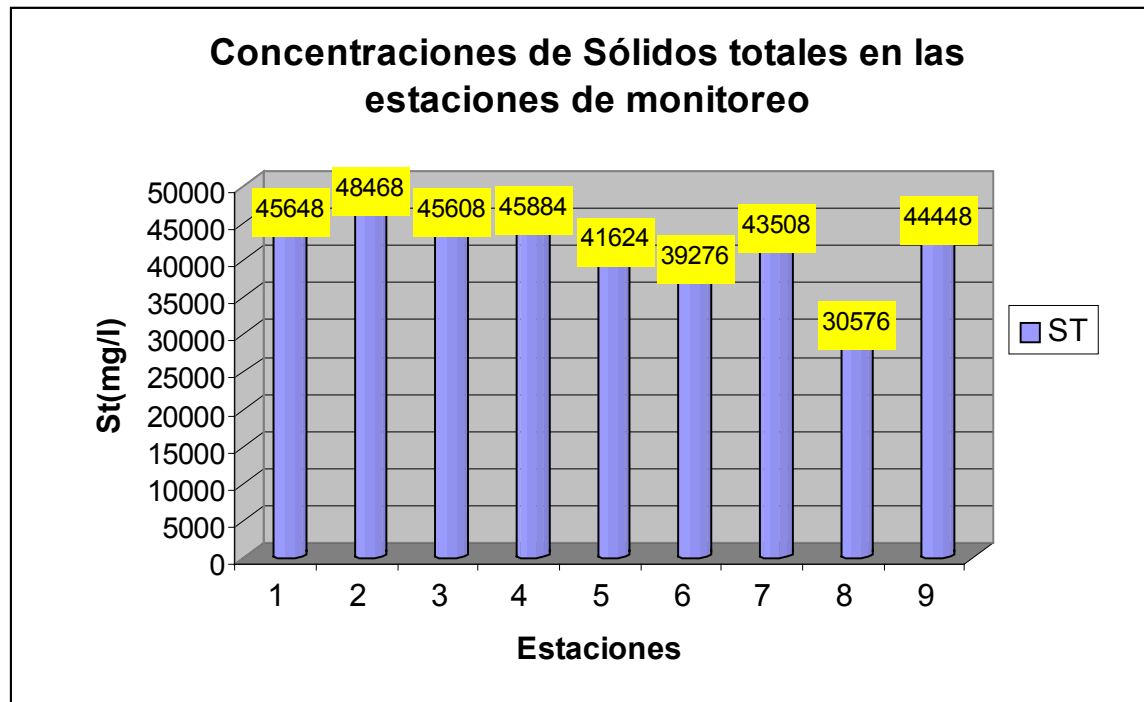


Fig.2.-Variaciones de los sólidos totales desde el interior de la dársena hasta las afueras del canal en la muestra tomada en 20 de enero de 2005.

- **Sólidos disueltos**

Con los sólidos disueltos ocurre un comportamiento semejante, los menores valores se registraron en el mes de febrero con 28 280 mg/l para la estación No 7 de 54 407mg/l para la estación No 1. Esto se debe en gran medida a las zonas de aporte de sedimento al Río Moa. Las mis son:

- 1. Zona de aportes de la Cuenca del Río Moa desde la presa “Nuevo Mundo” a la derivadora.**

Esta zona contiene los yacimiento de la Fabrica “ Pedro Soto Alba”.

- 2. Zona de aportes de la parte occidental de la cuenca inferior del Río Moa.**

Esta zona contiene parte de los yacimientos de la “Pedro Soto Alba”, la presa de colas y los derrames de colas.

- 3. Zona de aporte de la presa de colas de la planta “Cmdte. Ernesto Che Guevara”.**

Esta Zona contiene como elemento presa que le da nombre. Se tomo por su importancia potencialmente contaminante.

- 4. Zona de aportes de la cuenca inferior del Moa (parte oriental).**

Esta Zona Contiene la mayor parte del yacimiento de la planta “Cmdte. Ernesto Che Guevara”.

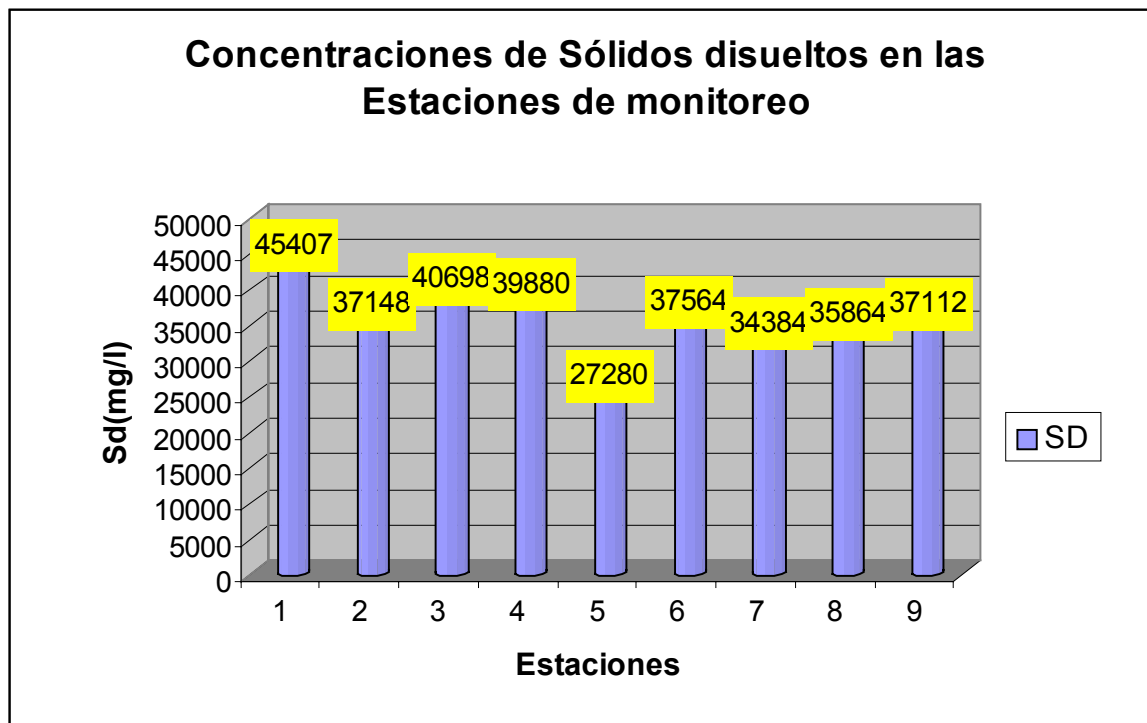


Fig.3-Variaciones de los sólidos disueltos desde el interior de la dársena hasta las afueras del canal en la muestra tomada el 14 de enero de 2005.

- **Concentraciones de metales pesados**

Los valores de concentraciones de metales pesados en el agua de la dársena y aguas afueras se refieren a continuación.

Los valores de Fe y Co, se comportan sin alteraciones importantes en el período que se evalúa. El Ni se presenta en febrero con valores mínimos de 0,13 mg/l en la estación No 3 y los valores máximos se presentan en el mismo mes con 21.36 mg/l en la estación No 6. Estos metales son incorporado a través de los diferentes efluentes que desembocan a la dársena, principalmente el Río Moa, el cual presenta elevadas concentraciones de estos metales. En al estación No 6: Proveniente del arroyo que nace en la presa de cola de la Fabrica PSA. En épocas de lluvia, el agua de la precipitación pluvial arrastra hacia este

arroyo concentraciones de metales, los mismos van a parar a la dársena, ya que el arroyo hace su descarga en la misma, elevando los niveles de concentración estos elementos en las agua de la dársena.

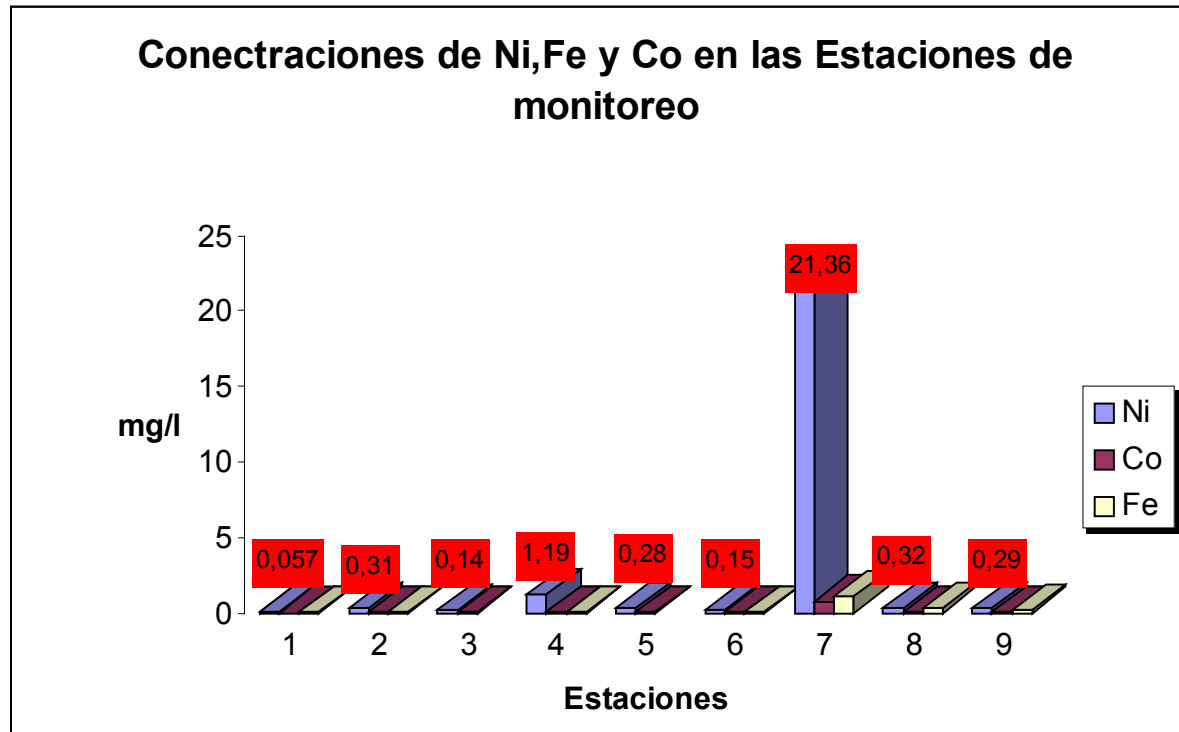


Fig.4- Variaciones de los sólidos totales desde el interior de la dársena hasta las afueras del canal en la muestra tomada el 21 de enero del 2005.

- **Concentraciones de SO_4 en las aguas de la dársena**

Las concentraciones de SO_4 son intensas en los dos meses en que fueron tomadas las muestras, siendo los valores mas altos en el mes de enero con 48 76.8 mg/l para la estación No 4, y los mas bajos para el mismo mes de 2600.9 mg/l en la estación No 8. Estas concentraciones están por encima de los valores permisibles(ver tabla).

El sulfato son incorporado a las agua de la dársena a través de dos:

1. Debido al derramamiento azufre cuando es descargado de los barcos y cuando es barrido hacia el mar cuando quedan restos de este sobre el muelle.
2. Durante la explotación de la planta de derretimiento de azufre, lo cual es incorporado a las aguas de la dársena por los efluentes No 2 y No 3.

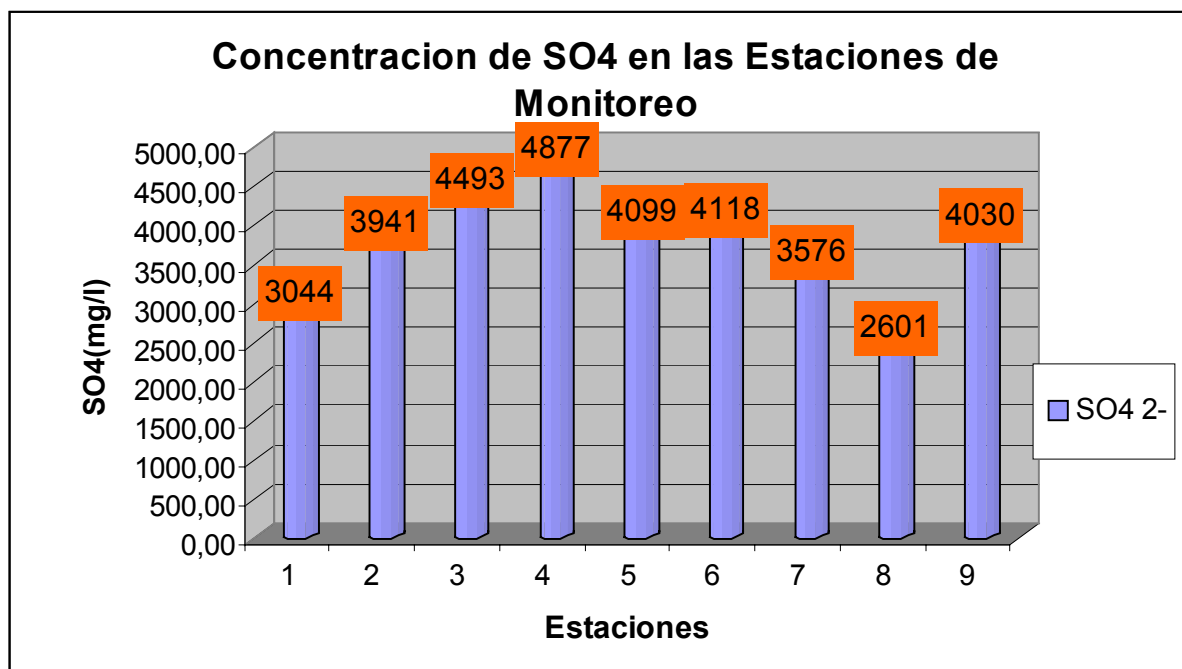


Fig.5- Variaciones del SO₄ desde el interior de la dársena hasta las afueras del canal en la muestra tomada el 27 de enero de 2005

- **Aspectos generales de los sedimentos y composición química**

El Río Moa tiene una fuerte influencia en la descarga de los sedimentos en todo el entorno del puerto y en los canales de acceso a la Bahía (anexo No 4 y No 5.). Mas del 70 % de los que llegan al canal es por arrastre. La sedimentación en la banda izquierda disminuye considerablemente, ya que el mismo actúa como una trampa colectora impidiendo que estos lleguen en menos grado a la parte superior del extremo izquierdo del canal. Hay que destacar que el transporte de los mismos es de Este a Oeste contorneando la línea de costa. El instituto de Oceanología reporta altas concentraciones de metales pesados (Co, Cr, Fe, Mn, Ni, y Zn) en la capa superior de 5 cm de sedimentos marinos, con los valores mas altos en la zona portuaria y en la desembocadura del Río Moa, los que son varias veces mayores que los de otras bahía cubanas (GEOCUBA, 2005). Esto se debe también en gran medida a los sedimentos que son aportados por los efluentes que descargan en la dársena.

El principal aportador es el Río Moa al cual se le tomó una muestra de sedimento y los resultados arrojaron altas concentraciones de Ni (0,89 mg/l), Co (0,068 mg/l), Fe (36,86 mg/l), Cu (0,79 mg/l), Zn (1,89 mg/l), Mg (2,26 mg/l), las mismas están por encima de los límites establecidos para efluentes líquidos (ver tabla 2.3.3 y 2.3.4), los cuales son sustancias nocivas que afectan todo el ecosistema marino de nuestras costas. Los demás efluentes presentan altas concentraciones de algunos de estos elementos contaminantes.

En el gráfico se observa que las mayores concentraciones de Fe pertenecen al efluente 8: proveniente del río moa y al 1: proveniente de la base de petróleo, los cuales se encuentran por encima de su valor normal para efluentes. Las concentraciones de Mg se encuentra por encima de lo permisible en el efluente 4. los demás metales se encuentran dentro de lo permisible.

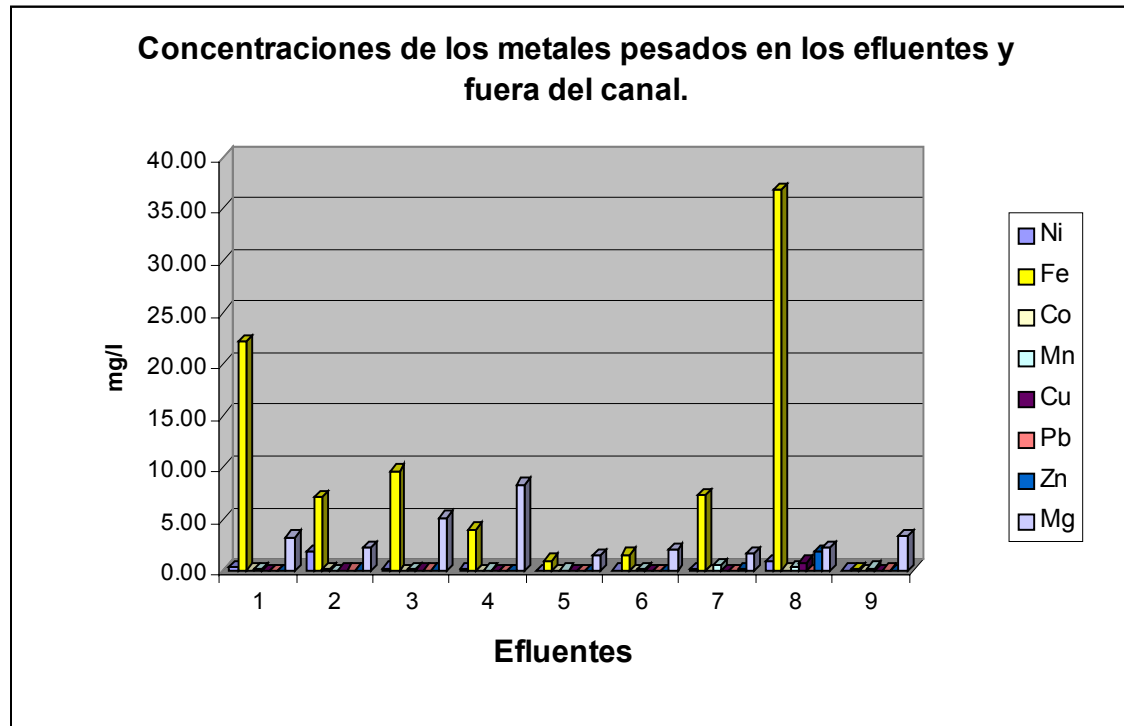


Fig.5-Concentraciones de metales pesados en sedimento en los diferentes puntos de muestreo para efluentes y en los sedimentos (8) tomados en la entrada del canal en la muestra tomada el 5 de mayo del 2005.

- **Clasificación del agua de la dársena según Normas Cubanas**

Una vez evaluados los resultados obtenidos y calculado el valor promedio de cada parámetro muestreado podemos decir que en sentido general las aguas de la dársena atendiendo a la clasificación establecida en la NC 25. 1999 EVALUACIÓN DE LOS OBJETOS HÍDRICOS PARA USO PESQUERO. ESPECIFICACIONES, tienen un comportamiento como muestra la siguiente tabla:

Tabla 3.4 Aguas de la dársena

Parámetros hidroquímicos Medios	Calidad buena	Calidad dudosa	Calidad mala
pH: 7,21-4,93			X
Sólidos Totales: 35 232 mg/l			X
Ni: 0,72		X	
Co: 0,90			X
Fe: 0,25	X		
SO ₄ : 4112.22 mg/l			X

Como puede observarse la mayor parte de los parámetros se encuentra dentro de la clasificación para aguas de calidad mala. No podemos generalizar en cuanto al valor obtenido para el Fe porque no contamos con ciclos de muestreo periódicos para realizar las comparaciones.

RECOMENDACIONES

1. Construcción del muro de contención en área de la piscina de cierno carbonatado, para evitar derrame de sólidos y líquidos emanado del proceso y que van hacia las costas.
2. Acondicionar depósito recolector de ácido en el muelle 1 en el lugar donde se realizan las conexiones de las mangueras con el buque ya que se encuentran deteriorado y el producto se vierte al mar.
3. Realizar estudios y ejecutar tareas, para evitar el derrame de hidrosulfuro provenientes del depósito de la Planta de Secado y que se emana hacia el mar.
4. Construcción de una escollera con el fin de contener los sedimentos que llegan a la bahía proveniente del Río Moa.
5. Realizar un estudio del Río Moa y el volumen de sedimentos que arrastra en condiciones de flujo de base.
6. Revisar la situación de la presa de colas de la Planta “Cmdte. Ernesto Che Guevara” y tomar las medidas constructiva necesaria para evitar posible roturas y derrames de eventos hidrometeorológicos extremos.
7. Realizar un monitoreo Constante de los efluentes que descargan a la dársena, así como de un monitoreo mas profundo sobre las agua de la bahía.

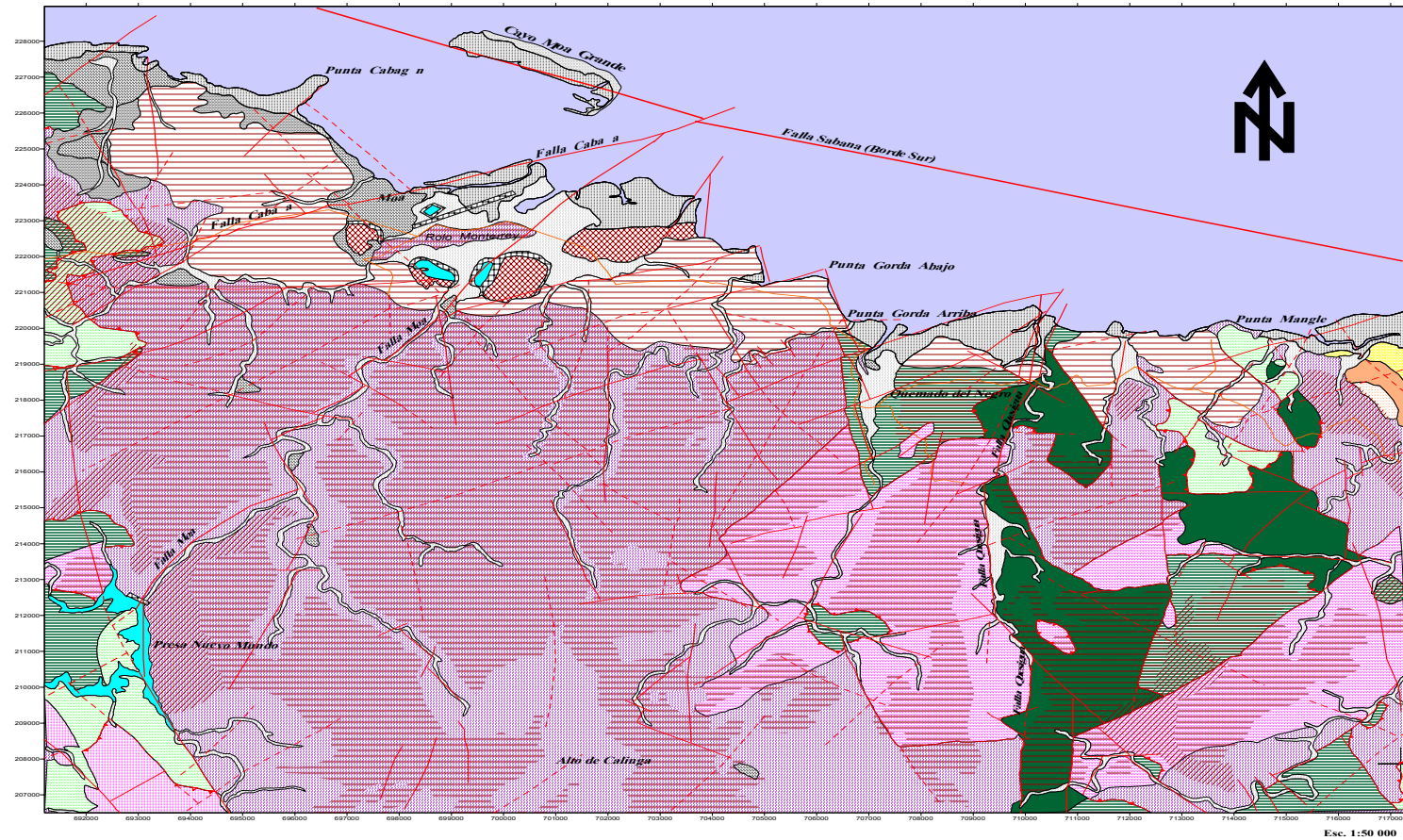
BIBLIOGRAFÍA

1. **Blanco, Blázquez J. L.** Profundización en el estudio geológico y tectónico de Moa. Tesis de maestría. Departamento de Geología, ISMM, 1999.
2. **CESIGMA**, Auditoria ambiental al Puerto De Moa, Julio 1997. Ciudad de la Habana.
3. **Díaz, Martínez, 2005**: Curso De posgrado
4. **Empresa GEOCUBA Oriente sur** (2004): Informe sobre el monitoreo ambiental por dragado al puerto de Moa. División de estudios medio ambientales.
5. **Grimanis. A. P., Vassilaki-Grimani M. Y. Griggs G. B (1976)**: Pollution studies of trace elements in sediments from the upper Saronikos Gulf, Greece. J. Radional.
6. **Martínez, M. Cortes, I. Perez, R. y Cowley, S.** (1990): Contenido de metales pesados en los sedimentos de la zona litoral de Moa. Informe final. Archivo Científico del Instituto de Oceanología.
7. **NC TS 360: 2003.** (cuba). Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones.

8. **NC 25: 1999.** Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones **Rodríguez, Alina.** Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. [Tesis doctoral], 1999. I.S.M.M, Moa.
9. **Quintas, Félix.** Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. [Tesis doctoral], 1989. I.S.M.M, Moa.
10. **Urbino, et al, 1997.**
11. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt030.html>
12. <http://groups.msn.com/Abancayonline/quishqueaymaraesagonia.msnw>
- 13.



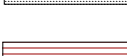
Anexo_1. Mapa de ubicación geográfica del área de los trabajos.

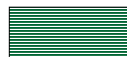


Anexo # 2. Mapa Geológico de Moa

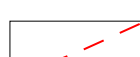
Anexo # 2. Simbología

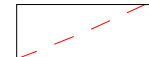
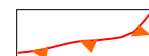
Litologías.

	<i>Arenas de playas.</i>
	<i>Sedimentos palustres.</i>
	<i>Sedimentos aluviales.</i>
	<i>Sedimentos deluviales.</i>
	<i>Sedimentos deluvio - proluviales.</i>
	<i>Sedimentos lateríticos y arcillas de medio fluviomarino transicional.</i>
	<i>Lateritas deluvio - eluviales.</i>
	<i>Lateritas eluviales.</i>
	<i>Fm. Majimiana.</i>
	<i>Fm. Capiro.</i>

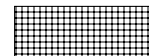
	<i>Fm. Sabaneta.</i>
	<i>Fm. Santo Domingo.</i>
	<i>Gabros bandeados.</i>
	<i>Gabros isotrópicos.</i>
	<i>Mayor frecuencia de dunitas entre peridotitas serpentinizadas.</i>
	<i>Peridotitas serpentinizadas.</i>

Fallas.

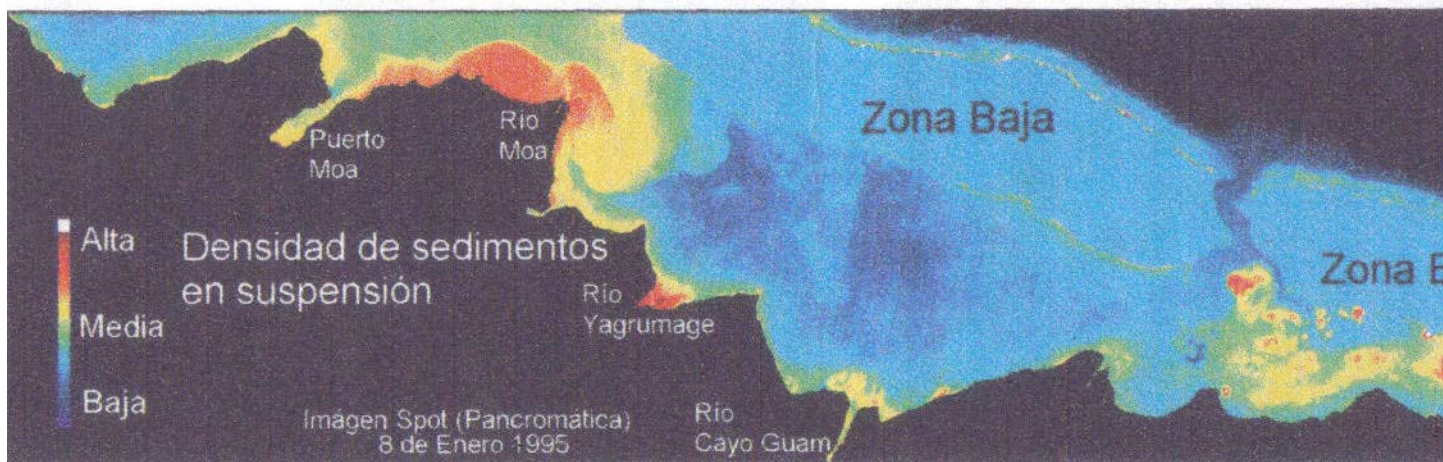
	<i>Fallas de 1er orden comprobadas.</i>
	<i>Fallas de 1er orden no comprobadas.</i>
	<i>Fallas de 2do orden comprobadas.</i>

	<i>Fallas de 2do orden no comprobadas.</i>
	<i>Frentes de cabalgamientos o de mantos tectónicos.</i>

Otras símbolos.

	<i>Rellenos y pedraplenados.</i>
	<i>Colas.</i>
	<i>Carreteras.</i>
	<i>Mar.</i>
	<i>Embalses.</i>
	<i>Norte geográfico.</i>

N



Anexo # 5. DINAMICA DE LOS SEDIMENTOS EN ENERO DE 1996(Imagen Spot). Puede apreciarse que el río Moa tiene una fuerte influencia en la descarga de sedimentos en todo el entorno del puerto y los canales de acceso a la bahía. En la parte oriental de la bahía se ven formas de relieve de fondo, lo que demuestra la baja densidad de sedimentos en suspensión en esta zona y la menor afectación generada por los efluentes fluviales.

Solicitado por: Empresa Puerto Moa.

Tipo de muestra: Muestras de Agua de Mar.

Método de análisis químico: Gravimétrico (SS, ST, SD, SO₄). Espectrofotometría de Absorción Atómica (Fe, Co,y Ni). Electrométrico (pH y conductividad)

Expresión de los resultados: (pH en unidades de pH, Conductividad en micro Siemens y el resto en mg/L).

Fecha de muestreo: 14/10/2004

Fecha de salida: Octubre-2004

Tablas 3.3 determinaciones químicas del agua de la bahía

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Co	Fe	SO ₄ ²⁻
1	Litoral A	7.54	118	42844	39032	49.1	0.070	< LD	0.029	3842.3
2	Litoral B	7.72	93	42356	38188	48.7	0.073	< LD	0.026	2857.1
3	Litoral C	7.70	75	40288	40220	49.1	0.059	< LD	0.034	2512.3
4	Piscina cieno carbonatado	7.78	123	41184	37856	48.1	0.046	< LD	0.027	2482.7
5	Planta de Carbón	6.58	76	42260	39944	49.8	0.046	< LD	0.061	3871.9
6	Descarga de aguas oleosas	7.51	70	41164	38300	48.4	0.065	< LD	0.058	3497.5
7	Muelle -1	7.77	55	42244	38476	49.7	0.103	< LD	0.056	3014.7
8	Muelle -2	7.86	86	42480	37792	52	0.058	< LD	0.030	3802.9

Fecha de muestreo: 30/10/2004

Fecha de salida: Octubre-2004

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	SO4 ²⁻
1	Litoral A	6.85	89	43180	40048	47.3	4157.6
2	Litoral B	7.13	66	41744	41260	47.7	4118.2
3	Litoral C	7.16	79	43212	389220	47.8	4216.7
4	Piscina cieno carbonatado	7.42	81	38568	35284	42.2	2985.2
5	Planta de Carbón	7.27	142	42596	40992	47.6	4177.3
6	Descarga de aguas oleosas	7.18	115	41536	39028	46.9	3960.5
7	Muelle -1	7.13	78	42304	40356	47.6	3940.8
8	Muelle -2	7.18	25	43180	40668	47.7	37.73

Fecha de muestreo: 5/11/2004

Fecha de salida: Noviembre-2004

[illegible]

Fecha de muestreo: 18/11/2004

Fecha de salida: Noviembre-2004

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Fe	SO4 ²
1	Litoral A	6.98	100	39828	39132	52.7	0.501	0.117	4807.8
2	Litoral B	7.21	90	41552	39088	53.1	0.183	0.068	4354.6
3	Litoral C	7.36	113	39908	38748	53.6	0.141	0.048	5635.4
4	Piscina ceno carbonatado	7.33	142	39968	38880	53.2	0.116	0.151	4354.6
5	Planta de Carbón	7.41	146	40136	38188	53.6	0.160	0.044	4334.9
6	Descarga de aguas oleosas	6.89	124	40132	38700	52.8	0.198	0.077	4443.3
7	Muelle -1	7.29	94	39564	38532	52.5	0.231	0.155	3842.3
8	Muelle- 2	7.67	126	41616	39084	55.1	0.121	0.094	3802.9

El **Co** por el método de absorción atómica en el cual no fue detectada presencia de estos elementos para límite de detección del equipo de 0.001 Ppm

Fecha de muestreo: 29/11/2004

Fecha de salida: Noviembre-2004

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Co	Fe	SO ₄ ²	A y G	Hidroc.
1	Litoral A	7.32	60	43584	42020	52.5	0.001	0.005	0.032	3665		
2	Litoral B	7.35	61	42528	40508	52.1	0.008	0.026	0.075	4068.9		
3	Litoral C	7.83	69	42920	41756	52.7	0.004	0.050	0.044	3546.7		
4	Piscina cieno carbonatado	7.07	58	42488	40464	50.8	0.061	0.040	0.102	3862		
5	Planta de Carbón	7.369	36	42408	41508	50.3	0.001	0.009	0.073	3359.6		
6	Descarga de aguas oleosas	7.05	38	43004	41484	52.2	0.054	0.049	0.057	3743.8		
7	Muelle -1	7.45	29	42752	41528	52.6	0.059	0.060	0.065	3960.5		
8	Muelle- 2	7.17	62	42000	40528	52.4	0.017	0.046	0.087	4275.8		
9	Planta de suministro										587	463

Fecha de muestreo: 2/12/2004

Fecha de salida: diciembre-2004

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Fe	Co	SO ₄ ²
1	Litoral A	2.81	217	40168	39248	48	0.749	1.27	0.202	4463.0
2	Litoral B	5.30	120	40900	40820	49.8	0.296	0.035	0.102	3684.7
3	Litoral C	6.58	1.5	408664	38196	49.5	0.340	0.043	< LD	4118.2
4	Piscina cieno carbonatado	7.08	108	33120	31228	41.3	0.312	< LD	0.097	3507.3
5	Planta de Carbón	6.68	113	39356	38904	47.9	0.344	< LD	< LD	3753.6
6	Descarga de aguas oleosas	6.94	95	39700	37320	48.8	0.452	< LD	0.098	4068.9
7	Muelle -1	6.89	93	39484	39080	49.5	0.349	< LD	0.096	3999.9
8	Muelle- 2	6.90	89	41232	39312	49.8	0.246	< LD	0.107	4295.5

Fecha de muestreo: 14/1/2005

Fecha de salida: enero-2005

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Fe	Co	SO ₄ ²
1	Litoral A	6.66	133	36220	32140	37.4	0.250	0.010	0.0040	3034.4
2	Litoral B	5.82	112	40748	34312	38.9	0.187	0.020	0.054	3241.3
3	Litoral C	7.09	71	35456	32124	40.8	0.269	0.024	0.068	2807.3
4	Piscina cieno carbonatado	7.43	57	35480	29980	34.4	1.22	0.021	0.058	2896.5
5	Planta de Carbón	7.15	159	40336	31204	42.2	1.33	0.036	0.061	2738.9
6	Descarga de aguas oleosas	7.18	78	39560	31560	43.3	0.358	0.029	0.049	3310.3
7	Muelle -1	5.85	141	43944	32504	44.1	0.400	0.028	0.032	2926.1
8	Muelle- 2	6.45	73	35532	31904	37.6	0.310	0.036	0.039	3290.6

Fecha de muestreo: 20/1/2005

Fecha de salida: enero-2005

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Fe	Co	SO ₄ ²
1	Litoral A	5.98	123	27324	26148	35.1	0.307	0.074	0.041	2128.0
2	Litoral B	6.26	93.11	36184	35204	43.7	0.135	< LD	0.027	3182.2
3	Litoral C	3.53	117	34708	33388	41.16	1.19	0.100	0.080	3221.6
4	Piscina cieno carbonatado	6.86	1.02	27880	26012	34.8	0.281	< LD	0.028	2443.3
	Planta de Carbón	5.65	115	31236	29128	38.5	0.145	0.030	0.051	2482.7
6	Descarga de aguas oleosas	3.83	60	12120	11964	15.5	21.36	1.039	0.756	1970.4
7	Muelle -1	6.22	92	28108	26912	35.8	0.322	0.340	0.069	2551.7
8	Muelle- 2	6.55	133	30520	29948	38.7	0.287	0.156	0.049	2295.5

Fecha de salida: enero-2005

[illegible]

Fecha de muestreo: 4/2/2005

Fecha de salida: febrero-2005

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Fe	Co	SO ₄ ²⁻
4	Piscina cieno carbonatado	-	132	40940	25276	40.1	1.069	0.153	<LD	3399
5	Planta de Carbón	6.56	147	37736	37260	39.8	0.339	0.129	0.101	3389
6	Descarga de aguas oleosas	5.14	113	26940	25276	32.1	2.97	0.224	0.061	2000
7	Muelle -1	5.46	161	34248	33860	42.5	1.977	0.091	<LD	36157
8	Muelle- 2	6.56	167	35862	35432	45.4	0.276	0.032	<LD	3734

Fecha de muestreo: 10/2/2005

Fecha de salida: febrero-2005

Estaciones	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Fe	SO ₄ ²⁻
1	Litoral A	7.25	78	42016	39456	50.2	0.227	0.358	3999.9
2	Litoral B	7.57	76	43768	40036	52.4	0.149	0.429	4413.7
3	Litoral C	7.48	48	43356	39968	48.2	0.757	0.390	3073.8
4	Piscina cieno carbonatado	7.48	54	41388	39876	50.3	0.168	0.409	4197.0
5	Planta de Carbón	7.38	55	41812	38552	52.2	0.198	0.413	4650.2
6	Descarga de aguas oleosas	7.44	60	42680	39584	44.7	0.161	0.405	3014.7
7	Muelle -1	7.54	79	42500	39484	52.6	0.190	0.421	3793.1
8	Muelle- 2	7.45	36	40840	38208	51.2	0.230	0.393	4571.4

Fecha de muestreo: 17/2/2005

Fecha de salida: febrero-2005

[illegible]

Fecha de muestreo: 23/3/2005

Fecha de salida: marzo-2005

No	Código	pH	SS	ST	SD	Cv	Ni	Fe	Co	SO ₄ ²⁻
1	Litoral A	5.62	66	40036	37148	56.9	0.360	0	0.081	3525.6
2	Litoral B	6.77	61	41440	40698	59.6	0.181	0.031	0.088	3743.8
3	Litoral C	6.00	53	41292	39880	56.6	0.271	0.574	0.089	3142.8
4	Piscina cieno carbonatado	6.31	249	28264	27280	4.08	0.485	0.088	0.040	2660.0
5	Planta de Carbón	6.77	67	41364	37564	59	0.155	0.158	0.045	3004.9
6	Descarga de aguas oleosas	4.93	55	35724	34384	52.1	1.01	1.70	0.064	2965.5
7	Muelle -1	5.96	49	37532	35864	50.5	1.052	0.456	0.109	3093.5
8	Muelle- 2	5.44	53	36900	37112	52.2	0.546	4.54	0.114	3270.9

Rango de composición de las corrientes (livegstone, 1963)

Elementos	ppm
HCO ₃ ⁻	58.4
SO ₄ ⁻	11.2
NO ₃ ⁻	1.0
CL ⁻	7.8
Ca ⁺⁺	15.0
Mg	4.1
Na ⁺	6.3
K	2.3
Fe	0.67
SiO ₂	13.1

Composición de agua de mar(a una salinidad de 35⁰/₀₀)

Elementos	ppb = ug/l
Boro	4.450
Berilio	0.0006
Litio	170
Carbón(inorgánico)	28.00
Carbón(orgánico disuelto)	500
Fluor	1.300
Sodio	1.08*10 ⁷
Magnesio	1.29*10 ⁶
Aluminio	1
Silicón	2.900
Sulfuro	9.04*10 ⁵
Cloruro	1.94*10 ⁷
Calcio	5.11*10 ⁵
Potasio	2.92*10 ⁵
Cromo	0.2
Manganeso	0.4
Hierro	3.4
Cobalto	0.39
Níkel	6.6
Cobre	0.9
Zinc	5
Arsénico	2.6
Cadmio	0.11
Mercurio	0.15
plata	0.28

Control de la solubilidad en las concentraciones de elementos traza en agua de mar

elementos	Concentraciones esperadas(log moles/l)	Concentraciones Observadas
Torio	11.8	11.7
Cobalto	6.5	8.2
Níquel	3.2	6.9
Cobre	5.8	7.3
Plata	4.2	8.5
zinc	3.7	6.8
Cadmio	5.9	9.0
Mercurio	1.9	9.1

Resultados del Monitoreo Ambiental por Dragado al Puerto de Moa. Empresa de Geocuba, 2004

Temperatura de la bahía.

Las temperaturas en el interior de la bahía son altas y homogéneas correspondiente a la etapa de verano, oscilan entre 29,5 y 29,6°C, con 1°C de diferencia respecto a la del océano abierto(28.5°C), por cuanto las profundidades en las estaciones dentro de la bahía no sobrepasan los 5m, además de que reciben la influencia de tierra.

Sedimentos:

Los desplazamiento de sedimentos contaminados hacia la zona portuaria se refuerzan en horario de la tarde cuando los vientos del Noreste alcanzan mas intensidad.

Salinidad:

Las salinidades tanto dentro como fuera de la bahía se mantienen sobre valores de 36‰, aunque en la desembocadura del Rio Moa es algo menor, de todas formas estos valores son muy similares a los reportados por monitoreos hidrológicos anteriores para esta misma época del año, donde se plantea que las temperaturas, salinidades y densidades del agua en la bahía son homogéneas en el nivel de superficie.(Rodríguez, P.E, 1997).

Oxígeno:

El oxígeno disuelto arroja resultados satisfactorios, mayor de 5mg/l, dentro de los parámetros de calidad de agua buena, es un tanto menor en áreas de laboreo portuario debido a la actividad microbiana que genera la acumulación de desechos orgánicos(monitoreo ambiental, Geocuba, 2004).

Turbidez:

Los valores de turbidez, así como des sólidos en suspensión y fijos, son los de comportamiento mas críticos si los comparamos con el resto de los factores, arrojando valores de calidad de agua mala según NC 25:1999, debido a los siguientes aspectos.

- Arrastres de sedimentos y partículas terrígenas a través de las cuencas fluviales que cortan todo el sector costero de Moa y que son dispersados por la corriente fundamental.
- Características fangosas-Coloidales de los suelos marinos
- Régimen climático
- Pendientes abruptas cercanas a la costas
- Proceso erosivos en la zona de la minas tierra adentro y en las costas.
- Actividad económica portuaria con numerosas embarcaciones que provocan resuspensión constante y presencia de infraestructuras.
- Ubicación de la presa de cola y su amplio radio de acción negativa en el lugar.

- Presencia de áreas de inundación costera y humedal.
- Proceso de azolvamiento en áreas del puerto por donde transitan las embarcaciones.

Aspectos generales de los sedimentos y composición química:

- La zona de mayor intensidad de transporte de sedimentos la encontramos hasta la profundidad de 5m, si tenemos en cuenta las variaciones anuales del fondo del mar.
- Mas del 70% de los sedimentos que llegan al canal es por arrastre. La sedimentación en la banda izquierda disminuye considerablemente, ya que el mismo actúa como trampa colectora impidiendo que estos lleguen a la parte superior del extremo izquierdo del canal.
- El transporte de los sedimentos es de Este a oeste, contorneando la línea de costa, según estudios realizados por el Departamento de Estudio Marinos de la Empresa Geocuba Santiago de Cuba.
- El instituto de Oceanología Reporta altas concentraciones de metales (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn) en la capa superior de 5 cm de sedimentos marinos litorales con los valores mas altos en la zona portuaria y en la desembocadura del río Moa, los cuales son varias veces mayores que los de otras bahías cubanas.