

REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
FACULTAD DE GEOLOGIA Y MINERIA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA.

TESIS EN OPCION AL TITULO DE MASTER MENCION GEOLOGIA AMBIENTAL

**TITULO: EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS
DE CONSUMO HUMANO EN LA ZONA URBANA DE LA
CIUDAD DE MOA.**

AUTORA: ING. MORAIMA FERNANDEZ RODRIGUEZ

TUTOR: Dr.C CONSTANTINO DE MIGUEL FERNANDEZ.

**Año de loa Gloriosos Aniversarios de Marti y del Moncada
MOA-2003**

INDICE

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCION.....	
MARCO TEORICO.....	
FUNDAMENTACION CIENTIFICA DE LA INVESTIGACION.....	
CAPITULO I. CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO..	
I.1 Características físicos geográficas del área de estudio.....	
I.2 Características geológicas e hidrogeológicas de la región y del área de estudio	
CAPITULO II. VOLUMEN Y METODOLOGIA DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS	
II.1 Revisión y análisis de la información hidrogeológicas y medio ambiental existente.....	
II.2 Trabajos de campo.....	
II.2.1 Localización y caracterización de los principales focos Contaminantes.....	
II.2.2 Muestreo.....	
II.3 Análisis físico-químico y bacteriológico de las muestras de aguas de consumo humano en la zona urbana del municipio de Moa.....	
CAPITULO III. PRESENTACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	
III.1 Incidencia de la calidad de las aguas sobre la salud humana.....	
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFIA	
RELACION DE ANEXOS GRÁFICOS	

RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados de la evaluación de las principales fuentes de agua de consumo en el municipio de Moa . Se localizaron los principales focos de contaminación y se realizó muestreo hidroquímico a los principales fuentes de abasto de agua para la ciudad: Pozos del complejo acuífero de los sedimentos aluviales, localizados en La Veguita, aguas de la planta potabilizadora de agua de la Empresa Ernesto Che Guevara y aguas subterráneas de los pozos criollos en diferentes repartos de la ciudad que son empleadas cuando existe déficit en la red de distribución.

Se evaluaron las principales características físico-químicas y con los resultados de los análisis representados en tablas, gráficos y mapas se clasificaron las aguas según diferentes autores utilizando las normas nacionales e internacionales para agua potable; Determinándose su grado de contaminación por elementos metálicos y elementos nitrogenados, además se realizaron analisis bacteriológicos en puntos representativos de la red de distribución y hay evidencias de contaminación, presencia de bacilos-coli x 100 ml de muestra , no existiendo calidad desde el punto de vista higiénico-sanitario según las concentraciones máximas deseables y permisibles para ser consumidas por la población , con posibles influencias sobre la salud humana. Se dan conclusiones y recomendaciones de interés.

INTRODUCCION

El agua no se encuentra en la naturaleza en su forma químicamente pura, compuesta solamente por moléculas de agua. Puesto que disuelve ávidamente a la mayoría de los compuestos sólidos, líquidos y gaseosos, en su forma natural se encuentran normalmente impregnadas en ellos. Esta característica es muy buena pues es precisamente el oxígeno disuelto el que permite la actividad acuática; los sólidos en solución modulan su actividad química y son aprovechados por los seres vivos. Es interesante hacer notar que el agua químicamente pura no es apropiada para la vida. Pero esta propiedad de disolver compuestos extraños a ella es la que provoca serios problemas de contaminación: los desechos industriales o domésticos incorporados a la masa de agua, llegan hacerla inadecuada y hasta peligrosa para la vida. Conocer los límites de impurezas que para cada uso pueden aceptarse y estudiar la manera de eliminarlos es una tarea de higiene extremadamente importante para conservar los recursos hídricos.

La contaminación de agua puede producirse por diversas índoles: Residuos sólidos, líquidos y gaseosos, sólidos en suspensión, materia tóxica, microorganismos infecciosos, desechos radiactivos, entre otros. Estas sustancias dan al agua propiedades indeseables, como corrosividad, toxicidad, incrustabilidad, mal olor, mal sabor y mala apariencia.

La disponibilidad de agua potable de buena calidad es un factor importante para preservar la salud de la población y son conocidas las epidemias causadas por la contaminación de las aguas que en el pasado diezmaron la población. Actualmente en la mayoría de los centros urbanos se controlan estos problemas, pero el creciente desarrollo de la sociedad hace aumentar continuamente la cantidad y tipos de fuentes.

Numerosos efluentes industriales, productos químicos arrastrados por la lluvias, erosión de los suelos contribuyen al igual que fuentes de origen natural a deteriorar la calidad de las aguas.

En el municipio de Moa existe un acelerado desarrollo de la industria del níquel junto a un aumento demográfico lo que trae consigo un crecimiento de los asentamientos poblacionales, el vertimiento descontrolado de residuales domésticos de diferentes naturaleza, la tala indiscriminada de los bosques, la aparición de áreas desprovistas de

vegetación y fundamentalmente el vertimiento de residuales sólidos, líquidos y gaseosos de los procesos metalúrgicos .

Por esta razón se realiza un estudio sobre el estado actual de la calidad del agua de consumo humano en la zona urbana de la ciudad de Moa. Para ello se realizó un muestreo hidroquímico a las aguas que sirven de abasto poblacional, para determinar los principales focos de contaminación y evaluar la calidad natural. Además de proponer un conjunto de medidas y recomendaciones para minimizar las afectaciones detectadas.

MARCO TEORICO

Para lograr una investigación exitosa y conocer los trabajos realizados en el mundo sobre esta temática es necesario la recopilación de la mayor cantidad de información sobre los estudios más relevantes desarrollados, hipótesis y metodologías establecidas en los últimos años, que permitan actualizar la temática con el objetivo de alcanzar mejores resultados y de conocer aspectos generales sobre los estudios de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.

Para ello es necesario establecer una serie de definiciones indispensables para realizar estudios sobre calidad y contaminación de aguas.

AGUA.

Sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeñas cantidades incolora, y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.

Al ser recurso imprescindible para la vida humana y para el desarrollo socioeconómico, industrial y agrícola, una contaminación a partir de cierto nivel cuantitativo o cualitativo, puede plantear un problema de Salud Pública.

El agua es uno de los elementos reguladores del equilibrio del sistema natural. Este sistema está determinado por las relaciones existentes entre la biosfera, la litosfera y la hidrosfera. El agua se mueve dentro del sistema natural tanto en los estados líquidos como sólido y gaseosos, en un ciclo permanente cuya relación es determinante para posibilitar la vida y por ende las actividades productivas del ser humano. El agua dentro del sistema ambiental global, integra un ciclo dinámico, que comprende los fenómenos de evaporación, condensación, congelación, fusión, así como los de precipitación, infiltración y escorrentía.

Calidad natural:

Es el conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta el agua tal y como la encontramos en estado natural, en los ríos, manantiales, en el mar, y en el subsuelo [19]. Entre estas características tenemos la temperatura, contenidos de microorganismos, gases disueltos, cantidad de sales en disolución.

Contaminación del agua.

Se define la contaminación del agua como el vertido en ella de productos diversos, de modo que el agua adquiere unas propiedades tóxicas para los seres que en ella habitan, y se convierte en no apta para el uso a la que la destina el hombre. Generalmente el agua se contamina debido a las actividades humanas.

Los agentes contaminantes del agua son del tipo biológico, químico y físico:

1- Contaminantes biológicos:

- Corresponden a desechos orgánicos, tales como la materia fecal y restos de alimentos.
- Llegan a los ríos, lagos o mares a través de los alcantarillados de las ciudades.
- Tienen la propiedad de fermentar, es decir, se descomponen utilizando el oxígeno disuelto del agua.
- Los desechos orgánicos de tipo biológico son de tipo biodegradables.
- Efectos de la contaminación biológica: cuando el ser humano se alimenta de cultivos regados con aguas que están contaminadas, puede contraer enfermedades de tipo gastrointestinales.

2- Contaminantes químicos:

- Son compuestos químicos, orgánicos e inorgánicos, que llegan al agua proveniente de las actividades domésticas, industriales y agropecuarias.
- Están formados por hidrocarburos derivados del petróleo, plaguicidas, aceites, detergentes,...
- No suelen ser biodegradables por lo que permanecen en el agua mucho tiempo después de su vertido.
- Efectos de la contaminación química: las aguas residuales que contienen sustancias tóxicas químicas, pueden introducirse en las cadenas alimentarias y llegar hasta el hombre a través de los alimentos.

3- Contaminantes físicos:

- También están formados por vertidos de líquidos calientes y sustancias radioactivas provenientes de hospitales, laboratorios y centrales nucleares
- Sedimentos

Son partículas de suelo o sólidos de basura que se acumulan en el fondo de depósitos o corrientes de agua. Otras partículas no forman sedimentos: flotan cerca de la superficie enturbiando el agua y obstaculizando la penetración de la luz. Como

la fotosíntesis llevada a cabo por algas y otras plantas requiere de esa luz, al no producirse la fotosíntesis, provoca el decaimiento no sólo de algas y plantas sino también de los organismos.

Si los sedimentos acarrean sustancias tóxicas, pueden producir, a través de las cadenas alimentarias, la muerte de organismos acuáticos.

Aspectos a considerar en la realización de un estudio de contaminación:

Fuentes y causas productoras de la contaminación:

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso del agua, una gran generación de residuos, de los cuales la mayoría de ellos van a parar al agua y sufren alteraciones en la calidad natural por la existencia de sustancias químicas y microorganismos procedentes de la actividad humana.

Contaminación de origen humano:

1. **Industrial:** Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes peligrosos, como son los metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales también existe y es significativa e importante.
2. **Natural:** Normalmente las fuentes naturales constituyentes son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución excepto en algunos lugares muy concretos. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y otros productos.
3. **Vertidos urbanos.** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, sales, ácidos, entre otros.
4. **Agricultura y ganadería.** Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las fuentes de aguas.

Mecanismos de introducción de los agentes contaminantes al flujo:

Agentes contaminantes incluyen los iones presentes cuando se encuentran en elevadas concentraciones, los metales pesados, las bacterias, los virus, los gases disueltos, los compuestos orgánicos, entre otros. Para el caso de las aguas superficiales, estos agentes inician su trayectoria en la superficie de la tierra y en dependencia de las características del relieve se incorporan a la fuente de agua superficial directamente; para las aguas subterráneas, estos agentes se infiltran de antemano y durante este proceso se ven sometidos a fenómenos químicos físicos y biológicos (intercambio iónico adsorción y otros) donde una buena parte de ellos pierde su superficialidad.

➤ Directa

Efectos que producen los elementos perjudiciales sobre las distintas aplicaciones útiles del agua subterráneas. Los efectos más importantes son los que pueden ocurrir sobre la salud humana. Las enfermedades transmitidas por el agua son las transmitidas por el “agua sucia” ,causadas por el agua que se ha contaminado con desechos humanos animales o químicos, donde los seres humanos pueden actuar de Huéspedes de bacterias, virus y protozoos que causan afectaciones a la salud..

Entre las enfermedades transmitidas por el agua contaminada se tienen: el cólera, la poliomielitis, hepatitis A y E, shigella, meningitis, la fiebre tifoidea.

Las sustancias tóxicas que llegan al agua producto de los desechos industriales son otra causa de enfermedades transmitida por el agua. Estos productos químicos, aún en bajas concentraciones, con el tiempo pueden acumularse y finalmente, causar enfermedades crónicas como el cáncer; la presencia de nitratos en concentraciones excesivas causan trastornos sanguíneos provocando la metahemoglobinemia (bloqueo de las moléculas de hemoglobina de los glóbulos rojos) también conocido como cianosis, pudiendo llegar a la asfixia del bebé.

➤ Prevención y lucha contra la contaminación.

Toda acción para el estudios de calidad de las aguas, o para luchar contra la contaminación, requiere de un conocimiento previo del problema, basado en la observación periódica de parámetros determinantes de la calidad y de las causas que lo modifican.

La vigilancia y el control de la calidad de las aguas puede definirse como un programa de observación continua científicamente diseñado incluyendo la toma de muestras y la

calidad, inventario de las causas potenciales y reales que producen cambios en la calidad y predicción de la naturaleza de los futuros cambios.

Estudios de calidad de las aguas subterráneas y superficiales desarrollados en Cuba y el mundo.

Autores plantean que la composición química de las aguas representa un reflejo de las condiciones naturales históricas definidas por todo un complejo de procesos ocurridos en la atmósfera, la superficie terrestre y en la hidrosfera subterránea.

Como fundamento para estos estudios se encuentran las investigaciones realizadas por E MARIOTE, EHALLEY Y P PERRAULT, expresando en el libro sobre el origen de los manantiales en 1674 en Francia, en el cual por primera vez de forma cuantitativa se estableció el ciclo hidrológico de la naturaleza.

En los últimos años debido al acelerado desarrollo industrial, el aumento demográfico y los cambios climáticos junto a las consecuencias que los mismos generan, afectación y deterioro cada vez más a escala internacional comienza a ser una gran preocupación la conservación y protección de los mismos. En Cuba se toman las primeras medidas respecto al desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente desde mediados de 1970 y en 1990 se consolida la cultura ambiental del país, es a partir de ese momento que se crea en 1976 la COMARNA, Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales.[7].

Posteriormente en 1992 Cuba participa en la Cumbre de la tierra actividades en las reuniones del comité preparatorio hasta su propio desarrollo.

En 1993 se realiza El Programa Nacional de Medio Ambiente y desarrollo, el comité ejecutivo del consejo de ministros aprueba el decreto ley No 138 de las Aguas Terrestres.

En 1994 fue creado el CITMA. Ministerio de Ciencia Tecnología y medio Ambiente. A partir de este momento el mismo rige la política ambiental del país.[7]. Ocurre además en 1995 la institución del sistema de Medio Ambiente creándose las unidades territoriales de control.

El escurrimiento anual o volumen medio de explotación en Cuba se calcula en 6457 m³/año lo que representa un aproximado cercano al 30 % de la disposición hídrica del país.[53].

El volumen de agua aprovechables representa el 56 % del potencial superficial total de la nación, el volumen total de agua aprovechable constituye el 96 % del potencial subterráneo y el 63 % de este se explota para abasto.

El potencial de agua aprovechable ha sido estimado 23 888 mm . m³/año de agua subterránea 6457 y superficial 31682 mm m³/año.

En Cuba se destinaron los estudios de contaminación por nitrato fundamentalmente realizados por Joaquín Gutiérrez y Leslie Molerio. [53].

En 1985 se confeccionó el mapa de calidad de las aguas de la República de Cuba en el mismo quedan establecidas los problemas de contaminación por nitrato y nitrato, se destacan Joaquín Gutiérrez y el Dr. Constantino de Miguel.

En los años 1980_1981 comienzan las primeras investigaciones sobre el deterioro de la calidad de las aguas producto a la influencia de la actividad minero metalúrgica. La destacada Ing. Adela Caridad Terrero Abella crea y dirige un grupo de investigación para el estudio de la hidroquímica en la zona y zonas aledañas con el objetivo de evaluar y controlar la contaminación de las aguas. Se han realizado diferentes estudios como

- "Calculo de reservas de las aguas subterráneas en las terrazas del Río Moa (1983) . [88].
- Evaluación hidroquímica e hidrogeológicas de las aguas subterráneas de las terrazas del Río Moa. 1992. [5].
- Estudio de la calidad de aguas superficiales, subterráneas y la erosión hídrica en la cuenca del Río Moa. 1993. [69].
- Estudio de Impacto Ambiental en el entorno de la Planta de níquel Pedro Soto Alba con propuestas de medidas preventivas y correctoras para minimizar la contaminación.1993. [71].
- Estudio preliminar de las características hidroquímica, hidrogeológicas y bacteriológicas de las aguas subterráneas en la Ciudad de Moa. [40].
- Posteriormente en el Año 1995 el grupo e investigación desarrolla un proyecto sobre "Evaluación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en el entorno de la futura planta de Níquel Las Camariocas, donde se establece la línea base sobre el estudio actual de los recursos hídricos allí localizados.
- En 1997 se realiza la valoración preliminar de la calidad de las aguas subterráneas en el área desde los indios hasta la Veguita. [49].

- En 1999 la Ms. Amparo Velásquez Velásquez en opción al título de Master en Protección del medio Ambiente. realiza un amplio estudio sobre la calidad natural de los recursos hídricos en el entorno de la zona minera de Moa, mostrando una panorámica general sobre el estado de la calidad de una parte considerable de los recursos hídricos localizados en la zona urbana y rural de municipio. [10].
- En el Año 2001 se realizó una reevaluación de las reservas de explotación de las aguas subterráneas de las terrazas del Río Moa.
- Estudio de la Calidad de las aguas de los pozos criollos en los repartos coloradas.. ISMM. Moa. 2001 y Caracterización físico – química de las aguas subterráneas que dan abasto a los repartos Haití chiquito, mangos y playa en la ciudad de Moa. 2001[68].

Tomando como referencias nuevas metodologías internacionales, nacionales como las planteadas en el Libro de hidrogeología subterráneas de Custodio y Llamas. [19,20,21]. Donde se trata sobre el origen de la composición de las aguas subterráneas, los factores que influyen y las causas que provocan contaminación, métodos de análisis, muestreo, formas de evaluar la calidad de las aguas subterráneas, normas vigentes nacionales e internacionales.

Además fueron revisados diferentes artículos del libro Electrónico Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente como:

- Origen de la contaminación de las aguas,
- Propiedades físicas y químicas de las aguas,
- Sustancias contaminantes del agua, origen, eutrofización, cuadro de enfermedades por patógenos.
- y otras páginas dependientes.

Fueron consultados algunos apuntes de hidrogeología que sirvieron para adquirir experiencia en el desarrollo de nuestro trabajo:

<http://plata.uda.cl/minas/apuntes/geología/hidrogeología/01000cont.htm>. pág diseñada por Joachin Zora. Dpto. de minas .Universidad de Atacama.

Además se consultaron temas del II Seminario del Taller Protección de Acuíferos frente a la Contaminación, característica y evaluación. Ciudad de la Habana abril 2002., como carga contaminante y peligro de las aguas subterráneas por Dr. Ricardo Arata .Instituto de geociencias. Universidad de Brasil. Sao Paulo.

FUNDAMENTACION CIENTIFICA DE LA INVESTIGACION

FORMULACION DEL PROBLEMA:

En las aguas de consumo humano del municipio Moa existe contaminación física-química y bacteriológica, motivada por la presencia de fuentes contaminantes de carácter antropogénico y natural lo que implica un riesgo para la salud del hombre.

OBJETIVOS GENERALES.

Caracterizar las condiciones físico-químicas y bacteriológicas de las aguas de consumo del municipio de Moa y su incidencia en la salud del hombre.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Identificar los focos contaminantes de las aguas de consumo humano.
2. Determinar la composición físico-química e higiénica sanitaria mediante el estudio de diferentes parámetros analíticos y su incidencia en la salud humana.
3. Proponer medidas preventivas y correctoras para minimizar la contaminación.

OBJETO DE ESTUDIO:

Las aguas superficiales y subterráneas de consumo humano de la ciudad de Moa.

DESCRIPCION DEL CONTEXTO A NIVEL LOCAL:

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Moa, perteneciente a la provincia de Holguín, Cuba.

En el mismo durante los últimos 50 años se ha evidenciado un desarrollo minero metalúrgico considerable debido a las grandes reservas ferroniquelíferas aquí localizadas, trayendo aparejado un incremento demográfico y una demanda superior de agua potable.

Las fuentes de aguas existentes carecen de la calidad necesaria, según las normas cubanas e internacionales para estos fines lo que exige de un estudio detallado y la toma de medidas inmediatas con el objetivo de minimizar y erradicar los daños.

JUSTIFICACIÓN:

La población urbana de Moa es abastecida de agua potable a partir de los recursos hídricos subterráneos y superficiales, representados por el complejo acuífero de los sedimentos aluviales y la Presa Nuevo Mundo.

En la actualidad se evidencian afectaciones a los recursos hídricos provocado por la actividad minero metalúrgica, con el vertimiento de residuales sólidos, líquidos y gaseosos que afectan en gran medida la calidad natural de las mismas, asociado además a la naturaleza del medio geológico que caracteriza el área de estudio.

HIPÓTESIS:

Debido al desarrollo industrial, a las reservas minerales y a la litología predominante que provocan afectaciones que alteran la calidad natural de las aguas y su utilización para consumo humano en la zona urbana del municipio de Moa, pudiendo incidir directamente sobre la salud de los consumidores y si se conocen las características físico-químicas y bacteriológicas y los focos contaminantes se puede pronosticar su grado de contaminación y tomar las medidas correctoras de higienización y recuperación para la protección de los consumidores.

Si se conocen las características físico-químicas y bacteriológicas y los focos contaminantes se puede pronosticar su grado de contaminación y tomar las medidas correctoras de higienización y recuperación para la protección de los consumidores

APLICABILIDAD DE LOS RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación serán aplicados por el gobierno del Municipio de Moa, el MINSAP y las diferentes Empresas interesados en conocer el estado actual de la calidad de las aguas, los posibles focos de contaminación y las medidas preventivas que conlleven a minimizar las incidencias negativas que trae consigo su contaminación. Además de servir como punto de partida para las futuras investigaciones.

CAPITULO I: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGION DE ESTUDIO.

I. 1 CARACTERISTICAS FISICO-GEOGRAFICAS DEL AREA DE ESTUDIO.

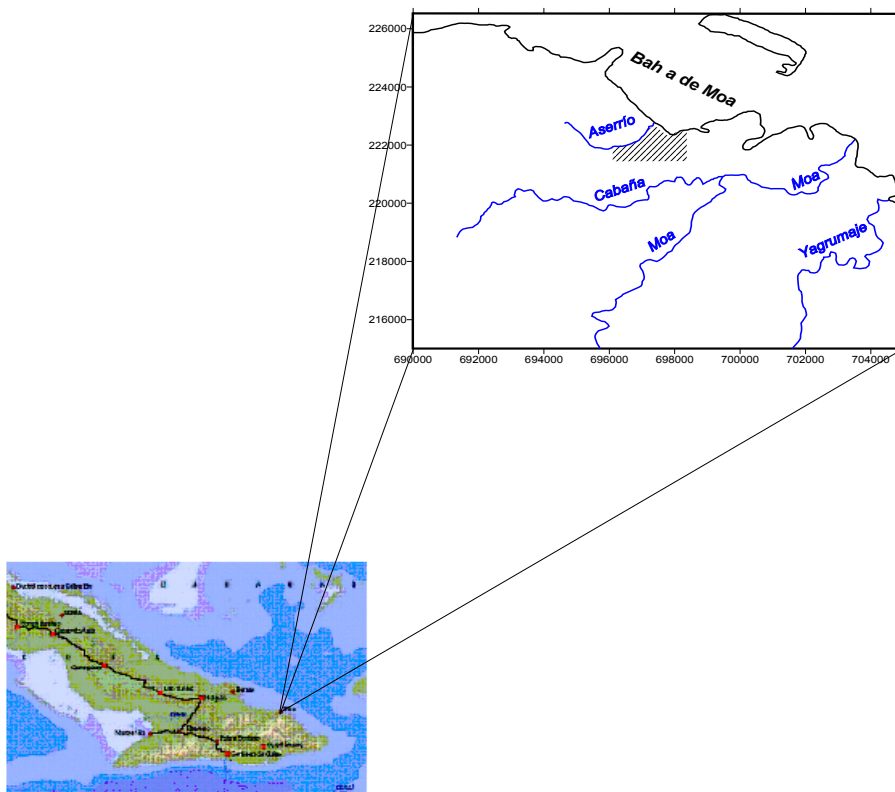
I.1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

El área de estudio se ubica en el municipio de Moa. Está limitada al Norte por la Bahía de Moa, al Sur con el municipio de Yateras (Guantánamo), al Este con el municipio de Baracoa y al Oeste con el municipio de Sagua de Tánamo. (mapa 1).

Abarca un área de 400 Km² y según el sistema de Lambert, se localiza entre las coordenadas:

X: 680.000-700 000

Y: 205 000-235 000



Mapa 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

I.1.2 CLIMA.

El clima es tropical húmedo y está influenciado por la orografía ya que las montañas del grupo Sagua - Baracoa sirven de pantalla a los alisios del noreste que descargan abundantes lluvias en la parte norte. La zona se encuentra bajo el régimen de brisas y terrales, así como los vientos gravitacionales que descienden siguiendo el curso de los ríos.

Los meses más cálidos son julio-septiembre con temperatura de hasta 30.5oC y los más fríos son enero y febrero con mínimas de 22-24oC.

La humedad relativa varía desde 60 % (julio 1993) hasta 87 % en octubre y diciembre.

Las precipitaciones son abundantes todo el año alcanzando 2000-2400 mm. El promedio de precipitación anual para la cuenca del Río Moa es de 1960.99 mm y la media mensual es de 146.7 mm. Moa es una de las zonas más húmedas de Cuba.

I.1.3. HIDROGRAFÍA.

La abundancia de precipitaciones, combinada con el relieve y las características del clima, favorece la existencia de una red hidrográfica bien desarrollada, fundamentalmente del tipo dendrítica, que corre de sur a norte, aunque en algunos casos se observa la red subparalela. Está representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se destacan: 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 la Bahía de Moa, 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 numerosos meandros, sus orillas son abruptas y erosionadas en las zonas montañosas, 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. Los mismos sobrepasan los 1.5 m/seg de velocidad y los gastos oscilan entre 100 y 200 l/seg algunos pueden tener gastos inferiores.

Podemos decir que el nivel de los ríos cambia en dependencia con 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 entre los meses de octubre a enero.

Para tener una idea daremos a conocer las características específicas de algunos ríos que conforman las reservas naturales del municipio y en particular los ríos que se encuentran en el área de estudio.

Río Aserrío.

Desemboca en la Bahía de Moa (Océano Atlántico) en forma de un pequeño delta, tiene de extensión aproximadamente 10Km, circula a través de la zona urbana de Moa, atravesando los repartos Caribe, Coloradas hasta el reparto La Playa. Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas, este río mantiene sus aguas durante todo el año; a lo largo de su cauce se observa que el mismo sirve de receptor natural a todos los vertidos de diferente naturaleza que el hombre realiza de forma indiscriminada, lo que deteriora la calidad de sus aguas totalmente. Se pudo apreciar que en él se vierten parte de los desechos de la ciudad, hay una gran cantidad de desperdicios (basura), a él van a parar todos los desagües tanto albañales como fecales de las casas cercanas; el río Aserrío se encuentra afectado fundamentalmente por el vertimiento de residuales domésticos (sólidos y líquidos); en la desembocadura hay gran cantidad de lodo negro pues se vierten además de basura, fecales de animales y petróleo. Estas aguas expiden olores desagradables y tienen un alto grado de turbidez,

Río Moa.

Nace en la cota 690 m y desemboca en la bahía de Moa, tiene aproximadamente 15.6 Km. de extensión y su cuenca un área de 139.5 Km²; Corre en dirección SW-NE. Se alimenta de diversos ríos arroyos y cañadas que bajan desde las regiones montañosas. los cuales Sus afluentes principales son los ríos Cabañas, Los Lirios y arroyos y al llegar a la zona de pie de monte forman terrazas. En su cauce presenta numerosos meandros. Su caudal en seca es de 0.4 m³/s y en época de lluvia alcanza 20 M³/S.

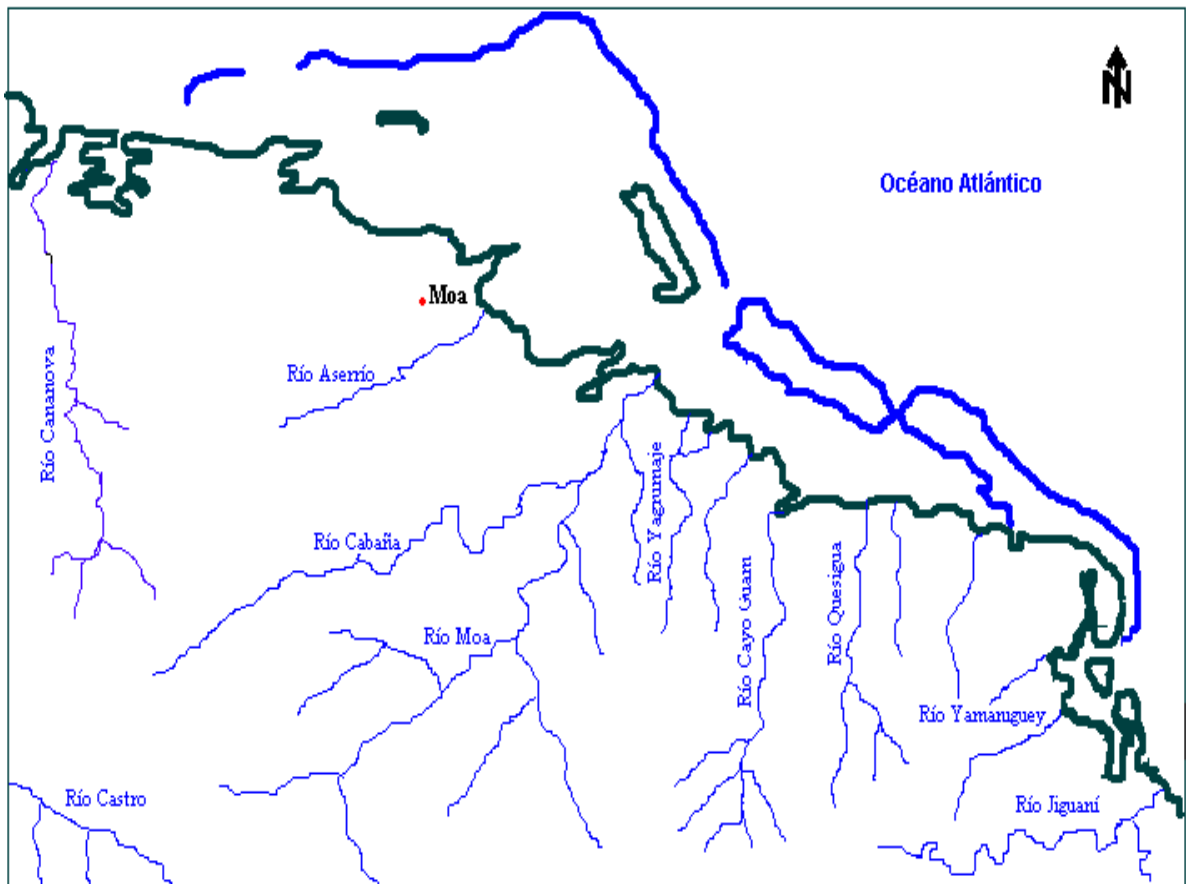
Actualmente su flujo está regulado primero por la presa nuevo mundo y posteriormente por la presa derivadora de Planta de agua perteneciente a la ECG. Este río recibe residuales de los terrenos minados debido a las presas de rechazo nueva y vieja. Al unirse con el Cabañas recibe la influencia del residual ácido WL de la fábrica Pedro Soto Alba y más

adelante recibe las descargas de sedimentos y aguas amoniacales de la fábrica Ernesto Che Guevara.

Río Cabañas.

Su formación parte de la cota 320 m, se une al río Moa y la 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 2 m de margen izquierdo. Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas.

Recibe su primer impacto tenogénico con las aguas del arroyo afluente la vieja que acarrea grandes cantidades de material articulado originado del escurrimiento de los frentes de minería de la Fábrica P.S.A cuyas características químicas son tales que ha eliminado la vida acuática en el resto del río.



Anexo 5: Mapa de Red Fluvial.

Leyenda

Escala 1: 10 000

• Zona Urbana

— Ríos

↑ Norte Geográfico

I.1.4. GEOMORFOLOGÍA.

El relieve predominante en la zona de estudio es montañoso, fundamentalmente hacia la parte Sur de la región donde es más accidentado, debido a la presencia de la cercanía de la Sierra de Moa que se extiende en dirección submeridional; hacia el Norte de la región el relieve se hace más moderado con cotas que oscilan entre los 40 y 50 m como máximo, disminuyendo gradualmente hacia la costa. Este relieve con grandes pendientes ha propiciado el arrastre de gran cantidad de cantos rodados, bloques, gravas y material areno arcilloso los cuales han ido depositándose en las zonas de menos pendiente. Se observan zonas del relieve aplanadas y suaves. Este relieve es de origen tectónico formado por grandes bloques que han sido desplazados, el cual se ha visto sometido a los

agentes de intemperismo, los cuales han ido desnudando y transformando la geomorfología del área.

Según la Dra. C Alina Rodríguez Infante en su trabajo Relieve y neotectónica de la región de Moa refiere que genéticamente el relieve de Moa y sus áreas adyacentes está clasificado dentro del tipo de Horst y los bloques anteriormente mencionados corresponden a los cuerpos de rocas ultrabásicas en la etapa neotectónica a lo largo de las dislocaciones antiguas y rupturas nuevas, poco o ligeramente diseccionadas como resultado de esta investigación se clasificó el relieve del territorio en dos tipos: Relieve de llanura y relieve de montaña.

El relieve de llanura se desarrolla en toda la parte Norte del área, la formación de estas llanuras está relacionada con la acción de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales. Por otra parte los sedimentos que se acumulan proceden 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.

En el relieve de llanura podemos destacar las llanuras fluviales, las mismas se clasifican en acumulativas y abrasivo - acumulativas esto está en dependencia del proceso que predomine en su morfogénesis, las mismas se pueden localizar en los valles de los ríos Cabañas, 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 removidos con frecuencia en los períodos de crecidas.

Toda la zona de relieve de llanura de edad cuaternaria no ha estado exenta de la acción de los procesos tectónicos, pudiendo notarse con facilidad en el mapa la existencia de fallas que cortan y desplazan el relieve.

El relieve de montaña es el más extendido dentro del área, los valores morfométricos así como la configuración de las elevaciones son extremadamente variables en dependencia de las características geológicas y el agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrollan así como el nivel isométrico que ocupa.

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 tiene un fuerte control estructural, lo cual hace susceptible que en determinados sectores existan deslizamientos y arrastres de suelos.

Existen otras dos formas del paisaje que a pesar de presentar origen antrópico debemos destacar, nos referimos a las zonas minadas, específicamente las escombreras, que crecen cada día con el avance de la actividad minera, constituyen sectores descubiertos y desmembrados que aceleran el proceso de formación de cárcavas, intensifican el arrastre de suelos con la ruptura del equilibrio fluvial y la acumulación anómada de sedimentos. La segunda forma se refiere a las presas de cola que son características del paisaje del municipio, las que degradan paulatinamente el medio físico. En la actualidad en Moa están afectados 20 Km. de su superficie por estos fenómenos, sin tener en cuenta el área afectada por la actividad constructiva. Estas formas de paisaje además de alterar morfológicamente la superficie, constituyen sectores de pérdidas de la cobertura vegetal lo que no solo rompe la continuidad del ciclo hidrológico sino que también facilita la acción del viento además de todos los daños que acarrea al sector social en general.

I.5 VEGETACIÓN

La región cuenta con un ecosistema variado donde se desarrollan siete formaciones vegetales naturales que ocupan alrededor del 90 % del área de estudio, entre las cuales podemos destacar el bosque tropical ombrofilo submontano, bosque tropical ambrofiloide de árboles latifolios y aciculifolios, bosque tropical ambrófilo aluvial, sempeavirente tropical xeromorfo espinoso, matorral tropical xenomorfo subespinoso, entre otros. La vegetación que estos suelos sustentan se mantienen por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollado.

Flora.

En el municipio de Moa tenemos una situación particular, siendo la vegetación del mismo muy característica. 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 ha 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 desarrollado, predominando el *Pinus Cubensis* y plantas latifodias, endémicas

de la región. 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) y Arthrostylidium ssp (Tibisí). 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. De estas especies 17 son exclusivas de Moa, 5 en peligro de extinción y 20 vulnerables a la desaparición. 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 y se implanta sobre cortezas lateríticas.

Fauna.

La fauna, presenta heterogeneidad y abundancia de especies raras con características peculiares desde las pequeñas Microrrisas hasta el Cocosí, además de poder contar con la vistosa Cotorra, la Cartacuba, el Ruiseñor, el Catey, el Zonzón, el Murciélago, el Colibrí, entre otros que corresponden a los grupos característicos de muchos bosques de nuestro país. 104 se reportan como endémicas, 17 son exclusivas de Moa y 13 vulnerables a desaparecer.

Refiriéndonos a la fauna edáfica, se puede señalar que su densidad y abundancia se encuentra en las áreas de los bosques bajos, principalmente compuestos por Pinos. Los Ácaros y Caémbolos 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 investigadores en cuanto a que la abundancia y diversidad de la fauna depende de la diversidad y riqueza de las especies de vegetación.

I.1.6. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.

En Moa se encuentran las mas importantes industrias del país: La industrias del Níquel.

El proceso de extracción del níquel constituye la principal actividad económica de la región y mas del 50 % de la población del municipio labora en las industrias metalúrgicas Pedro Soto Alba y Empresa Che Guevara.

La industria de materiales de la construcción explota como áridos los cuerpos de ultrabasitas y gabroides que se encuentran dentro de la región.

Además existen otras entidades tales como: La Empresa Mecánica del Níquel, la Empresa Constructora y Reparadora de Industrias del Níquel (ECRIN) y el Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONÍQUEL), 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 planta de beneficio de Cayo Guam. En Cayo Moa Grande se encuentra una barrera de arrecifes cuyos corales son extraídos y utilizados como materia prima en el proceso están enmarcadas la Presa Nuevo Mundo, el Tejar, el Combinado Lácteo 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, 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 79 000 habitantes; cuenta con dos hospitales, dos hoteles, instituciones para la enseñanza primaria, media, preuniversitaria y universitaria, un aeropuerto nacional, terminal de ómnibus y un puerto para el embarque de los productos obtenidos en las empresas de níquel y en las plantas beneficiadoras de cromo.

I.1.7. SISTEMA TECNOLÓGICO DE CAPTACIÓN DE AGUA

El municipio de Moa cuenta con una amplia red hidrográfica y varios complejos acuíferos, de su totalidad no todos están en explotación

La población urbana cuenta con dos fuentes fundamentales de abasto: Las aguas de la Presa Nuevo Mundo son tratadas en la Planta Potabilizadora de la ECG y abastece a las dos fabricas procesadoras de Ni, y a una parte de la población urbana de la ciudad y las aguas subterráneas de las terrazas del Río Moa donde se localizan 5 pozos hidrogeológicos con gastos de 49,50, 56, 60,-85 l/s, de ellos actualmente solo tres se encuentran en explotación, (pozos:49,50, 51).

I.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS E HIDROGEOLOGICAS REGIONALES.

I.2.1 Características geológicas regionales.

La geología de la región 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 lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas basadas en criterios y parámetros específicos según el objetivo de la investigación realizada por Rodríguez infante Alina en su tesis doctoral [47]

El macizo Moa-Baracoa se localiza en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa, ocupando un área aproximada de 1500 km representando un gran desarrollo de los complejos ultramáfico, de gabros y volcano-sedimentario mientras que el complejo de diques de diabasas esta muy mal representado, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del sistema cumulativo Se estima un espesor de aproximadamente 1000 metros para el complejo ultramáfico y 500 m para el de gabros, mientras que para el complejo volcano-sediementario se ha estimado un espesor de 1000 metros.

El complejo de las rocas ultrabásicas aflora en toda la porción central y meridional del área y esta constituido predominantemente por harzburgitas subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentización variable a sistemática asumida por cada uno de los trabajos antes referidos de forma sintética en la tabla 1.

Tabla.1. Litologías presentes en el área de estudio según Quintas F.,1989 e Iturralde-Vinent,1996.

Litología.	Asociaciones Estructuro Formacionales F.Quintas,1989	Elementos Estructurales Iturralde-Vinent,1996
-------------------	---	---

Rocas ultrabásicas serpentinizadas y complejo básico	AEF de la antigua corteza oceánica	Ofiolitas septentrionales	Unidades oceánicas	Cinturón plegado
F.M Quibiján	AEF del Arco Volcánico del cretácico	Arco Volcánico del Cretácico		
Fm Santo Domingo				
Fm La picota	AEF cuencas superpuestas al arco volcánico del Cretácico	Cuencas piggy-back 1ra Generación		
Fm. Micara				
Fm. Sabaneta	Arco Volcánico del Paleógeno Arco Volcanico del Paleogeno	Arco de islas Volcánico del Paleógeno		
Fm. Capiro	Cuenca superpuestas de la etapa plataformica	Cuencas piggy-back 2da Generación		
Fm. Majimiana Fm. Júcaro Depósitos cuaternarios.	Secuencia terrígeno-carbonatadas de la etapa de desarrollo platafórmico.	NEO AUTOCTONO		

El Dr. C Quintas Caballero en su tesis doctoral desarrolla estas clasificaciones geológicas de carácter regional la cual incluye en esencia ocho asociaciones estructuro – formacionales debido a que éstas son las que forman parte de nuestro sector de estudio. (tabla 1)

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 neoaútctono. 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, del jurásico superior al cretácico inferior, las cuales no aparecen representadas en el área de esta investigación.

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 neoaútctono 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 serpentizadas 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 troctolitas, 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 bandeados y masivos, 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.

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.

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.

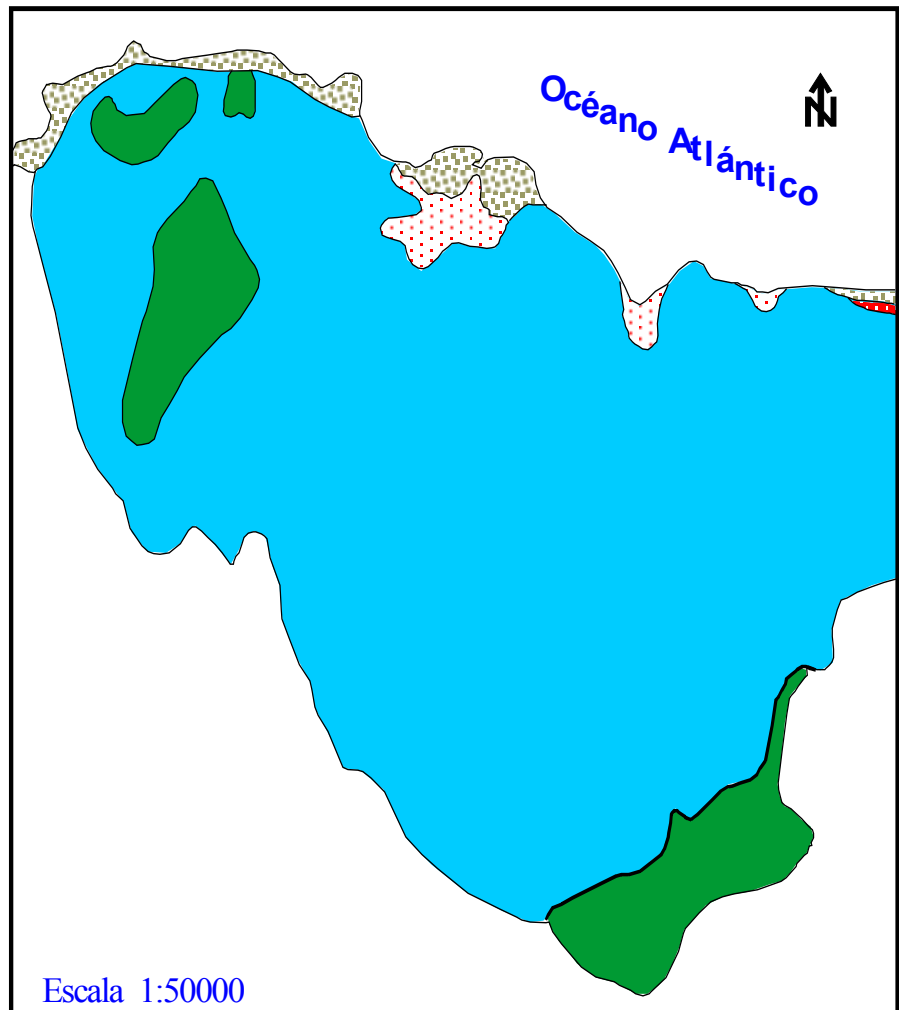
Formación Majimiana.

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. Mapa 3.

I.2.2 Características hidrogeológicas regionales.






En esta región las condiciones hidrogeológicas se basan en las particularidades geológicas, geomorfológicas, climatológicas, hidrológicas y de yacencia de las rocas.

En esta región y en el área de estudio son abundantes las precipitaciones atmosféricas, de las cuales una parte se evapora y la otra ingresa al escurrimiento superficial y a la alimentación del manto acuífero. Teniendo en cuenta los tipos de rocas presentes en la región y en el área de estudio así como su capacidad de almacenar las aguas subterráneas en mayor o menor grado, se determinó de forma general para el área de estudio y para la región la presencia de cinco complejos acuíferos. (mapa 4)



Mapa 4. Complejos Acuíferos de la Región de Moa

Leyenda.

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

- 1. Complejo acuífero de las ofiolitas.**
- 2. Complejo acuífero de los sedimentos costeros.**
- 3. Complejo acuífero de las lateritas.**
- 4. Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos carbonatados.**
- 5. Complejo acuífero de los sedimentos aluviales.**

- **Complejo Acuífero de las ofiolitas.**

Se extiende en dirección Noreste-Sureste, al Oeste del río de 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 hasta 12m. El coeficiente de filtración (K) está comprendido entre valores menores de 1 a 14.7 m/día, el gasto de aforo (Q) entre 1.2 - 4 L/seg. Según la clasificación de Kurlov y Aliokin las aguas son del tipo Hidrocarbonatadas-Clóricas-Sódicas.

- **Complejo acuífero de los sedimentos costeros.**

Se extiende por casi todo el norte del área, formando una franja estrecha de 1 a 2 Km. de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 a 2 m sobre el nivel del mar. Su edad es cuaternaria, litológicamente está constituida por depósitos arcillosos con fragmentos angulosos de composición variada. Las rocas acuíferas son calizas organógenas, en menor grado sedimentos no consolidados y depósitos arcillo-arenoso con fragmento en forma de ángulos de composición múltiple. La profundidad de yacencia varía en rango de 1 a 5 m. El coeficiente de filtración puede alcanzar valores aproximados de hasta 64.4 m/día, el gasto de aforo es de aproximadamente 14 L/seg. Los tipos de agua predominantes son de grietas y cársicas y en algunos casos intersticiales. En su mayoría tienen interrelación hidráulica con las aguas de mar, según Kurlov por su composición química son Cloruradas-Hidrocarbonatadas-Sódicas-Cálcicas y según Aliokin son Cloruradas-Sódicas.

- **Complejo acuíferos de las lateritas.**

Se extiende por casi toda la zona ocupando gran parte del área. Litológicamente está constituida por potentes cortezas de intemperismo. Este complejo representa más bien un acuitardo, debido al predominio de aguas capilares y de potencias considerables de lateritas, que alcanzan valores de 30m, con un marcado desarrollo de los procesos de capilaridad, donde los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar más de 20m. La fuente de alimentación principal de esta agua son las precipitaciones atmosféricas. Por su composición química son aguas Hidrocarbonatadas-Magnésicas y Sódicas de baja mineralización.

- **Complejo acuíferos de los sedimentos terrígenos carbonatados.**

Está formado por margas estratificadas, calizas compactas, depósitos brechosos, de carácter tanto tectónico como sedimentario, aleurolitas y conglomerados. Las rocas acuíferas están constituidas por conglomerados brechosos y las calizas en menor proporción, las margas estratificadas.

- **Complejo acuíferos 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 los afluentes. Se encuentra constituido por gravas, arenas, cantos rodados, arenas arcillosas con una potencia de 15m 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/seg. La profundidad de yacencia de esta agua es pequeña, con valores comprendidos entre los 1 y 5m, según las clasificaciones de Kurlov y Aliokin, estas son denominadas además Hidrocarbonatadas-Magnésicas.

La macroestructura presente en la región, según el Dr. Constantino de Miguel, es un macizo hidrogeológico (H.M) - representa la salida de las rocas del fundamento (o basamento) a la superficie, las mismas pueden estar cubiertas por rocas del Cuaternario. Las rocas que forman estos macizos predominantemente corresponden al Paleógeno Inferior y al Cretácico.

M. H. Nipe-Baracoa- Este macizo se encuentra al Este de la parte central de la Cuenca artesiana Nipe y al Sur del extremo Este de esta cuenca, ocupando un área de unos 2 300 km²; este macizo hidrogeológico se encuentra en la vertiente Norte de la ciudad de Moa (región de estudio).

Este macizo está formado por rocas del Cretácico y Paleógeno, muy plegado y representado por un macizo montañoso muy desarticulado.

En el complejo de rocas que forman este macizo se encuentran rocas de la asociación ofiolítica mesozoica, donde predominan las serpentinitas, harzburgitas y dunitas serpentinizadas, gran desarrollo tiene también las tobas y calizas. En este tipo de rocas predominan las aguas de grietas y filoneas, con mayor desarrollo en la corteza de intemperismo y en zonas de fallas y sus proximidades, predominando las aguas freáticas, con presiones locales en zonas de fallas.

En todo el macizo predominan transmisividades menores de 100m.²/día, teniéndose que solo en zonas de fallas, en zonas de calizas y en pequeñas terrazas de los ríos que surcan el macizo (por cauces de origen tectónico-ríos, Moa, Yagrumaje y otros), pueden encontrarse rocas y sedimentos con transmisividad superiores incluso a los 5 000 m²/día.

En el macizo predominan los acuíferos formados por las zonas de intemperismo, por lo que la potencia de los mismos muy pocas veces supera los 20 m.

La dirección del flujo subterráneo de forma general es hacia el Norte, aunque debido al relieve del terreno existen desviaciones locales, principalmente hacia los cauces de los ríos, que sirven de drenaje a las rocas acuíferas de este macizo.

Dentro del M.H. Nipe-Baracoa, existen yacimientos de aguas subterráneas, los cuales en proceso de explotación pueden aportar grandes volúmenes (gastos), estos yacimientos están relacionados con terrazas de ríos donde predominan sedimentos de fracciones gruesas- arenas, gravas y cantos rodados (ríos Moa y otros), esta condición la favorece el gran escurrimiento de estos ríos, ya que este territorio representa ser el de mayores precipitaciones (lluvias) en la Isla.

1.2.3 Características geológicas hidrogeológicas del área de estudio.

En el área estudiada se pueden identificar varios sistemas de acuíferos. Los más importantes son por su desarrollo y extracción arial son el sistema de acuíferos de los

Sedimentos Aluviales, Complejo Acuífero de las Lateritas y el Complejo Acuífero de las Afiolitas, Complejo Acuífero de los Sedimentos Costeros.

Los mangos, Joselillo y Haití chiquito pertenecen al complejo acuífero de los sedimentos lateríticos, Litológicamente está constituido por potentes cortezas de interperismo formadas por la acción de diferentes agentes por las rocas ultrabásicas. Las aguas subterráneas de este complejo son freáticas de circulación pocas profundas, las más abundantes son las del primer horizonte acuífero cuya distribución es regularmente en la zona de contacto entre las serpentinas trituradas y desintegradas y las lateritas. Los niveles de las aguas subterráneas no son muy variables, La infiltración es rápida, favorecida por la alta permeabilidad por la porosidad del material, la mayor acuosidad ocurre hacia la base de contacto con la serpentinita. Este horizonte acuífero mantiene un activo intercambio en el desarrollo de las rocas subyacentes. Las reservas dinámicas de estos acuíferos desarrollados en los horizontes superiores descargan hacia la red fluvial en forma de manantiales. Los horizontes mas profundos frecuentemente en forma de bolsones, están en directa interacción con el complejo acuífero subyacente.

El complejo acuífero de los sedimentos costeros, según Ing. Ivet Chacón Matos, comprende el área de estudio de los repartos Las Coloradas, La Playa y Pueblo Nuevo desde el punto de vista geológico esta constituido por calizas calcificadas y depósitos arcillosos arenosos con fragmentos angulosos de composición variada. Las aguas de este complejo son clasificadas como de grietas cársicas. En esta zona el agua no está salinizada ya que el avance de la interfase salina es lento. La profundidad de yacencia de estos repartos no es variable, sus niveles oscilan entre 0.5 y 0.9 m, observándose de forma general que hacia toda esta parte baja del relieve esta agua se encuentra mas cerca de la superficie; esto confirma en gran medida el alto grado de saturación que presentan los servicios costeros La fuente fundamental de ese acuífero lo constituyen las precipitaciones atmosféricas.

Complejo acuífero de las ofiolitas:

Litológicamente está formado por serpentinitas con diferentes grados de alteración, su profundidad de yacencia varía de 1-15 m a la base del sector industrial del dique de colas, 10-12 m bajo los espesores de colas y hasta 21 m y más en el área del acuífero La Veguita, donde subyacen las secuencias aluviales de este acuífero. Su alimentación ocurre por las precipitaciones atmosféricas y en menor grado de acuíferos suprayacentes. En el

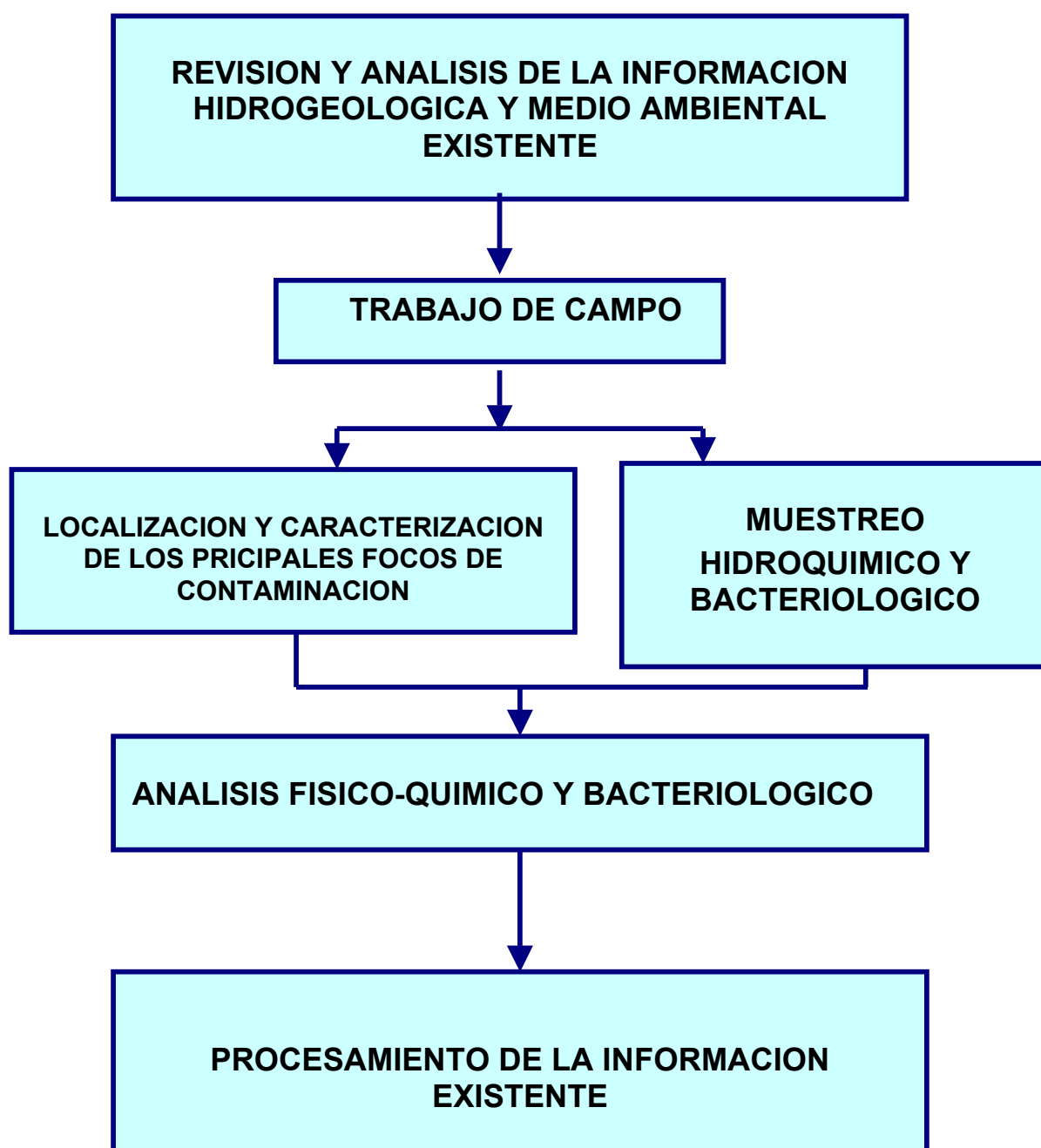
área de estudio este complejo lo integran serpentinitas muy alteradas, disgregadas y muy descompuestas que dan lugar a horizontes de una arcilla muy plástica de colores variables, desde el gris verdoso, hasta el crema, típicos de condiciones genéticas de muy alta humedad que transicionan en algunas partes del perfil a ocre estructurales con fragmentos de rocas propias de condiciones de formación mas secos en otros sitios a serpentinitas disgregadas con conchas marinas. Este complejo subyace directamente a las secuencias del complejo acuífero de los sedimentos aluviales (ocres de distintas granulometrías, desde muy finas hasta grandes cantos rodados, arenas arcillosas y arcillas arenosas) en el área del acuífero aluvial de La Veguita.

Complejo acuífero de los sedimentos aluviales:

Esta compuesto por depósitos aluviales de canos rodados, arenas arcillosa y arcillas arenosas con una potencia que fluctúa en función de su posición con respecto al cauce del río Moa de 0- 22 m a los que subyacen espesores variables de suelos aluviales. Posen una alta capacidad acuífera presentando permeabilidad por intersticios La fuente fundamental de alimentación son las aguas fluviales con las que mantiene una estrecha relación hidráulica aunque también resultan evidentes los aportes procedentes de los acuíferos desarrollados en la zona de las terrazas adyacentes que se incrementan en ocasión de intensas lluvias. Las aguas de este sistema tienen una yacencia del tipo freática, los flujos fundamentalmente desde y hasta el río en función del régimen pluvial. El coeficiente de filtración es alto de 15-30 m por día.

CAPITULO II. VOLUMEN Y METODOLOGIA DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS.

Para una eficaz y óptima investigación sobre la calidad físico- química y bacteriológica de las aguas de consumo en la zona urbana de la Ciudad de Moa, se ha concebido y desarrollado la siguiente metodología:



1. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE.

La revisión bibliografía constituye la etapa previa de toda investigación, en la misma se recopila y revisa toda la información sobre el área de los trabajos. En la presente investigación se consultaron todos los informes existentes analizando las características geológicas, hidrogeológicas, hidroquímicas, bacteriológicas, geomorfológicas y medioambientales de la región de estudio. También se consultó la bibliografía especializada nacional e internacional sobre estudios de contaminación de aguas subterráneas y superficiales, control y análisis de aguas de consumo humano, así como las exigencias y normas establecidas para el estudio de las aguas de abasto poblacional, lo cual permitió establecer el marco teórico y conceptual de la investigación.

2.1 TRABAJOS DE CAMPO.

Localización y caracterización de los focos contaminantes.

La investigación se realizó a través de seis marchas rutas y varios recorridos para valorar la zona de estudio. Durante el levantamiento 1:25000 se detectaron y caracterizaron los principales focos de contaminación que afectan la calidad físico química y bacteriológica de las aguas subterráneas y superficiales en el área de estudio, los cuales se exponen a continuación:

1.- Los residuos líquidos (licor residual WL), producto de la tecnología de lixiviación ácida de la Empresa Pedro Soto Alba se vierten directamente al río Cabañas. Diariamente la industria trabajando a plena capacidad produce un volumen de licor residual de 12000 m³. Según reconocimiento ambiental ejecutado por CESIGMA (1995) en el territorio, se plantea el impacto negativo que tiene esta actividad sobre el medio ambiente.

2.- Referente a los residuales sólidos (las colas) se produce un volumen de 4000 Ton/día con contenidos de Ni (0.008%), Co(0.011%), Cu(0.004%), Mg(0.044%). Estas colas son depositadas en zonas aledañas a la industria (presas de colas), lo que implica una afectación al medio por la contaminación que le provoca al medio natural (aire, agua, suelo) y el impacto negativo que le ocasiona al paisaje al aumentar las zonas descubiertas existentes en el municipio:

- ❖ En un área inmediata a la margen oriental del río Moa se almacenan millones de toneladas de desechos en un área de 10 Km² donde se vierten desechos industriales, metales, ladrillos refractarios, producto de la limpieza de los sedimentadores y canalizaciones. Además, este entorno se ve afectado por la contaminación provocada por el abandono de las operaciones mineras que trae consecuencias desfavorables a los sistemas hidrológicos e hidrogeológicos; los que se agudizan con el derivado de escombreras, y que perduran a corto y largo plazo tras el abandono de las labores mineras.[88]
- ❖ En la zona urbana se detectaron afectaciones al medio provocadas por el vertimiento de residuales sólidos y líquidos, aguas albañales de forma indiscriminada sobre la superficie del suelo lo cual incorpora contaminantes tanto al subsuelo como al manto acuífero.

2. MUESTREO

Es importante tener en cuenta que el resultado de un análisis depende de la forma y el lugar en donde se toma la muestra, por lo que para garantizar la confiabilidad e imparcialidad de los mismos, es necesario e importante la seguridad, control y calidad con que se preserven y transporten las muestras al laboratorio. La cantidad de muestras, el tipo de envase empleado para tomar la muestra, así como la preservación de la misma, depende del parámetro que se desee analizar. (Tabla 2).

No se necesita preservante, si las muestras llegan al laboratorio en 6 horas ó antes. Para los análisis indicados en la Tabla 2 se necesita como mínimo 1 litro de agua. El frasco que se utilice para tener la muestra debe ser nuevo, o lavado con ácido clorhídrico y luego con agua destilada.

d = días	Prot. Luz = Protegido de la Luz	Car. = Carbonatos
h = horas	Refr. = Refrigeración	Bi. = Bicarbonatos
min.=minutos	Vid. = Vidrio	Al.= Tapa con papel aluminio
Plast.=Plástico	T. = Total	Prot. Luz = Protegido de la Luz
Poli=	Vid. = Vidrio	* = Lavado con KH ₂ PO ₄

Polietileno		0.03N
-------------	--	-------

PARAMETRO	TIPO DE FRASCOS	AMBIENTE DE PRESERVACIÓN	
pH	Plástico o vidrio	Refrigeración	in situ
Turbiedad	Plástico o vidrio	Ref. y Prot. Luz	24 h
Temperatura	—	Ref. y Prot. Luz	in situ en
Cloro Residual	Plástico o vidrio	Ref. y Prot. Luz	inmediato
Alcalinidad: T, Car.Bi.	Plástico o vidrio	Ref. y Prot. Luz	lo más pronto
Cloruros	Plástico o vidrio	Refrigeración	—
Color	Plástico o vidrio	Ref. y Prot. Luz	48 h
DQO	Vidrio ó Polietileno	Refr., Prot.Luz	24 h +
Dureza	Plástico o vidrio	Ref. y Prot. Luz	48 h
Sulfatos	Plástico o vidrio	Refrigeración	28 d
Sólidos	Plástico o vidrio	Refrigeración	7 d
Nitritos	Plástico o vidrio	Refrigeración	lo más pronto
Nitratos	Plástico o vidrio	Refrigeración	lo más pronto
Bacilo coli	Plástico o vidrio	Refrigeración	3 h
Coliformes Fecales	Plástico o vidrio	Refrigeración	3 h
N amoniacal	Plástico o vidrio	Refr. y	7 d

Tabla 2. Condiciones de muestreo para aguas potables

Existe un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de diferentes maneras. La más usada es agruparlos de la siguiente manera:

1. Microorganismos patógenos. Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la

salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

2. **Desechos orgánicos.** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno)

3. **Sustancias químicas inorgánicas.** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

4. Nutrientes vegetales inorgánicos. **Nitratos** y **fosfatos** son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

- **Compuestos orgánicos.**

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergente, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

- **Sedimentos y materiales suspendidos.**

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que existen en suspensión en las aguas, constituyen en términos de masa

total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en la misma dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.

En esta etapa se analizaron y muestrearon 29 pozos criollos de los repartos en la zona urbana: Las Coloradas 12 pozos (C4, C7, C10, C11, C19, C20, C24, C26, C27, C28, C29, C35), La Playa 10 pozos (P12, P6, P20, P2, P9, P23, P41, P24, P40, P28), 3 pozos Mangos (M 45, M 47, M 54), Pueblo Nuevo 3 pozos (PN 49, PN 15, PN 6), y José Lillo; Los cinco pozos del complejo acuífero de la Veguita (P49, P50, P51, P52, P53) en cuatro campañas de muestreo (1996-2003) para un total de 25 muestras, además 5 muestras de aguas superficiales, 1 de la Presa Nuevo Mundo, 1 muestra de agua cruda y una filtrada en el proceso de potabilización en dos campañas de muestreo Noviembre 2002-Mayo 2003.

Se realizó muestreo para análisis bacteriológico de algunos pozos criollos, las demás muestras que se analizaron los resultados fueron tomados por los controles del Departamento de Higiene y Epidemiología del municipio.

A cada uno de los pozos criollos se realizaron las mediciones correspondientes: diámetro del pozo, profundidad del pozo, profundidad del nivel estático, cota del terreno, cota del nivel estático, se tuvo en cuenta si los pozos tenían encamisado, en caso de presentar se especifico el material, si se encuentran tapados, si existe presencia de focos contaminantes presencia de focos contaminantes así como la distancia del contaminante hasta el pozo y sus coordenadas x, y de cada uno de los pozos. Posteriormente se calculó por la fórmula correspondiente la cota del terreno y la cota del nivel estático.

♣ Cota del terreno

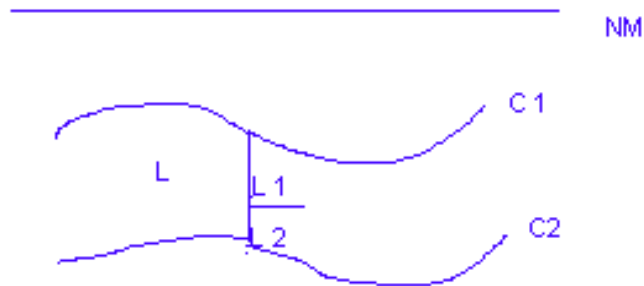


Fig.1 Esquema para determinar los elementos para calcular la cota del terreno.

$$X = C_1 + (C_2 - C_1 / L) * L_1 \quad \text{Fórmula 1}$$

Donde:

X - Cota del terreno

C₁ - Isolínea de menor cota.

C₂ - Isolínea de mayor cota.

L₁ - Distancia del pozo a la isolínea de menor cota.

L₂ - Distancia del pozo a la cota mayor

L - Distancia entre cotas

♣ Cota del nivel estático

Fórmula 2

$$\text{Cota del NE} = \text{Cota del terreno} - \text{Profundidad del NE}$$

- Cota del terreno: Se calcula por la fórmula 1 y se determina por mediciones en el mapa.
- Profundidad del NE: Se determina por mediciones en el terreno (va a ser la distancia que hay del nivel del agua hasta la superficie)

4. TRABAJOS DE LABORATORIO.

Se realiza con el objetivo de valorar los diferentes parámetros físicos-químicos del agua sobre la base del muestreo hidroquímico.

Las muestras fueron tomadas en el horario establecido según las normas antes de las 10 de la mañana, en envases plásticos con su respectiva codificación y posteriormente fueron llevadas al laboratorio para tratarse con HNO₃ concentrado. Se determinaron los parámetros de Temperatura, pH, conductividad y salinidad in situ; se analizaron los elementos pesados por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los análisis físicos y químicos fueron realizados según la metodología del Método Estándar Internacional.

Otros parámetros importantes determinados a las muestras son: la temperatura del agua, que se mide en el momento del muestreo y se expresa en °C; la conductividad eléctrica que es la cantidad de sales en la solución, su unidad de medida es $\mu\text{S}/\text{cm}$ ("microsiemens /centímetro-1"), la cual tiene relación proporcional con los sólidos disueltos y varía con la temperatura por lo que siempre se calcula a 25 °C; el pH se mide in situ y en el laboratorio. Normalmente se emplea una sonda que mide la concentración de H₃O⁺ en forma electromagnética para calcular el pH.

Debe señalarse la importancia que tiene para una investigación de calidad del agua de consumo la determinación de las propiedades físico químicas de la misma pues ellas encierran una valiosa información que permite al investigador cumplir con éxito el objetivo que se propone; por ello el conocimiento de la sílice permite valorar el origen del agua expresándose en Si, SiO₂ ó H₂SiO₃; la dureza, describe la concentración de algunos iones definidos en el agua, su determinación permite una clasificación simple en tipos de agua. Se conoce la dureza de carbonatos (la concentración de carbonatos en el agua), la dureza de no-carbonatos (sulfatos sobre todo; la dureza de no-carbonatos se llama también dureza permanente) y la dureza total (es la suma de la dureza magnesio y calcio); la determinación de iones, el contenido de todos los aniones y cationes se expresa siempre en forma de iones, no en forma de óxidos, sal u otra. Los iones determinados en el análisis químico permiten conocer el fondo hidroquímico (concentración expresada en mg/l, mg.eq./l) cationes (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, NH₄⁺) ; y aniones (HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻ y NO₂⁻).

Con el objetivo de conocer los macro y micro-componentes más comunes contenidos en las aguas estudiadas se tomaron un total de 60 muestras. A todas ellas se les determinó el pH, conductividad, turbidez, salinidad, STD y color, además se establecen los contenidos de materia orgánica, residuo seco, mineralización, grado de contaminación salina, la dureza total, así como algunos elementos pesados tales como: Ni, Co, Mn, Cu, Zn, Cr⁶⁺, y el SiO₂, entre otros. Se efectuó además análisis bacteriológico para determinar los coliformes fecales y totales presentes y valorar su uso desde el punto de vista higiénico sanitario.

Para la realización de este conjunto de análisis se emplearon equipos instrumentales con una alta precisión en los resultados, los cuales se mencionan a continuación:

- Para las determinaciones relacionadas con la conductividad, salinidad y sólidos totales disueltos se empleó el conductímetro WTWLF – 330UNICAM.
- Determinaciones de pH, el potenciómetro WTW UNICAM.
- Por el método de Análisis Colorimétrico fueron determinados el color, la turbidez, Cr⁶⁺, SiO₂, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄⁻, Fe, apoyándose en el espectrofotómetro DR – 2000 y el espectrofotómetro ultravioleta visible Helios λ UNICAM.
- Para las determinaciones del Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, CO₃⁻, HCO₃⁻ y los restantes elementos se empleó el método de valoración volumétrica, determinándose el residuo seco por el método gravimétrico.
- Los elementos pesados Ni, Co, Cu, Zn, Na⁺ y K⁺, etc. fueron determinados por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

A partir de los resultados obtenidos en el laboratorio se procesó la información mediante metodologías existentes al efecto que permitieron la clasificación de las aguas según diferentes autores; así como el empleo de diferentes softwares que permitieron cumplir el objetivo, por ejemplo:

El Microsoft Word, se utilizó para la confección y configuración del informe de la investigación. El Surfer en su versión 8.0 que es el encargado de todo lo que corresponde a generación de mapas, complejos acuíferos, ubicación geográfica, focos contaminantes,

entre otros. Se empleo el Microsoft Excel en la realización de las tablas que definen las características específicas de cada muestra y de cada punto contaminante.

Se expresaron los resultados de los análisis físico-químicos obtenidos en el laboratorio en mg/l y mg-eq/l . La interpretación de los análisis físico -químicos se puede simplificar con el manejo de gráficas, diagramas y diferentes clasificaciones, principalmente cuando se realizan comparaciones entre varias muestras analizadas.

Se utilizaron diferentes procedimientos para caracterizar estas aguas como son los Estándares de Agua Potable.(EUA.), NC 93-11-1986 sobre Calidad y Protección Sanitaria, NC 93-02-.1985: Higiene Comunal, agua Potable, Requisitos Sanitarios y Muestreo. Vigente en marzo 1986, NC 93-03 1985. Sistema de Abastecimiento de Agua. Requisitos Sanitarios. Aprobada Dic. 1985. Vigente Sept.1986. Franjas forestales de las zonas de protección de embalses y causes fluviales. Aprobada en Marzo 1988. El Estándar Método For Examination of Water and Wastewater, Normas de la Organización Mundial de la Salud, En la tabla 4 se representa el costo de los análisis químicos por diferentes métodos empleados para el estudio.

Para la evaluación de las aguas se emplearon diferentes normas nacionales e internacionales: Las Normas Cubanas 93-03:1985, Sistemas de Abastecimiento de Agua; Normas de la Organización Mundial de la Salud, Los Estándares de Agua Potable de la Agencia Medio Ambiental de los E.U. Requisitos sanitarios. Aprobada Dic.1985 y vigente desde septiembre de 1986 [], Normas Cubanas 93-02:1985. Higiene Comunal. Requisitos Sanitarios y Muestreo Vigente marzo.1986; Normas Cubanas 93-11:1986. Calidad y Protección Sanitaria y otras.

Clasificación según O. A. Aliokin

Esta clasificación está basada en el principio de división por los iones predominantes y relación entre ellos. El contenido en las aguas de sus iones principales está representado en miligramos – equivalentes.

Todas las aguas se dividen por el anión predominante en tres clases:

Hidrocarbonatadas y carbonatadas ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$), sulfatadas (SO_4^{2-}), y clóricas (Cl^-). Estas a su vez se dividen en tres grupos por uno de los cationes predominantes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) y cada grupo se divide en tres tipos por la relación entre los miligramos equivalentes de los iones; en total se dividen en cuatro tipos. El **primer tipo** se

caracteriza por la relación $\text{HCO}_3^- > (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$. Las aguas de este tipo son débilmente mineralizadas; el **segundo tipo** tiene la relación $\text{HCO}_3^- < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) < (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$. Con este grupo se relacionan las aguas subterráneas, las aguas de los ríos y lagos de poca mineralización; el **tercer tipo** se caracteriza por la relación $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$. Las aguas de este tipo son fuertemente mineralizadas, mezcladas y metamorfizadas; con este tipo se relacionan las aguas de mares y océanos y el **cuarto tipo** se caracteriza por la ausencia de iones HCO_3^- . Las aguas de este tipo son ácidas y existen solamente en las clases sulfatadas y clóricas en los grupos $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, donde no existe el primer grupo.

Para definir las clases y grupos de las aguas y su denominación, uno de los métodos más prácticos y utilizados es el de B. M. Kurlov.

La fórmula de Kurlov ubica a los aniones en el numerador en porciento – equivalente, de forma descendente y en el denominador; de la misma forma se ubican los cationes.

Fórmula de Kurlov

$$M = \frac{C(\text{Aniones})}{C(\text{Cationes})} T, Q$$

Clasificación de las aguas según su mineralización

Para determinar la clasificación de las aguas según su mineralización nos basamos en la clasificación de Aliokin, utilizando la fórmula que relaciona mediante una fracción la sumatoria de los aniones y los cationes, expresado en mg.eq/L, dividida entre 1000 si deseamos trabajar en g/l.

$$M = \frac{\sum A + C}{1000} (\text{mg} / \text{L})$$

Tabla 2. Clasificación de las aguas por su mineralización según Aliokin.

Mineralización en g/L	Denominación de las aguas
< 1	Aguas dulces
1 - 3	Aguas poco salinizadas
3 - 10	Aguas saladas

10 - 50	Muy saladas
>50	Rasoles

Para la determinación de las aguas por su pH nos hemos basado en la clasificación de E. B. Pasovox

Tabla 3. Clasificación de las aguas por su pH según E. B. Pasovox.

Valor del pH	Denominación de las aguas
< 3	Muy ácida
3-5	Ácidas
5-6.5	Débilmente ácida
6,5 - 7,5	Neutras
7,5 - 8,5	Débilmente básicas
8,5 -9,5	Básicas
>9,5	Muy básicas

Dureza total: Está representada por el contenido total de sales de calcio y magnesio presentes en las aguas subterráneas.

Tabla 4. Clasificación de las aguas por la dureza total según O.A.Aliokin

Dureza – mg-Equiv	Denominación de las aguas
<1,5	muy blandas
1,5 – 3,0	Blandas
3,0 – 6,0	Algo duras
6,0 – 9,0	Duras
> 9,0	Muy duras

Clasificación de las aguas por su grado de contaminación salina

Las aguas subterráneas y superficiales pueden presentar contaminación salina producto a su relación con mares, contenido de sales en las rocas, etc. Para la determinación del grado de contaminación salina generalmente se utiliza la relación iónica de Simpson y su clasificación.

$$C.S. = \frac{Cl}{CO_3 + CO_3H}, m.eq/L$$

Tabla 5. Clasificación de las aguas por su grado de contaminación salina según Simpson

Relación	Denominación de las aguas
0,5 – 1,8	Agua ligeramente contaminada
< 0,5	Agua normal
1,8 – 2,8	Agua moderadamente contaminada
2,8 – 6,6	Agua bastante contaminada
6,6 – 15,5	Agua altamente contaminada
>15,5	Agua de mar

CAPITULO III- CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA E HIGIENICO SANITARIA DE LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO EN LA CIUDAD DE MOA.

1. Generalidades

El agua es el solvente más abundante que existe y es capaz de incorporar gran cantidad de sustancias al estar en contacto con los terrenos por los cuales circula, estas tienen una mayor facilidad de disolver materiales por las mayores superficies de contactos, lentas velocidades de circulación y mayores presiones y temperatura a las que están sometidas.

La calidad del agua queda definida por su composición, el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de todos ellos, permiten establecer las posibilidades de su utilización en usos domésticos, agrícolas, consumo humano y animal, industriales, etc.

Se denomina agua potable a aquella que puede ser consumida por el hombre sin peligro alguno para su salud teniendo en cuenta las distintas características ya sean físicas, químicas y bacteriológicas.

Para determinar un agua con fines de abasto es necesario definir su calidad y si cumplen las normas que establecen los valores máximos deseados y permisibles para clasificarlas como agua potables.

Para la evaluación de la calidad de las aguas de consumo humano en la zona urbana del municipio se estudiaron aguas subterráneas y superficiales que son utilizadas para abasto en la zona urbana del municipio.

Se analizaron los cinco pozos del complejo acuífero de las terrazas del río Moa en varias campañas de muestreo 1996-2003, De estos pozos actualmente solo tres se explotan: El pozo 51 abastece el reparto Rolo Monterrey, el 49 y 50 a la zona baja de Moa. Estos pozos se localizan en las terrazas del río Moa, comprende unos 2 km² de extensión y están conformadas por los sedimentos aluviales depositados por el del río Moa. Sus límites son el propio río, las rocas ultrabásicas que delimitan la terraza aluvial y forman el sustrato rocoso permeable y las escombreras constituidas por los residuos de la planta de lixiviación ácida. Se ha detectado la presencia de concentraciones elevadas de sulfatos, níquel, cromo, manganeso y hierro, como consecuencia de la recarga inducida

de las aguas que lixivian los residuos mineros almacenados por la presa de almacenamiento de estériles sobre las terrazas del río.

Además fueron tomadas muestras de la presa Nuevo Mundo, esta tiene una capacidad de embalse de $140 \times 10^6 \text{ m}^3$, el agua llega hasta la derivadora de Moa son tratadas en la Planta potabilizadora de la Empresa ECG. El agua proveniente de la derivadora es bombeada hasta una cámara distribuidora, de aquí pasa a un mezclador tubular vertical se inyecta cloro y se le adicionan los reactivos químicos Aluminato de sodio, Sulfato de Aluminio y Cal pasando posteriormente a los clarificadores, el agua clarificada pasa a un canal colector y de aquí a los filtros, posteriormente es conducida a los tanques de almacenamiento y se le vuelve a inyectar cloro para mantener una concentración de cloro residual de 0.5 mg/l, posteriormente es enviada a los diferentes objetivos. Esta planta se encarga de potabilizar y suministrar un volumen promedio mensual de $1\ 000\ 000 \text{ m}^3$ de agua potable. La entrega a la población es $750\ 084 \text{ m}^3$. Se realizó un muestreo hidroquímico en los puntos representativos utilizados por los consumidores, pozos criollos en diferentes repartos: Las Coloradas, La Playa, Los Mangos, Pueblo Nuevo y otros, los más utilizados por la comunidad cuando existen roturas en la red de distribución.

A todas las muestras tomadas para el estudio se le realizó análisis físico-químico, se procesaron los resultados y se compararon con las normas nacionales e internacionales vigentes sobre la calidad del agua potable.

Se hizo además un muestreo para análisis bacteriológico en diferentes puntos de la red de distribución para aguas superficiales y aguas subterráneas además se muestrearon las aguas subterráneas de los pozos criollos de los repartos Las Coloradas, La Playa, Los mangos con el objetivo de determinar el número más probable de bacilos coli en 100 ml de agua, siguiéndose para ello las normas establecidas para tales fines.

A continuación se describe la caracterización físico-química y el estado higiénico sanitario de algunos de los puntos muestreados.

Para una mejor visualización de los resultados se realizaron los histogramas de las propiedades físicas y químicas de las aguas estudiadas.

Aguas Subterráneas.

Complejo acuífero de los sedimentos aluviales

Este acuífero se encuentra constituido por depósitos areno-gravosos con intercalaciones de material arcilloso. Tiene interrelación hidráulica con el Río Moa y limita además con la presa de residuales de la fábrica Pedro Soto Alba.

Para evaluar la calidad de las aguas, se analizan los resultados de las determinaciones físico-químicas realizadas durante varias campañas de muestreo efectuadas 1996-1999-2000-2002 y 2003. para un total de 25 muestras.

Se le realizó análisis completo, aniones y cationes, elementos nitrogenados, propiedades físicas, turbidez, color conductividad, STD y elementos minoritarios Ni, Co, Cr⁶⁺, Fe, Mn. (Tabla 7,8,9,)

Tabla 7. Propiedades Físicas. Complejo acuífero de la Veguita

AÑO	MUESTRAS	PH	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{CM}^{-1}$)	TURBIDEZ (NTU)	SALINIDAD (%)	STD (MG/L)	COLOR (ESC/PT-CO)
1996	49	7	436	0.43	0.2	22	-
	50	7	251	0.4	0.1	119	-
	51	7	236	0.4	0.1	110	-
	52	7.1	187	0.4	0.0	101	-
	53	7.1	321	0.5	0.0	154	-
1998	49	7.2	436	0	0.2	222	0
	50	7.2	250	0	0.1	118	0
	51	7.3	295	0	0.1	142	0
	52	7.3	249	0	0.0	117	0
	53	7.5	317	0	0.0	150	0
2000	49	7.16	525	5	0.1	209	19
	50	7.18	238	2	0.0	95	12
	51	7.26	356	4	0.0	142	18
	52	7.3	256	1	0.0	110	1
	53	7.5	253	2	0.0	118	3
2002	49	7.2	687.3	3	0.1	234	14
	50	7.5	245	2	0.0	101	1
	51	7.42	462.8	3	0.0	182.4	10
	52	7.43	268	1	0.0	104	2
	53	7.68	259	3	0.0	121	2
2003	49	7.27	1100	47	0.3	436	8
	50	7.45	260	0	0.0	107	1
	51	7.97	353	12	0.0	107	2
	52	7.55	316	0	0.0	130	3
	53	7.94	267	4	0.0	110	4

El agua pura tiene conductividad eléctrica muy baja, El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor o proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Los valores de conductividad determinados, los STD. y % de salinidad van aumentando proporcionalmente (Fig. 2,3,5). Situándose los valores mas elevados en los pozos cercanos a la presa, de esta misma manera aumenta la turbidez y el color que en el pozo 49 exceden los valores permisibles. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación. Fig. (4 ,7)

Propiedades químicas.

Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos humitos disueltos del mantillo del suelo.

Los valores de pH para diversas muestras de los pozos del complejo acuífero de la Veguita oscilan entre 7.00 y 7.99 caracterizadas por ser aguas ligeramente básicas Fig.(2)

Los principales iones son HCO₃⁻, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, CL⁻, están presentes por la descomposición de los sedimentos y rocas ultra básicas (Fig.13,16,8), aunque es importante señalar las elevadas concentraciones de SO₄⁼ debido a la infiltración de la presa de colas en periodo de precipitaciones, en el pozo 49 ha pasado de 159.5 a 446 mg/l en el 2003 es necesario señalar que en este periodo de muestreo comenzaban las precipitaciones. En tiempos de lluvias intensas los valores de sulfato siempre llegan a aumentar. Fig.(9).

Se destaca la presencia de NO₂⁻, NO₃⁻, y NH₄⁺ que son elementos indicadores de contaminación, El NO₂⁻ con valores desde 0.0169 hasta 0.064 mg/l (Fig.10), el NO₃⁻ desde 0.65 hasta 1.15 mg/l (Fig.11) y el NH₄⁺ desde 0.28 hasta 0.39 mg/l. (Fig.12) Estos elementos al igual que los demás aumentan a lo largo del tiempo. Los resultados están reflejados en la tabla 8.

Respecto a los metales es interesante destacar la presencia de concentraciones de Cr⁶⁺, Ni, Fe, Mn, debido fundamentalmente a la geología de la zona y el grado de asociación con la mineralogía de los residuos de la Presa de colas. En las Fig. (13,14,15,16,17)) en el año 2003 se observan como aumentan los contenidos de estos elementos en esta dirección, el Cr⁶⁺ en la etapa evaluativa varía aumentando desde hasta 0.012 mg/l; el Ni desde 0.45 mg/l, el Fe en el pozo 49 desde 0.04-0375 mg/l, el Mn hasta

0.098 mg/l.. Este aumento es lógico debido al incremento del volumen de residuos a la presa y las condiciones de la región que favorecen la infiltración de las aguas meteóricas producidas por las precipitaciones. Ver tabla 9

Tabla 9. Metales pesados del complejo acuífero La Veguita.

AÑO	MUESTRA	NI	CO	MN	CR ⁶⁺	FE
2001	49	0.04	0	0.081	0.0013	0.209
	50	0.31	0	0.033	0.0047	0.093
	51	.036	0	0.043	0.0081	0.120
	52	0.04	0	0.01	0.0097	0.090
	53	-	-	-		
2003	49	0,45	0,0018	0,098	0,0016	0.22
	50	0,375	0,0012	0,0375	0,0125	0.085
	51	0,41	0,001	0,041	0,0085	0.162
	52	0,038	0,001	0,014	0,012	0.1
	53	0,0395	0,0015	0,045	0,005	0.097

En general la alta concentración de SO⁴⁼, de metales pesados y su mineralización permiten deducir que la contaminación del acuífero es producto de la recarga de residuos a la presa y por la presencia de animales en zonas aledañas a los pozos.

Las aguas son clasificadas por su dureza como algo duras y blandas y por su mineralización aguas dulces, por su composición química son Hidrocarbonatadas – sulfatadas-cálcicas y sulfatadas - Hidrocarbonatadas-magnésicas- Cálcicas.

Análisis bacteriológico.

Desde el punto de vista higiénico sanitario las aguas de estos pozos no cumplen las exigencias establecidas para la zona de protección bacteriológica A (II) en las que se prohíben las actividades que pueden afectar la calidad bacteriológica del agua (tener un radio de 50 m aproximadamente) vertederos de actividades industriales.

En el año 2002 los resultados de los análisis bacteriológicos en el mes de diciembre son alarmantes con presencia en el pozo 49 de +2.6 bacilos coli x 100 ml, en el pozo 50 + 5.1, y en el pozo 51 + 16 bacilos coli x 100ml.

En el muestreo del 2003 no existen valores por encima de las normas en los pozos del complejo acuífero, pero fueron muestreados en diciembre del 2002, febrero y mayo del 2003 otros puntos de la red de distribución representados por diferentes centros donde se encontraron presencia de bacilos coli en el agua de consumo de : círculos infantiles,

seminternados , dulcería, combinado cárnico, red de monitoreo del Reparto pueblo Nuevo, Dulcería, Acueducto reparto José Lillo, panificadora de Moa, Fabrica de hielo. Los resultados aparecen en la tabla 10 .

Tabla 10. Resultados de los análisis bacteriológicos del complejo acuífero de La Veguita.

MUESTRAS	NMP DE BACILOS COLI X 1000 ML		
	Diciembre 2002	Febrero 2003	Mayo 2003
Pozo 49	+2.6	-2.2	-2.2
Pozo 50	+5.1	-2.2	-2.2
Pozo 51	+16	-2.2	-2.2
Circulo Infantil Tierno Amanecer	16	9.2	-
Circulo Inf. Pequeños Industriales	-9.2	-2.2	-2.2
Circ. Inf. Pequeños Constructores	-5.1	-	-
Acueducto Joselillo	+16	-2.2	-
Red de monitoreo Pueblo Nuevo	+16	+16	-2.2
Combinado Alimenticio	-2.2	9.2	5.1
Dulcería	-	+16	5.1
Panadería	+16	-2.2	-
Fabrica de Hielo	-2.2	-2.2	-
Circulo Infantil Tierno Amanecer	16	9.2	--

Es importante señalar que de los 5 pozos hidrogeológicos están en explotación los tres que mayor grado de contaminación presentan, los dos pozos restantes no reencuentran funcionando por problemas de averías.

Aguas superficiales

Río Moa. Agua cruda.

Se tomaron dos muestras en el punto de la derivadota que el agua cruda que entra al proceso de potabilización. Los resultados obtenidos son aguas ligeramente básicas y dulces, por los iones predominantes son hidrogenocarbonatadas- magnésicas. Se caracterizan por tener pH desde 8.3-8.34 y su conductividad esta en el rango de 124.6-165.6 proporcionalmente a los STD y la Salinidad. Fig.18,21) .Tabla 11.

AÑO	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.					
	Muestras	pH	Conductividad	Turbidez	STD(m/l)	Color(Esc/Pt-Co)
2002	Cruda	8,3	124,6	21,77	51,9	115,2
	Filtrada	7,5	141,4	1,2	57,67	2,36
2003	Cruda	8,34	165,6	6,483	67,9	34,17
	Filtrada	8,343	168,4	1,1	69,16	1,8
2003	Presa	8,57	192	4	70	16

Tabla
11

La turbidez se encuentra en con valores de NTU de 21.77 y 6.486 excede los niveles permisibles. Fig. (19). En esta zona existe influencia de las labores mineras, por escurrimiento van a parar al río después de las precipitaciones cantidades de residuales del proceso de Planta de pulpa. En este aspecto es importante señalar que en esta planta anteriormente todo el agua residual de preparación de pulpa descargaba por una canal hasta el río. Actualmente existen dos bombas una bomba centrifuga vertical en un deposito colector del agua de lavado de pulpa y la otra bomba se encuentra en el sótano. Las partículas que se desprenden del Fd-2 alimentadores de esteras) que recogen las partículas y el agua posteriormente se incorpora al proceso.

El color esta en valores de 34.17 y 115.2 en la Esc. Pt/Co. Fig. (20).

Existen concentraciones de Cr^{6+} de 0.017 y 0.018 mg/l y contenidos de Fe, Ni, Co, Mn, representadas en la tabla 11. Ver Fig. (39,40,33,34,35).

Estas concentraciones en algunos casos exceden las normas establecidas y su origen puede ser natural y otros debido a la proximidad de la zona de explotación minera e industrial, donde existen áreas expuestas a procesos erosivos y a la incorporación de volúmenes de sedimentos al río.

Tabla 13

Aguas filtradas.

Esta agua es producto del proceso de potabilización, esta agua que es bombeada hasta la cámara distribuidora se le inyecta cloro con el objetivo de neutralizar gérmenes patógenos que puedan contaminar los diferentes sistemas. Al final del proceso en los tanques de almacenamiento también se le inyecta cloro para mantener una concentración entre 3 y 5 mg/l de cloro residual y es enviada a los diferentes objetivos. 12 se reflejan los características químicas de las aguas filtradas.

Como se puede observar en la Fig. 21 están representados los contenidos de STD con valores que oscilan entre 57.67 y 69.16. La presa con valores de 70 mg/l..

El pH de estas muestras oscila entre 7.5 y 8.5 caracterizándose por ser aguas ligeramente básicas . Ver Fig. 18.

La turbidez es una medida del enturbiamiento del agua. Se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficacia del proceso de filtración sus valores oscilan entre 1.1 y 1.2 en las aguas filtradas, con valores permisibles dentro de las normas. Fig. 19. Los valores de color , conductividad ,STD, y % Salinidad mantienen valores admisibles para ser utilizadas para consumo, como se puede observar en las Fig (19,20, 21).

Los elementos naturales, Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^{-} , SO_4^{-} , se mantienen por debajo de las normas establecidas, se destaca el bajo contenido de calcio debido al tipo de litología existente en la zona . Este bajo contenido afecta la calidad de las aguas para el consumo humano., ya que este elemento es esencial para el desarrollo del organismo fundamentalmente, en la formación de los huesos y los dientes. Fig.(22,23,30,31)

Es importante señalar las concentraciones de Ni, Co, Cr^{6+} , Mn, y Hg. Estas son debido a la naturaleza predominante en esta zona, y a la proximidad de estas a las zonas de explotación minera. Fig. (33, 34,39,35). Es de destacar la presencia del Hg en esta

AÑO	Resultados de los análisis de los elementos minoritarios de las aguas superficiales.								
	Muestras	Ni	Co	Mn	Cu	Zn	SiO ₂	Cr6+	Fe
	Cruda	0,043	0,002	0,5984	0,004	0,02	13,55	0.017	1,143
2002	Filtrada	0,023	0,0006	0,366	0,001	0,036	11,945	0.009	0,152
	Cruda	0,01	0,003	0,38	0,001	0,09	14,47	0,018	0,546
2003	Filtrada	0,003	0,002	0,267	0,0025	0,016	13,45	0,009	0,161

mue
stra,
aunq
ue
se

encuentra por debajo de los valores permisibles 0.0001 mg/l es un elemento que se acumula en el organismo humano y puede provocar serias afectaciones al sistema nervioso a lo largo del tiempo.

Desde el punto de vista bacteriológico según los resultados obtenidos se observa en los meses diciembre 2002, febrero 2003 y mayo 2003 que no existe presencia de bacilo coli en las muestras analizadas, pero se analizaron los resultados de los diferentes puntos de la red de monitoreo establecidas por el centro de higiene municipal como círculos infantiles, el hospital, seminternados, combinado Lácteo y otros centros de interés que son abastecidos por esta red y existen puntos contaminados con este tipo de bacterias que afectan la calidad de esta aguas y así la salud de los pobladores Tabla 10.

Presa Nuevo Mundo

Se analizo una muestra de la presa Nuevo Mundo, esta refleja valores de concentración dentro de las normas establecidas, sus propiedades físicas están reflejadas en la tabla 9. las Fig., (19 20, 21) representan de una forma clara los valores de turbidez, color, STD, Por su pH igual a 8.57 es un agua ligeramente básicas, por su mineralización son aguas dulces. Presenta concentraciones de 0.0023 mg/l de NO^2 , 0.897mg/l de NO^3 y 0.03 mg/l de NH^4 , Fig. (18 28,29 y 28).

En general todas las aguas superficiales estudiadas son aguas del tipo hidrocarbonatadas magnésicas, según las clasificaciones utilizadas. Los iones predominantes son el Magnesio, bicarbonato, sodio.

No se realizó la determinación de Hg al agua de la presa por falta de reactivos químicos sería de mucha importancia controlar la presencia de este por ser un elemento contaminante que afecta el organismo humano y poder conocer su origen.

Pozos criollos.

Como se puede observar en los histogramas estas aguas no son aptas para el consumo humano, sus propiedades físicas como la conductividad varia desde 391 hasta 1176 $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$ a 20 °c, los STD, % de salinidad, los valores mas elevados se encuentran en los pozos donde hay mayor concentración de sales producto a la cercanía del mar. Fig.(43,42, 24). El color aumenta a valores no deseables 45 U al igual que la materia orgánica con valores hasta 11.8 mg/l indicando contaminación de estas aguas por poco grado de protección de los pozos. Fig. 41. (tabla 14).

Aparecen concentraciones amonio, nitrato que disueltos en el agua pueden ocasionar perjuicios para la salud Fig. (51,56). El amonio o amoniaco libre aumenta su concentración cuando el medio es fuertemente reductor. Es el producto final de la reducción de sustancias orgánicas o inorgánicas nitrogenadas que se incorporan al agua subterránea. Existe presencia de nitrito en las aguas estas pueden estar ocasionadas por la descomposición de la materia orgánica, así como cantidades añadidas a las aguas a través de las descargas de las aguas albañales. es de señalar que gran parte de la zona carece de red de alcantarillado Fig.56. El nitrato encontrado en las aguas podría deberse a los lixiviados de fosas sépticas y aguas negra, sus concentraciones oscilan entre 3.8 hasta 42.62 mg/l .Tabla 15

Existen valores no deseados de Cr^{6+} que oscilan entre 0.0001y 0.008. Su presencia no es deseable ya que es un elemento dañino para la salud por su grado de toxicidad. Fig. 59.

El níquel tiene un origen natural, proviene de la lateritas deluviales. El Níquel presente en las lateritas se va concentrando a partir de la descomposición de las serpentinitas y va quedando retenido entre los intersticios moleculares de las arcillas. Su contenido van desde 0 hasta 0.5. Fig.57.

Se realizaron análisis de hierro solo a las muestras de las coloradas por falta de reactivos. Los contenidos de hierro se explican porque en las lateritas el hierro que está en estado estable coexiste con el hierro en estado coloidal favoreciendo la disolución del mismo estos contenidos están en un intervalo de 0.02-0.7. Fig.60

Los elementos minoritarios (Mn, Cu, Zn, SiO₂, Co) sus valores están por debajo de las concentraciones máximas permisibles lo que no constituye un gran problema de contaminación según las Normas Cubanas. Fig.(58,61,62,63,64) Tabla 16.

Según los resultados de los análisis bacteriológicos tabla 16 estas aguas están altamente contaminadas, existe presencia de bacilos coli y colifecales lo que implica no apta para el consumo humano, no reúnen los requisitos necesarios para se utilizadas como aguas potables.

Esta presencia de bacterias es debida fundamentalmente a la contaminación fecal, desagües de aguas albañales y domesticas, vertederos , además al no existir una red de alcantarillado las aguas sucias se infiltran contaminando los pozos. En general no existe protección higiénica sanitaria de estos pozos.

Tabla 17 Análisis Bacteriológico de las aguas de los pozos criollos .

MUESTRAS	NMP DE COLIBACILOS POR	NO. DE COLIFECALES POR
Coloradas-7	>1100	27
Coloradas -8	1100	485
Coloradas -10	1100	118
Coloradas -19	44	85
Coloradas 20	> 1100	31
Coloradas -24	100	31
Playa-12	96	26
Playa-6	280	28
Playa-20	1100	118
Playa -2	1100	96
Playa -9	100	47
Playa -23	>1100	39
P. Nuevo.49	1100	42
P. Nuevo -15	1100	38
Mangos-47	+1100	68
Mangos-54	+1100	480
Joselillo -43	+1100	96

4.3 Descripción e interpretación de los mapas.

La elaboración de los diferentes mapas permitió conocer la zona de estudio, la ubicación de los diferentes complejos acuíferos y representar la geología de la zona, y la red fluvial, facilitando una mejor interpretación de las condiciones de las aguas subterráneas y superficiales. En el mapa hidroquímico se representan las concentraciones de los diferentes elementos químicos que componen las aguas subterráneas de los pozos del complejo acuífero de la Veguita. Como se puede observar estas se caracterizan por un alto contenido de SO_4^{4-} , Y presencia de concentraciones como el NO_2 , NO_3 , Mapas (1,2,3,4,5,6,7).

Se realizaron los mapas de isocontenidos de los elementos indicadores de contaminación representando para cada zona la distribución de estos elementos para cada fuente estudiada. Mapas(8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18).

4.4 Posibles usos de las aguas subterráneas y superficiales.

Las aguas subterráneas como bien hemos dicho, son de primordial importancia y juegan un papel fundamental en el desarrollo de la vida. El hombre desde los tiempos atrás, la ha

utilizado con diversos fines, clasificándolas según sus condiciones física – químicas y bacteriológicas en numerosas actividades (aguas para abasto a la población, abasto industrial, para la agricultura, uso recreativo, usos domésticos, medicinal, etc.).

Las aguas pueden contaminarse por las siguientes vías: Erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías y fábricas; lixiviados de vertederos y tierras de cultivo. Contaminación por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado. Por infiltración en el subsuelo penetrando por las paredes del pozo, contaminándolo, por el modo de extracción, que se utilice, calidad de la red de distribución. Los animales domésticos en su cercanía pueden contaminarlo. Con una mala ubicación del sistema de disposición de excretas puede contaminarlo.

El hombre fundamentalmente se ha dedicado a la construcción de pozos criollos en determinadas áreas, para utilizarla en casos de déficit en la red de distribución sin un estudio previo de las características de estas, lo que puede traer consigo grandes consecuencias en la salud del hombre

Medidas correctoras

Suprimir los criaderos de animales en zonas aledañas para evitar la incorporación de los residuos a la zona de ubicación de los pozos.

Los mayores contenidos de SO₄ y metales son en el pozo 49 y 51. Existe la posibilidad de sustituirlos por los dos pozos restantes menos contaminados que no se están explotando actualmente y que sus concentraciones son más bajas o por otra fuente de abasto que cumpla con los requisitos establecidos.

Establecer los perímetros de protección sanitaria según las normas establecidas para estos fines.

Controlar sistemáticamente la composición física- química y bacteriológicamente de las aguas de consumo en la población para poder controlar las causas, así como el contenido de cloro residual.

III-I INCIDENCIA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SOBRE LA SALUD DEL HOMBRE.

Efectos sobre la salud y factores que lo provocan.

La EPA (Environmental Protection Agency) ha establecido estándares de seguridad para más de 80 contaminantes que pueden encontrarse en el agua potable y presentan un

riesgo a la salud humana. Estos contaminantes se pueden dividir en dos grupos de acuerdo a los efectos que pudiesen causar.

Los **efectos agudos** ocurren dentro de unas horas o días posterior al momento en que la persona consume un contaminante. Casi todos los contaminantes pueden tener un efecto agudo si se consume en niveles extraordinariamente altos en el agua potable, en esos casos los contaminantes más probables que causen efectos agudos son las bacterias y virus. La mayoría de los cuerpos de las personas pueden combatir estos contaminantes microbianos de la misma forma que combaten los gérmenes, y típicamente, estos contaminantes agudos no tienen efectos permanentes. No obstante, le pueden causar enfermedades a las personas y pueden ser peligrosos o fatales para una persona que posea un sistema inmune débil debido a VIH/SIDA, quimioterapia, uso de esteroides o por cualquier otra razón.

Los **efectos crónicos** ocurren después que las personas consumen un contaminante a niveles sobre los estándares de seguridad de EPA durante muchos años. Entre los ejemplos de efectos crónicos de los contaminantes del agua potable, están el cáncer, problemas del hígado o riñones o dificultades en la reproducción. Los efectos de la exposición a cualquier sustancia toxica dependen de la dosis, la duración, la manera como se está expuesto, los hábitos y características personales y de la presencia de otras sustancias químicas.

- **Cobre Total** NMC: 1.3 Nivel de acción = 1.3; TT⁶ por encima Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo. produce lesiones hepáticas o renales. Aquellos con enfermedad de Wilson deben consultar a su médico si la cantidad de cobre en el agua superara el nivel de acción.
- **El Plomo** debe estar en cero, su nivel de acción = 0.015; TT⁶, Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión
- **Mercurio (Inorgánico)** por encima 0.001 provoca Lesiones renales , afectaciones al cerebro y en caso de embarazo al feto.Los efectos sobre la función cerebral pueden manifestarse como irritabilidad, timidez, temblores, alteraciones a la vista o a la audición y problemas de la memoria o retardo mental, ceguera, convulsiones o incapacidad para hablar. El sistema nervioso es muy susceptible a todas las formas del mercurio

La Enfermedad de los Legionarios se produce cuando las personas susceptibles inhalan un aerosol que contiene *Legionella*, no cuando se bebe agua que contiene *Legionella*. (Las duchas, grifos de agua caliente, y equipos de enfriamiento, tales como torres de enfriamiento y acondicionadores de aire, producen aerosoles). Algunos tipos de *Legionella* pueden provocar un tipo de neumonía llamada Enfermedad de los Legionarios. La *Legionella* también puede provocar una enfermedad mucho menos grave llamada fiebre Pontiac. Los síntomas la fiebre Pontiac pueden incluir: dolores musculares, cefaleas, tos, náuseas, mareos y otros síntomas.

- **Coliformes fecales y *E. coli*** son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces, causan diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos

En un mes dado, no pueden detectarse más de 5.0 % de muestras con coliformes totales positivas. (Para sistemas de agua en los que se recogen menos de 40 muestras de rutina por mes, no puede detectarse más de una muestra con coliformes totales positiva). Toda muestra que presente coliformes totales debe analizarse para saber si presenta *E. Coli* y coliformes fecales, a fin de determinar si hubo contacto con heces fecales humanas o de animales (coliformes fecales y *E. Coli* son parte del grupo de coliformes totales).

- **Cromo (total)** nivel máximo de contaminante es 0.1 por encima de esta concentración puede producir Dermatitis alérgica.

- **El Nitrato** (medido como nitrógeno) NMC mas 10 mg/l Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitratos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).

- **El Nitrito** (medido como nitrógeno) 1 mg/l concentración de nitritos que el NMC Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitritos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).

. **El Tetracloruro** de carbono debe ser cero, por encima de 0.005 provoca Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer. Es producto

- **2-Dicloropropano** su concentración debe ser cero NMC 0.005 por encima provoca alto riesgo de cáncer. Es efluente de fábricas de productos químicos de uso industrial.

- **1,1,2- Tricloroetano** 3 CMA 5 por encima de este valor provoca problemas hepáticos, renales o del sistema inmunológico. Es producto a los efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial

- **Trihalometanos totales** (TTHM) ninguno⁵ 0.10 Trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso central; alto riesgo de cáncer. Subproducto de la desinfección de agua potable.

- **Giardia lamblia** Presencia cero-TT⁸- Por encima provoca Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones). Su presencia es producida por desechos fecales humanos y de animales.

- **Legionella**-cero-TT⁸- Enfermedad de los legionarios, un tipo de neumonía.-Presente naturalmente en el agua; se multiplica en los sistemas de calefacción.

- **Turbidez- 5 NTU.** TT⁸. La turbidez es una medida del enturbiamiento del agua. Se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficacia de la filtración (por ejemplo, para determinar si hay presentes organismos que provocan enfermedades). Una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades, como por ejemplo, virus, parásitos y algunas bacterias. Estos organismos pueden provocar síntomas tales como náuseas, retortijones, diarrea y dolores de cabeza asociadas. -Agua de escorrentía por el terreno.

- **Los Virus** (entéricos) su presencia en el agua debe ser cero-TT⁸- Provoca trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones). Es producto Heces fecales de humanos y de animales en el agua.

- **Cloro Residual** : Se presume que la toxicidad de las soluciones que contienen cloro, ácido hipocloroso o hipoclorito es similar, ya que estos compuestos están en equilibrio dinámico y debido a que las comparaciones de toxicidad pueden efectuarse en base a la medición de la concentración de cloro disponible.

El grupo de individuos de alto riesgo está constituido por los asmáticos o por aquellos que presentan reacciones alérgicas después de su exposición al cloro. Aparentemente la existencia de riesgos en el consumo de agua clorada radica en la toxicidad indirecta de

sus subproductos. Durante la cloración, se producen una serie de subproductos debido a la reacción del cloro con la materia orgánica presente (demanda de cloro). Los derivados de la degradación vegetal y animal son compuestos activos que al reaccionar con el cloro dan como resultado compuestos orgánicos clorados, entre ellos los trihalometanos. (Asimismo al ser cargadas algunas aguas con cargas orgánicas elevadas por ejemplo, las aguas contaminadas con efluentes municipales forman subproductos como clorofenoles, ácido tricloroacético, THMs), cloropicrin y bromato entre otros. Los efectos tóxicos de los trihalometanos se manifiestan como depresores del sistema nervioso central y afectan las funciones del hígado y el corazón.

En esta investigación se ha detectado presencia de varios contaminantes que afectan la salud del hombre. De los contaminantes antes mencionados todos pueden estar presentes por las características de la zona., litología, agentes contaminantes, etc, Entre los elementos determinados que afectan la calidad del agua de consumo y la salud de los pobladores están el Cr^{6+} , NH_4 , NO^2 , NO^3 , Ni, MN, Bacilo Coli y los colifecales en el caso de los pozos criollos.

En las aguas superficiales se han determinado concentraciones trazas de Hg 0.0001 mg/l, que aunque por debajo de la norma es necesario señalar que este elemento es bioacumulable, el cual después de un periodo de tiempo se puede acumular en los tejidos y provocar trastornos en el sistema nervioso de las personas.

Tabla 12. Resultados de los análisis químicos. Aguas superficiales.

Año	Muest.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	M.Org	Min	D.Total
2002	Cruda	3,76	18,1	2,067	0,267	1,28	70,87	1,68	0,023	0,477	17,64	4,456	1,9	0.12	1.67
	Filtrada	5,47	19,4	1,933	0,267	1,15	61,02	0	0,0013	1,382	19,83	10,827	1,06	0.12	1.86
2003	Cruda	4,36	18,44	13,5	0,1	0,98	95,56	2,42	0,016	1,374	19,45	3,184	2	0.16	1.73
	Filtrada	5,54	18,54	13,4	0,1	0,83	90,5	0	0,0012	0,912	21,35	7,553	1,033	0.159	1.79
2003	Presa	7,06	19,52	3,05	0,12	0,03	114	3,6	0,0023	0,897	19,25	5,08	2,6	0.172	1.95

CONCLUSIONES

1. Los focos de contaminación que afectan las aguas de consumo humano la población estudiadas se encuentran representadas por:
 - Presa de residuales de la empresa mixta Comandante Pedro Soto Alba , Moa Níquel SA.
 - Roturas en el sistema de distribución de aguas de consumo.
 - Mal estado higiénico sanitario de los depósitos de agua de consumo muestrados
 - Exceso en la adición de cloro durante el proceso de desinfección en la Planta Potabilizadora .
 - Presencia de letrinas sanitarias y fosas de vertimiento comunicadas con las aguas subterráneas de consumo.
2. Las aguas subterráneas procedentes de los sedimentos aluviales de las terrazas del río Moa se clasifican por su dureza total algo duras y blandas, por su grado de mineralización dulces, y por su composición química hidrocarbonatadas-magnésicas-cálcicas. Los valores más elevados de mineralización, conductividad, dureza total, color, sulfato y metales pesados Ni, Fe, Mn, Cr aparecen en mayores concentraciones en los pozos muestreados en las áreas que están más cercanas a la presa de colas de la Empresa mixta Cte. Pedro Soto Alba pozo (49 y 51). Las aguas de los pozos criollos están contaminadas por iones NO_2 , NO_3 , y NH_4 ., presencia de color, con conductividades altas y presencia de metales pesados como Ni, Cr, Mn, Cu. Se clasifican por su dureza en duras o algo duras, por su salinidad como aguas normales.
3. Quedan definidas las medidas correctoras con el objetivo de disminuir o eliminar los principales focos de contaminación que afectan la calidad de estas aguas: Suprimir los criaderos de animales en zonas aledañas para evitar la incorporación de los residuos a la zona de ubicación de los pozos. Establecer los perímetros de protección sanitaria según las normas establecidas para estos fines. Monitorear sistemáticamente la composición física- química y bacteriológicamente de las aguas de consumo en la población para poder controlar las causas.

RECOMENDACIONES:

1. Mantener el control sistemático y estricto de las características físicas químicas que definen la calidad de las aguas para el consumo humano y continuar realizando muestreos de las aguas superficiales y subterráneas en los puntos establecidos de la red de observación. Realizar inspecciones higiénicas sanitarias a las fuentes de agua de consumo humano y los sistemas de distribución , con el fin de tomar las medidas necesarias y profundizar sobre las causas que provocan el deterioro de la calidad de las aguas con énfasis en el tratamiento de las aguas y la cantidad puntos representativos.
2. Realizar estudios detallados sobre las variaciones físico-químicas con el objetivo de esclarecer cambios en la composición química y continuar el muestreo bacteriológico en los puntos de la red establecidos para estos fines.
3. Profundizar en la toma de medidas de rehabilitación y reforestación en las zonas erosionadas que afectan las cuencas hidrográficas del área, estableciendo las franjas de protección sanitaria.

BIBLIOGRAFÍA.

1. El agua una extraña molécula. [2003-06-16].
<http://www.arrakis.es/lluengo/agua.html/#glosstop>
2. ALLER URDIALES, ANGEL et.al. Hidroquímica de las aguas minero y minero medicinales declarados de utilidad pública en la provincia de León. Tecnología del agua, mayo, 1996, 152: 30-35
3. Análisis de aguas y residuos industriales [2002-12-03].
<http://lauca.usach.cl/ima/givovic.htm#norma 2280>.
4. TURRO, ELBA. Evaluación hidrogeoquímica e hidrogeológica de las aguas subterráneas de los sedimentos aluviales de las terrazas del río Moa. Trabajo de diploma. ISMMM. Facultad de geología, 1992. p. 48.
5. ANGULO ALONSO, MIGUEL et.al. Agua. En: Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología. Madrid: Ministerio de medio ambiente, 1998. p. 321- 378
6. APHA, AWWA, WEF, ESTANDAR. Methods for examination of wastewaters descrii. I.S.A.E. Greenberg y A.D.S. Eaton (editors). 9 ed., 1995
7. ARELLANO, D. Aspectos normativos de la evaluación de impacto ambiental. La experiencia de Cuba. La Habana: Editorial Hidroeconomía INRH, 1977. 15 p.
8. Asociación Nacional de Industriales. Manual de caracterización de aguas residuales. Medellín: ANDI, 1997.
9. VELÁSQUEZ VELÁSQUEZ, AMPARO. Estudio sobre la calidad netuaral de los recursos hídricos en el entorno de la zona minera de Moa, provinci Holguín.1999. 71 p.
10. BEVERLY L., HERZOG et.al. Hidrogeology and Graundwater Availability in Southest mclen and Sauthest Tazeuell Counties. Part 1:Aquifer Caracterización. Illinois: Illinois State Water Survery, 1995. 70p.
11. BRASSINGTON, R. Field Hidrogeology. London: Geological Society of London, 1996. 175 p.
12. CARMONA MORENO, A; R. ANGULO SANCHEZ. Tratamiento integral de aguas residuales urbanas mediante el proceso combinado anaerobios y aeróbicos. Tecnología del Agua, enero 1997, 160: 23-31
13. El cobre en el agua potable. Infoagua noticias. octubre 2002. [2003-05-19], 4 (110).
<http://www.aguamarket.com/diccionario/resultados>

14. COLLADO FERNANDEZ, MIGUEL; J. A. SÁNCHEZ GARRIDO; A. NAVARRA FLORES. Minería, industria y medio ambiente en la cuenca mediterránea. Simposio. España, 1998.
15. ¿Cómo llega el agua al grifo?. Departamento de Medio Ambiente. Agencia Catalana del Agua. [2003-04-29]. <http://www.gencat.net/aca/cas/eines/avislegal.htm>
16. Compendio básico del agua en México. Gerencia de planeación hidráulica. [2002-11-02]. <http://planeacion.sgh.cna.gob.mx/pag/compendio> 1999
17. Curso avanzado de contaminación de las aguas subterráneas: (Compendio de Conferencias). Pinar de Río: ISPR, 1997.
18. Curso teórico práctico. Análisis para el control de la calidad de las aguas residuales. Lima: Instituto del Agua y Medio Ambiente. <http://liama.web.millicom.com.pe/get/>
19. CUSTODIO, EMILIO. La protección de la calidad de las aguas subterráneas en relación con la legislación y normativas. En: Jornadas sobre análisis y evaluación de la contaminación de aguas subterráneas. Barcelona: Editorial G. R Valencia, 1981. 13p.
20. CUSTODIO, EMILIO; MANUEL R. LLAMAS. Calidad del Agua Subterránea. En: Hidrología Subterránea. 2 ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1996, t - II, p. 1884 –1986.
21. CUSTODIO, EMILIO; MANUEL R. LLAMAS. Contaminación de las aguas subterráneas. En: Hidrología Subterránea. 2 ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1996, t- II, p. 1905 – 1931
22. Desinfección emergente de agua potable. EPA. Agencia de protección ambiental de los EU. Infoagua noticias. octubre 24, 2002. [2002-12-12], 4(11)
23. Diccionario enciclopédico del agua. [2003-01-25]. <http://www.aguamarket.com/diccionario/resultados>
24. DIEGO, M et.al. Minería, Industria y Medio Ambiente en la ciencia mediterránea. Simposio. España, 1998.
25. DOCAMPO, LUIS. Calidad física de las aguas del Río Vasco. Tecnología del agua, mayo 1997, 164: 26-34
26. ENQUIX GONZALEZ, A.; M. TERNERO RODRIGUEZ; J.C. JIMÉNEZ SÁNCHEZ. Control analítico de la calidad de las aguas y sedimentos. Tecnología del agua, septiembre 1996, 156: 25-30
27. ENTREMERA PALACIOS, JORGE et.al. Calidad del agua en la cuenca alta del río Miño. Tecnología del agua, octubre 1996, 158: 64-71
28. Factores que afectan la disponibilidad y la calidad del agua en la cuenca del canal. [2002-09-06]. <http://www.stri.org/PMCC/aguasysuelos1.htm>

29. FERNÁNDEZ, OSCAR; JOSE SAIZAR; JOSEAN MARTINEZ. Desinfección por ultravioleta en las aguas residuales. Tecnología del agua, noviembre, 1996, 159: 54-62
30. FERNÁNDEZ JÁUREGUI, CARLOS. El agua como fuente de conflictos. Repaso de los focos de conflicto en el mundo. Infoaguas noticias. octubre 2002. [2003-04-23], 4(109). <http://www.ciclob.org/castellano/publicaciones/Afers/45-46fernandez.html>
31. Fuentes y mecanismos de contaminación por nitratos. Miliarium. com. Ingeniería civil y medio ambiente. [2003-04-18]. <http://www.miliarium.com/socios/boletin.asp>
32. GALINDO RIAÑO, M.P.; M. GARCÍA VARGAS. Correlación entre la naturaleza de un sedimento fluvial y el contenido de metales traza. Tecnología del agua, febrero 1996, 148: 35-40
33. GARAY, Y.; PANIZZO, L.; LESMES, L.; RAMÍREZ, A. Manual de técnicas analíticas de parámetros físico químicos y contaminantes marinos. 3 ed. Cartagena: Centro de Investigación Oceanográficas e Hidrográficas, 1993
34. GARCIA, JUAN; ANNA RUIZ; JAVIER JUNQUEIRAS. Depuración de las aguas residuales urbanas mediante humedales construidos. Tecnología del agua, junio 1997, 165: 58-65
35. GARCIA JHON, ENRIQUE. Método biológico para la evaluación y control de la calidad de las aguas y vigilancia de vertidos. Tecnología del agua, noviembre 1996, 159: 41-47
36. GARZA ALMANZA, V. Salud y ambiente en el desarrollo sustentable. OPS/OMS. División de salud y ambiente de la organización panamericana de la salud. [2003-01-01]. <http://www.paho.org/>
37. Geología ambiental. Universidad de Atacama. [2003-04-21]. <http://www.lwrn.net/chilee.htm>
38. GODÉ LUIS, X et.al. Redes automáticas del control de la calidad de las aguas superficiales: Residual Urbana. Tecnología del agua, septiembre 1997, 168: 23-32
39. GONCALVEZ, ANTONIO; WILFRID YOKA R. Estudio de los procesos epitermales en la región Sagua – Moa - Baracoa. Trabajo de diploma. ISMM. Moa. Facultad de Geología y Minería, 1998
40. GONZÁLEZ MARTÍNEZ, ARSENIO. Aspectos a considerar en la evaluación de la contaminación de las aguas subterráneas. En: Curso Avanzado sobre contaminación de aguas subterráneas. Monitoreo, Evaluación, Recuperación. La Habana: Editorial Hidroeconomía, 1997. Vol.- II, 12p.
41. Guía práctica Consumer Salud y Alimentación. [2003-01-12]. <http://salud y alimentacion.consumer.es/>
42. Hidrored. II seminario taller. Protección de acuíferos frente a la contaminación. Caracterización y evaluación. Ciudad de La Habana. Abril 2002. [2003-02-18]. <http://tierra.rediris.es/hidrored/index.html>

43. IBARRA GRANDA, OSVALDO; JOSEFINA GUTIERREZ ASTORGA. Aprovechamiento de serpentina níquelífera en la neutralización de los licores de desechos de la empresa CMDTE Pedro Soto Alba. Parte(I): neutralización del licor de desecho(WL) con serpentina. Revista minería y geología, 1992, 1 (1): 35-38
44. Instrucciones para la toma, preservación, transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. Bogotá: Instituto Nacional de Salud, 2001. [2002-05-17]. <http://www.coi.ops.oms.org/DIAA/ins-programa-laboratorio>
45. JOVELA SALDAÑA, PILAR; ERIC LOPEZ GUTIÉRREZ; JESÚS CABRERA GARCÍA. Evaluación de la calidad del agua del río Chalma, Estado de Mórelo. Revista de contaminación ambiental, 1993, 9 (3): 32-35
46. KLIMENTOV, P.P.; V.M KONONOV. Metodología de las investigaciones Hidrogeológicas. Moscú: Editorial Mir, 1982. 446p.
47. LOACHES, J.L.; M.C. AGUILAR. Calidad de las aguas del río Henares en el tramo Guadalajara Azuqueta de Henares. Tecnología del agua, julio y agosto, 1996, 154-155: 33-39
48. LLAMI, A. Análisis de las características químicas del agua. Barcelona: Editorial del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales, 1997.
49. TOIRAC SUAREZ, MAGDALENA. Valoración preliminar de la calidad de las aguas subterráneas en el área desde los indios hasta la veguita. Tesis para optar por el título de Master en Medio Ambiente Moa. ISMM, 1997. 60 p.
50. MASXEW FAIR, GORDON; JHON CHARLES GEYER; DANIEL ALEXANDER OKUN. Purificación de aguas, tratamiento y renovación de aguas residuales. México: Limusa, 1987. 368 p.
51. MATA PERELLÓ, JOSEPH M.; ROC CAMPO MARTINEZ. Estudio de la fracción orgánica en los residuos mineros de Moa (Cuba). En: Simposio latino sobre geología y medio ambiente. [S.I.]: Sociedad Camaraza, 1998
52. MATA PERELLÓ, JOSEPH; ROC CAMPO MARTINEZ. Estudio de la fracción orgánica en los residuos mineros de Moa (Cuba). En: Simposio latino sobre Geología, medio ambiente y sociedad (I: Camarasa: 13 - 15 de Marzo de 1998).
53. Methods for chemical analysis of water and waster. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, 1983
54. Métodos analíticos. Toma y preservación de las muestras.[2002-12-12]. <http://dr Calderonlabs.com/metodos/indice-de-metodos>

55. MOLEIRA, LEÓN. Curso internacional sobre hidrogeología subterránea y procesos de contaminación de los acuíferos. Moa: ISMM, 1996.
56. MUNNÉ, A; N. PRAT. Calidad y Calidad biológicas de las aguas del río Anoia. Tecnología del agua, enero 1997, 160: 32-46
57. NC -93-02: 1985 (CUBA). Higiene comunal, Agua potable. Requisitos Sanitarios y muestreo. Aprobada Octubre 1985. Vigente Marzo 1986.
58. NC 93-01-210: 1987 (CUBA). Requisitos generales para la protección de las aguas superficiales y subterráneas por petróleo y sus derivados. Aprobada Junio 1987. Vigente Junio 1988.
59. NC 93-01-206:1988 (CUBA). Franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales. Aprobada Marzo 1988. Vigente Sept. 1986.
60. NC 93-03: 1985 (CUBA). Sistemas de abastecimiento de agua. Requisitos sanitarios. Aprobada Dic. 1985. Vigente Sept. 1986.
61. OLIVERA VELONA, ÁNGELUS. Algunas consideraciones sobre la problemática de las aguas residuales en el Estado de Morelo. Revista internacional de contaminación ambiental, 1994, 10 (2): 24-30
62. PEÑALOSA VILLALOBOS, MARIA; E. RUIZ GUTIERREZ; SYLVIA BLUM CASTILLO. A study of factors that influence the interference of the Fe (III) in colorimetric analysis of Cr (VI), in polluted waters. Revista internacional contaminación ambiental, 1987, 3 (1): 7-23
63. PEÑALOSA VILLALOBOS, MARIA; MARGARITA RUIZ GUTIERREZ; JOSE MIRANDA A. Chramiun pollution evaluation in groundwaters of north Mexico city. Revista internacional contaminación ambiental, 1990, 6 (1): 5-18
64. PEREZ, A. N. Caracterización de las aguas de consumo humano en los asentamientos rurales del suroeste de Moa. Trabajo de diploma. ISMM. Moa. Facultad de Minería y Geología, 1999. 43p.
65. PEREZ AVILA, PEDRO. Concentración de metales pesados en ostiones del canal de Chijol, Veracruz, México. Revista internacional de contaminación ambiental , 1993, 9 (2): 53-64
66. PEREZ R., MARIA ROSA. Evaluación preliminar de los focos contaminantes, escurrimiento superficial e impacto ambiental en el entorno de la fábrica "Pedro Soto Alba". Trabajo de diploma. ISMM. Moa. Facultad de Geología y Minería, 1992.
67. PEREZ SANZ, EUGENIO. Captaciones y uso del agua para abastecimiento publico en la zona rural de España. Tecnología del agua, noviembre 1995, 145: 29-53 .
68. PEREZ SOSA, ALIUSKA. Caracterización físico – química de las aguas subterráneas que dan abasto a los repartos Haití chiquito, mangos y playa Moa. 2001.

69. Plomo en el agua potable. Lo que usted puede hacer para reducir el plomo en el agua potable. *EPA-815-k-00-001*. mayo 2002. [2003-03-19].
<http://www.epa.gov/safewater/index.html>
70. Población ecología y medio ambiente. Universidad de Navarra. Contaminación del agua. [2003-06-13]. <http://www.1.ceit.es/asignaturas/ecologia/hipertexto/ilcagua>
71. PUPO, AGUSTÍN. Evaluación ingeniero geológica y cálculo de taludes en un área del polígono de la plataforma de la obra CAME I. Trabajo de diploma. ISMMM. Facultad de Geología y Minería. Moa, 1986. 46 p.
72. QUERALT, RAMON. Utilización de las aguas regeneradas y biosólidos" de la Water Environment Federati3n Marbella (Malaga). Tecnología del agua, mayo 1997, 164: 75-83
73. Reconocimiento ambiental del proyecto de explotación minera y beneficio de Ni y Co en la empresa Comandante Ernesto Guevara. Informe Técnico. Empresa ECG. CESIGMA. División América, 1997. 50 p.
74. Revista industria y minería. Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas 2800 Madrid [2003-03-23]. <http://www.lles.es/minas/index.htm>
75. RIOS, GUILLERMO; CARMEN POZOS; JOSE COCA. Eliminación de aceites y grasas en aguas residuales industriales. Tecnología del agua, octubre 1996, 158: 46-52
76. RIVAS T., NIURKA. Estudio morfotectónico del área Moa – Cabañas. Trabajo de diploma. ISMM. Moa. Facultad de Geología y Minería, 1992
77. RODIER, J. Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Barcelona: Omega, 1981
78. RODRIGO JUAN, C.; CARLOS R. LÓPEZ. Micro filtración como tratamiento terciario para reutilización de agua Residual Urbana. Tecnología del agua, septiembre 1997, 168: 57-61
79. RODRÍGUEZ INFANTE, ALINA. Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de los riesgos de génesis tectónica. Tesis de Doctorado. ISMM. Facultad de Geología y Minería. Moa, 1988
80. RODRÍGUEZ PACHECO, ROBERTO Y CANDELA, LUCILA. La contaminación de las aguas subterráneas. Moa. Holguín. Cuba [2003-01-23].
http://www.igme.es/internet/web_aguas/igme/publica/pdflib3/rodrigue.pdf
81. SAMPER, J et.al. La contaminación de las aguas subterráneas: Un problema pendiente. Madrid: Instituto tecnológico Geo-Minero de España, 1999.

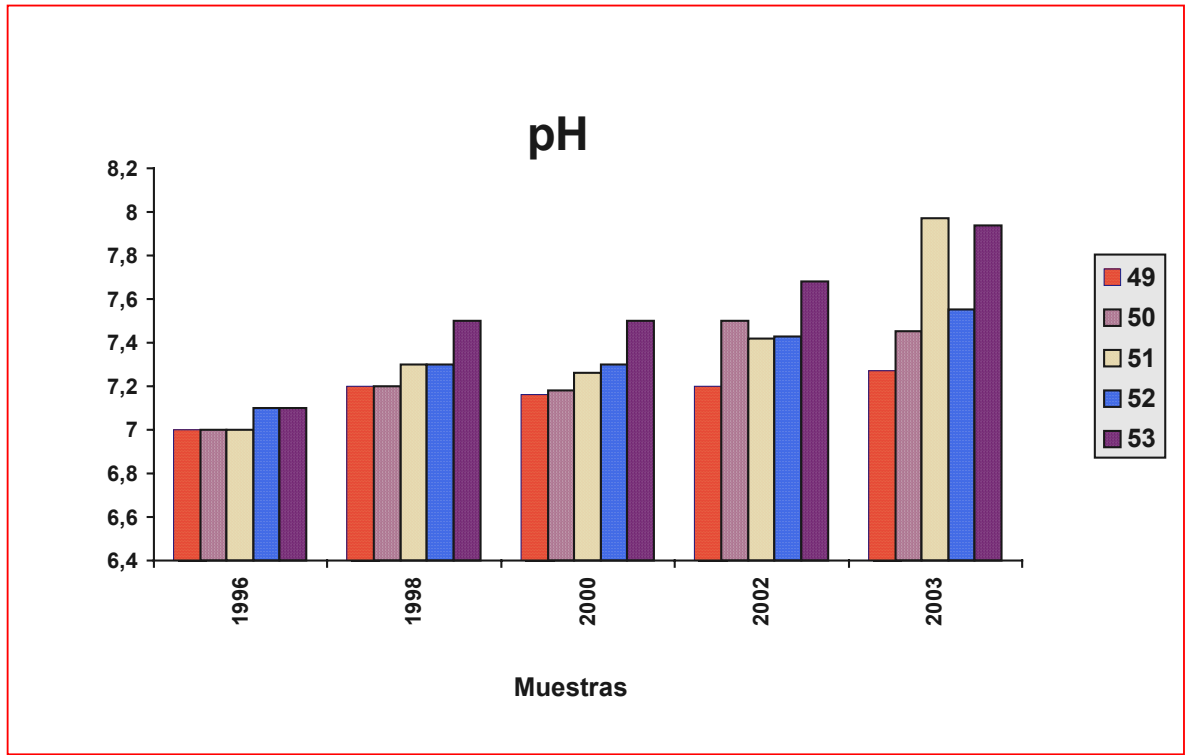
82. SANCHEZ VILA, RAMON ALBERTO. Principales rasgos de la distribución del oro en los depósitos exógenos de la región de Sagua - Moa. Tesis de Maestría. ISMM. Moa. Facultad de Geología y Minería, 1999
83. SANTOS BENITO, GERBACIO; MERCE COMAS FIGUERAS. Índices analíticos biológicos y físico - químicos de calidad del agua. Tecnología del agua, abril 1996, 150: 22-32
84. SHESTAKOV, V.M. Hidrogeología Subterránea. Moscú: Uneshtorgizdat, 1983. 430 p.
85. SOLANILLA LOPEZ, ESPERANZA; F. JUAN IRANZO UBEDA; BENCERY PEREZ CRISTOBAL. Parámetros físicos-químicos e indicadores microbiológicos en la depuración de las aguas residuales de Ciudad Real. Tecnología del agua, marzo 1997, 162: 28-32
86. SOSA MARTINEZ, MERCEDES. Separación de compuestos químicos a partir del licor ácido (RL). Tesis de Maestría . ISMM. Moa, 1998.
87. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. New York: American Public Health Association, 1995
88. Sustancias contaminantes del agua. Ciencias de la tierra y el medio ambiente. <http://www.1.ceit.es/asignaturas/Ecologia/hipertexto/lcagua>
89. Sustentabilidad y medio ambiente. [2003-05-23]. <http://www.usach.cl/ima>
90. Taller Internacional, ciclo de conferencias sobre métodos hidrogeológicos aplicables a estudios ambientales, ISMMM, Moa 19-23 de junio del 2000
91. TERRERO ABELLA. A. Evaluación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del río Moa, Cuba, por efecto de la actividad minero metalúrgica. En: Aspectos Geológicos de protección ambiental Volumen II. Uruguay: Publicado e impreso por la oficina regional de ciencia y tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 1995. p. 143-146.
92. TOIRAC SUÁREZ, M.M. Valoración preliminar de la calidad de las aguas en el área desde Los Indios hasta La Veguita. Tesis de Maestría. ISMMM. Moa, 1997. 60 p.
93. TURRO NAVARRO, ELBA. Evaluación hidrogeoquímica e hidrogeológica de las aguas subterráneas de los sedimentos aluviales de las terrazas del Río Moa. Trabajo de diploma. ISMM. Moa. Facultad de Geología, 1992. 48p.
94. VERNON L SNOEYINK. Química del agua. Manual de laboratorio. Limusa Noriga
95. VIESSMAN, WARREN; LEWIS L. GARY. Intruducción to Hidrology. 4 ed. New York: Haper Collins Collage Publishers, 1996. 760p

Anexos Gráficos:

Tabla N° Propiedades Físicas. Complejo acuífero de la Veguita

año	No Lab.	Muestras	pH	Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$)	Turbidez (NTU)	Salinidad (%)	STD (mg/l)	Color (Esc/Pt-Co)
1996	21	49	7	436	0.43	0.2	22	-
	22	50	7	251	0.4	0.1	119	-
	23	51	7	236	0.4	0.1	110	-
	24	52	7.1	187	0.4	0.0	101	-
	25	53	7.1	321	0.5	0.0	154	-
1998	26	49	7.2	436	0	0.2	222	0
	27	50	7.2	250	0	0.1	118	0
	28	51	7.3	295	0	0.1	142	0
	29	52	7.3	249	0	0.0	117	0
	30	53	7.5	317	0	0.0	150	0
2000	31	49	7.16	525	5	0.1	209	19
	32	50	7.18	238	2	0.0	95	12
	33	51	7.26	356	4	0.0	142	18
	34	52	7.3	256	1	0.0	110	1
	35	53	7.5	253	2	0.0	118	3
2002	41	49	7.2	687.3	3	0.1	234	14
	42	50	7.5	245	2	0.0	101	1
	43	51	7.42	462.8	3	0.0	182.4	10
	44	52	7.43	268	1	0.0	104	2
	45	53	7.68	259	3	0.0	121	2
2003	46	49	7.27	1100	47	0.3	436	8
	47	50	7.45	260	0	0.0	107	1
	48	51	7.97	353	12	0.0	107	2
	49	52	7.55	316	0	0.0	130	3
	50	53	7.94	267	4	0.0	110	4

Figura 2



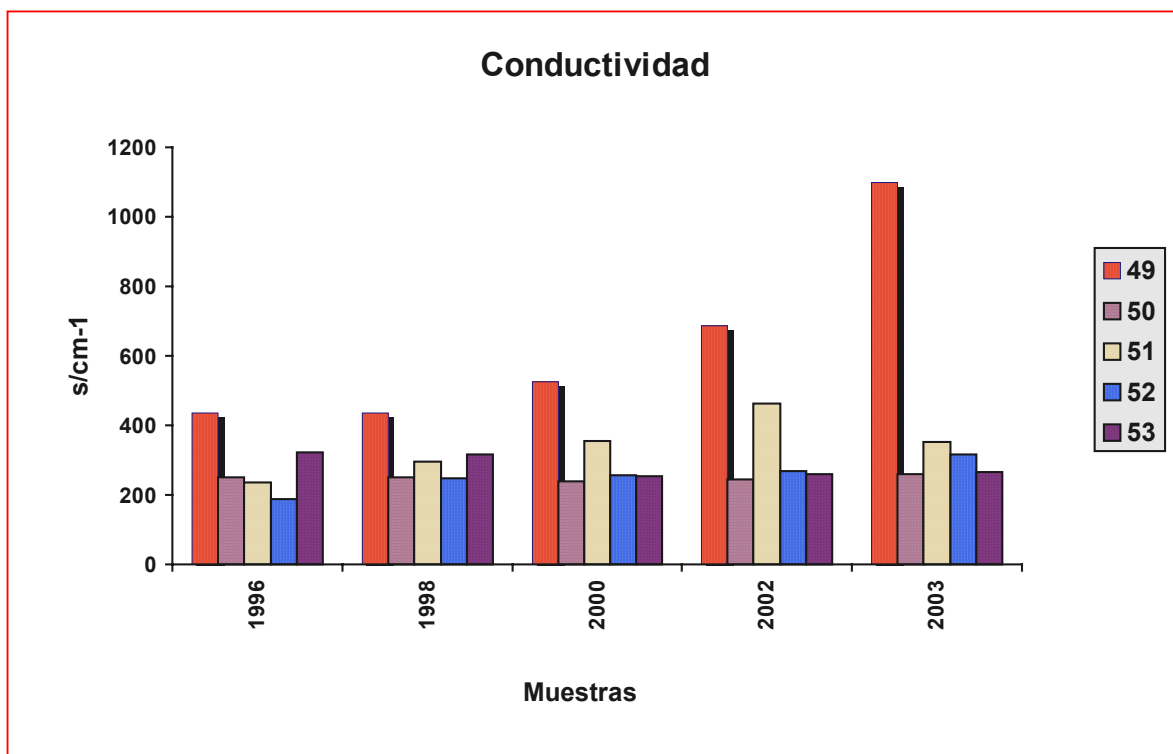


Figura # 3

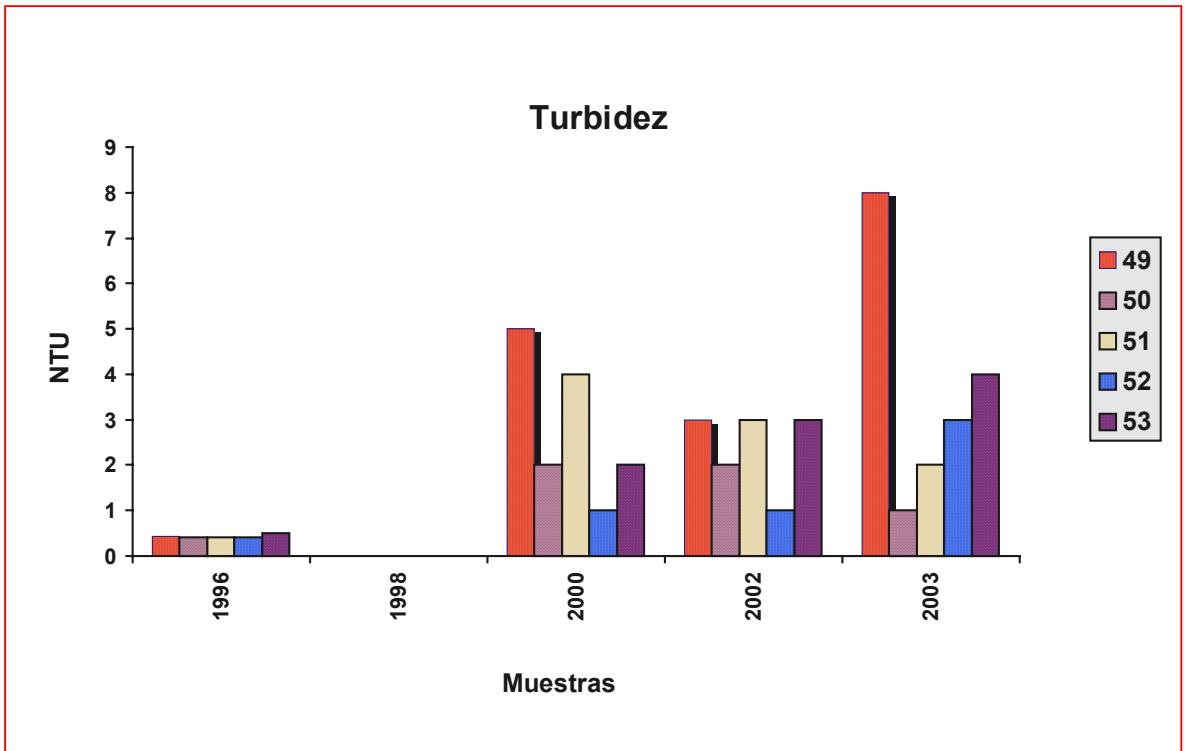


Figura # 4

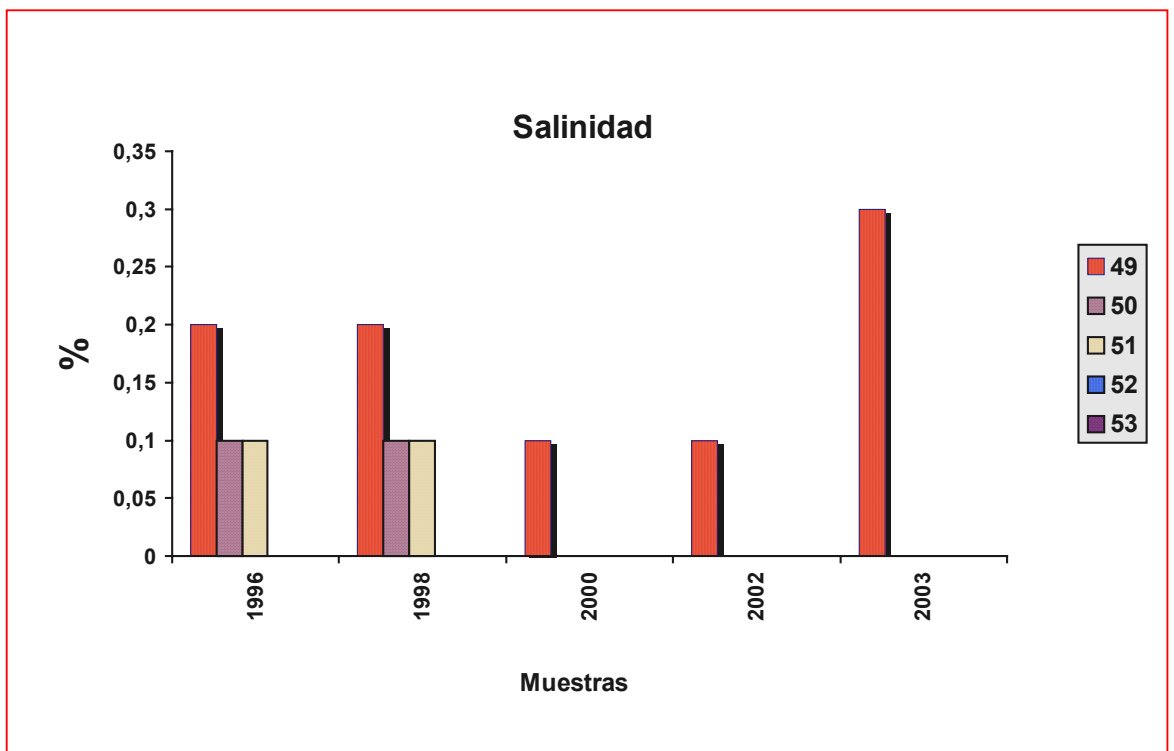


Figura # 5

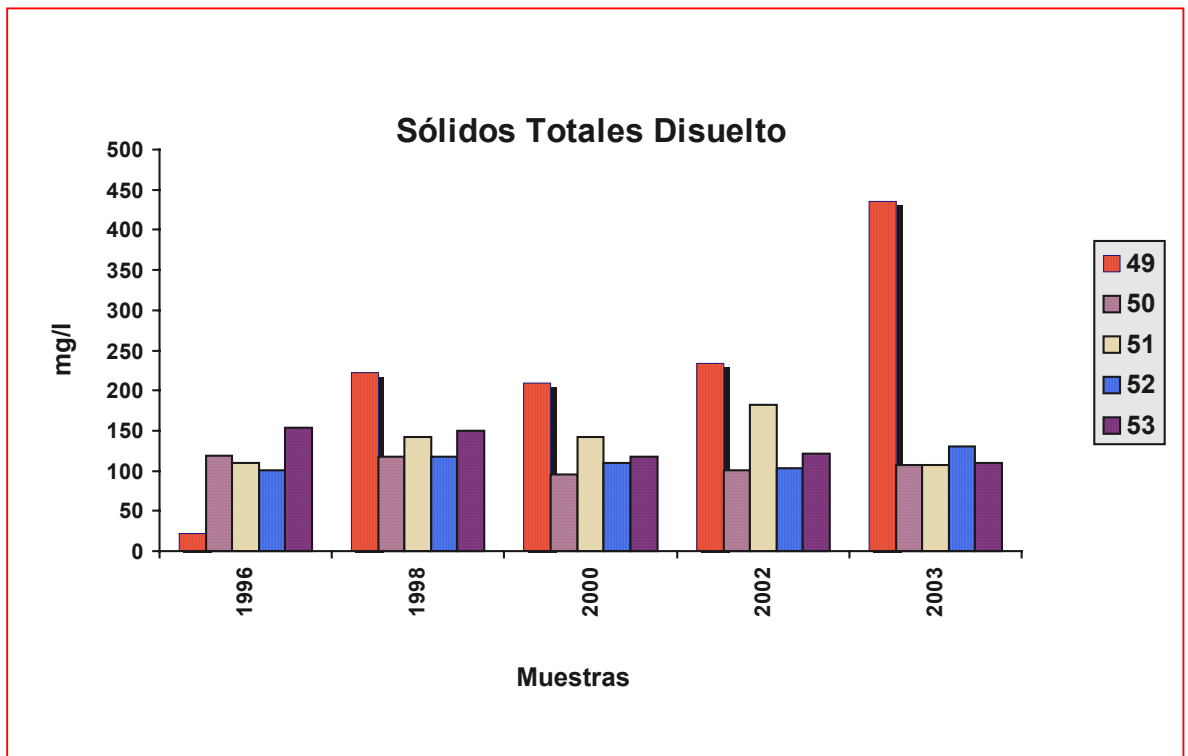


Figura # 6

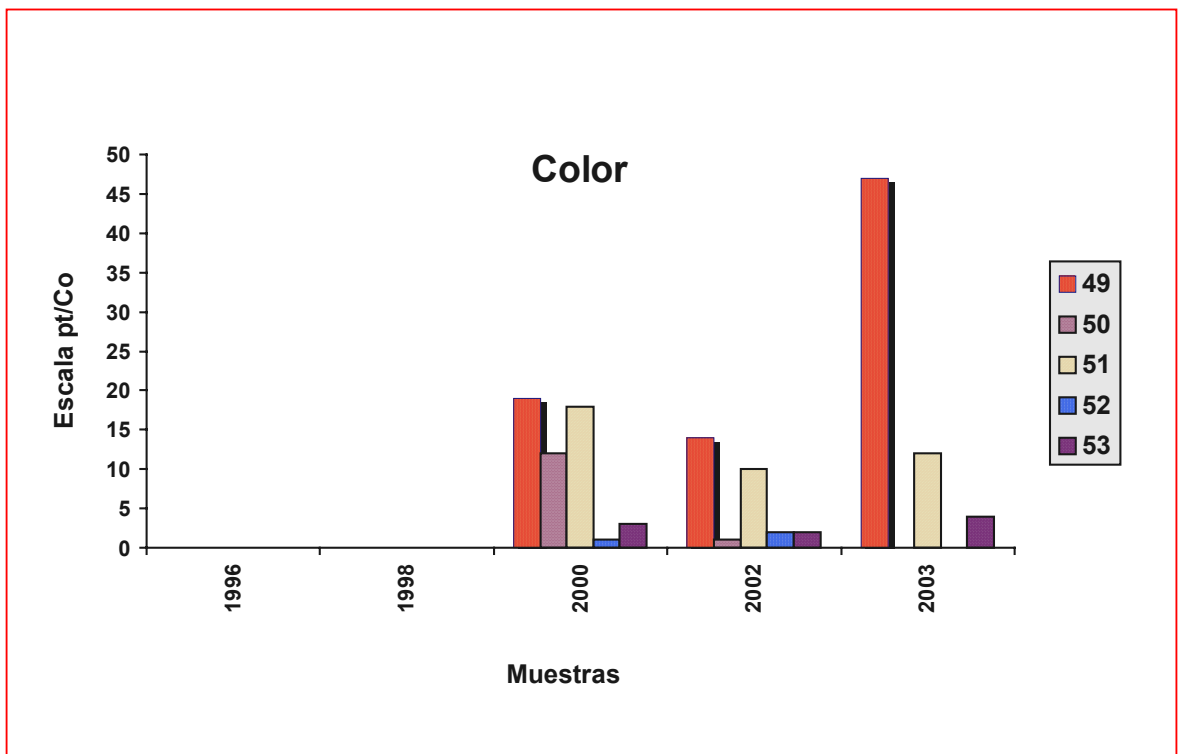


Figura # 7

Propiedades químicas.

Año	Muestra	Conc.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	M. Org..	Minerl.	D.Total Mg-equiv/1
Año 1996	P-49	mg/l	8.93	54.2	12.3	3.3	0.288	115.93	0	0	0.28	25.52	271.7	0.7	0.49	4.90
	P-50	mg/l	7.31	21.71	5.2	1.9	0.057	109.8	0	0	0.244	18.15	6.5	0.7	0.125	2.16
	P-51	mg/l	7.31	35.5	6.33	2.1	0.057	106.9	0	0	0.36	8.5	10.5	0.72	0.17	3.28
	P-52	mg/l	7.31	18.75	7.5	2.9	0.046	91.53	0	0	0.30	8.5	5.5	0.75	0.12	1.91
	P-53	mg/l	8.93	29.54	7.4	2.6	0.057	97.63	0	0	0.37	8.52	2.8	0.6	0.23	2.87
Año 1998	P-49	mg/l	8.99	42.03	0.69	0.55	0.285	117.07	0	0.011	0.291	25.49	62.81	0.73	0.39	3.91
	P-50	mg/l	7.308	22.92	0.44	0.5	0.07	110.91	0	0.009	0.25	18.14	54.49	0.72	0.147	2.25
	P-51	mg/l	7.30	38.39	0.44	0.25	0.071	102.22		0.0116	0.357	21.62	10.49	0.72	0.149	3.52
	P-52	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--
	P-53	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Año 2000	P-49	mg/l	14.28	57.66	9.2	0.2	0.299	143.9	0	0.002	0.51	19.56	186.49	1.06	0.43	5.45
	P-50	mg/l	6.7	22.5	7.4	0.2	0.178	97.6	0	0.009	0.35	19.23	19.14	1.64	0.7	2.18
	P-51	mg/l	10.8	38.78	8	0.2	0.098	109.8	0	0.009	0.382	19.88	73.62	1.13	0.26	3.73
	P-52	mg/l	12.2	56.9	9.6	0.38	0.127	107.9	0	0.007	0.37	18.5	31.6	0.98	0.4	5.29
	P-53	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Año 2002	P-49	mg/l	20.16	69.4	15	0.37	0.31	128.5	0	0.019	0.5	20.8	159.5		0.45	6.71
	P-50	mg/l	6.72	25.55	7.2	0.23	0.25	125.1	0	0.017	0.4	18.2	17.6		0.148	2.44
	P-51	mg/l	12.6	43.4	11.85	0.2	0.27	112.2	0	0.018	0.38	19.2	160.7		0.21	4.20
	P-52	mg/l	8.40	26.3	6.5	0.21	0.27	105.02	0	0.016	0.39	17.27	25.1		0.30	2.58
	P-53	mg/l					0.2									
Año 2003	P-49	mg/l	38.52	139.55	18.9	0.4	0.39	152	0	0.0549	1.15	21.61	446	1.96	0.45	13.4
	P-50	mg/l	11.98	33.95	6.8	0.2	0.28	112	0	0.047	0.71	18.07	21.33	1.87	0.38	3.39
	P-51	mg/l	11.13	32.28	9.2	0.22	0.28	112	0	0.064	0.65	20.82	22.18	1.26	0.356	3.21
	P-52	mg/l	10.27	43.27	7.23	0.27	0.29	164	0	0.023	0.77	22	32.19	1.2	0.4	4.07
	P-53	mg/l	11.98	33.95	6.15	0.19	0.28	92	0	0.0169	0.68	25.93	22.30	0.95	0.41	3.39

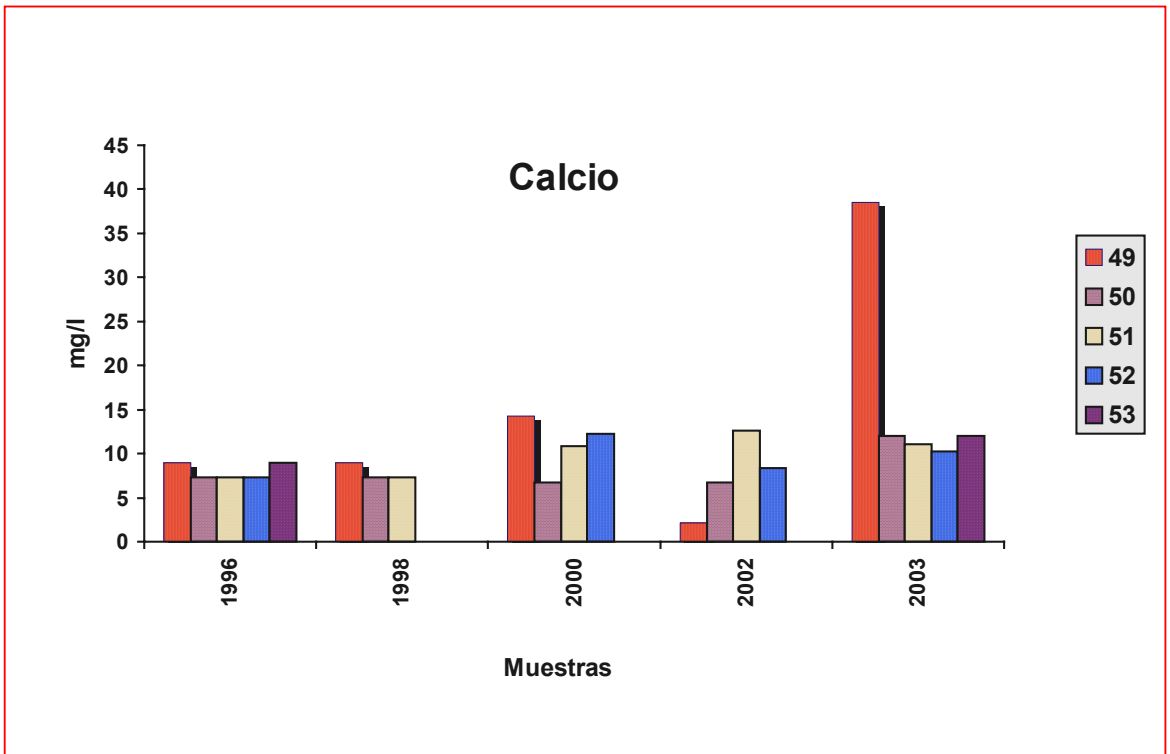


Figura # 16

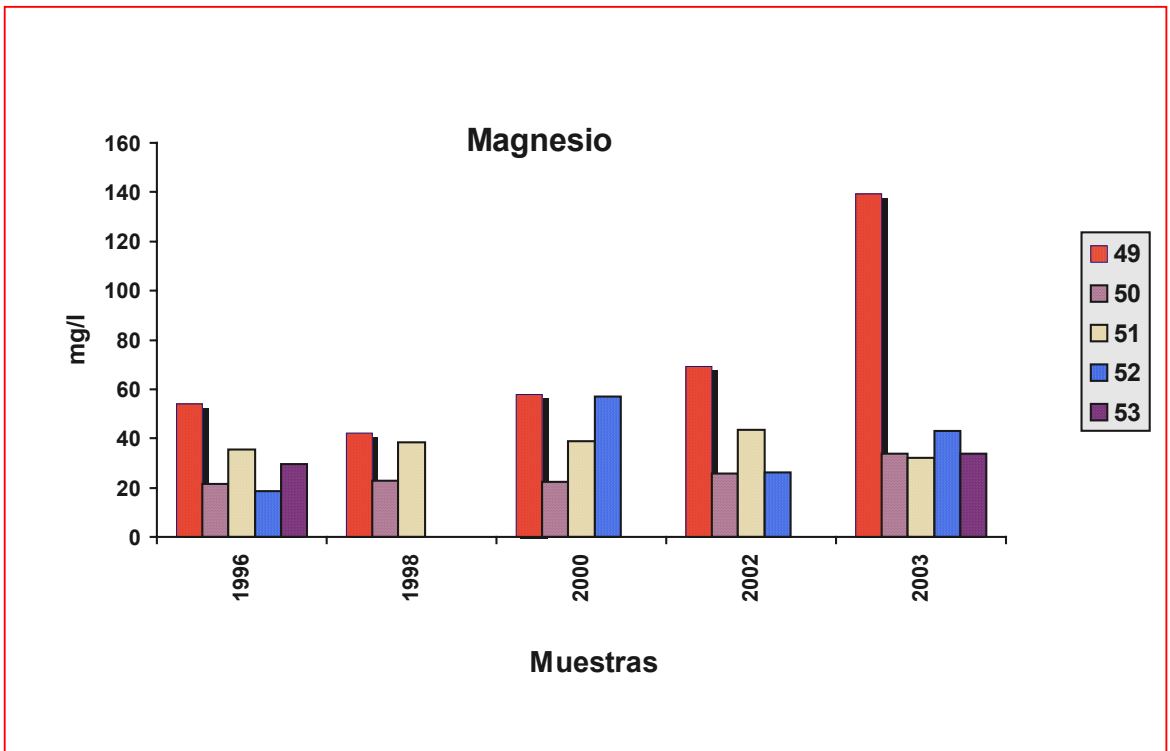


Figura # 17

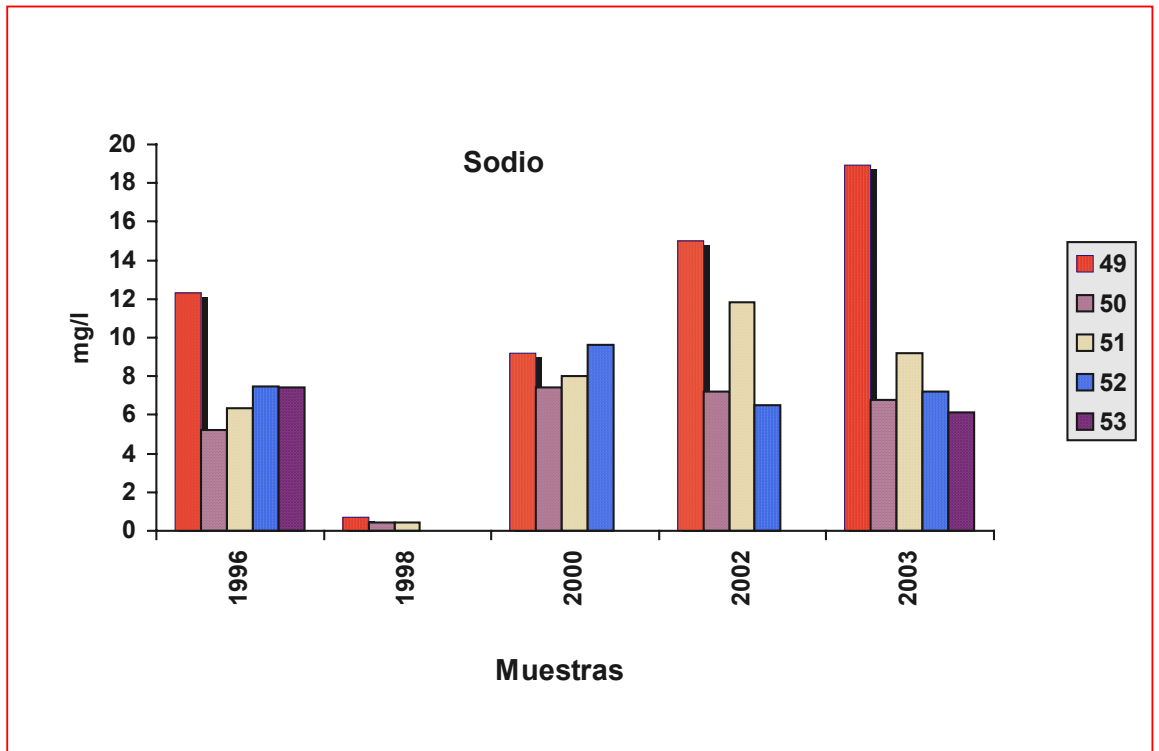


Figura # 14

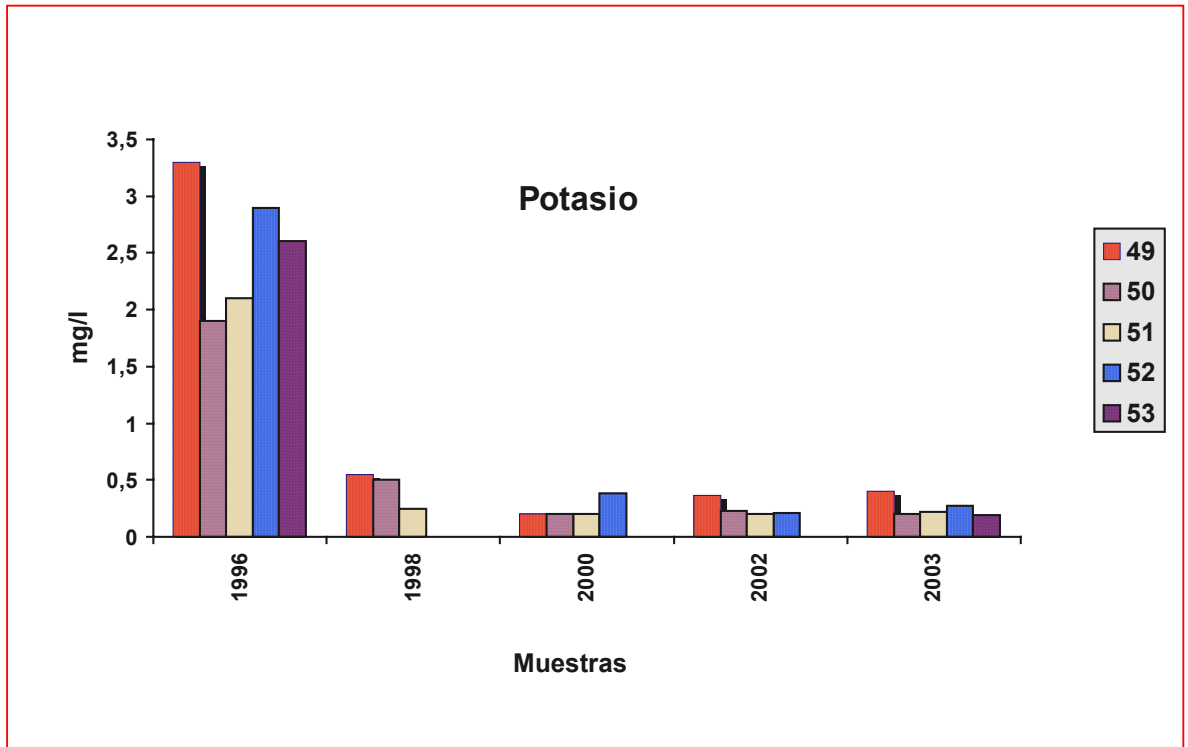


Figura # 15

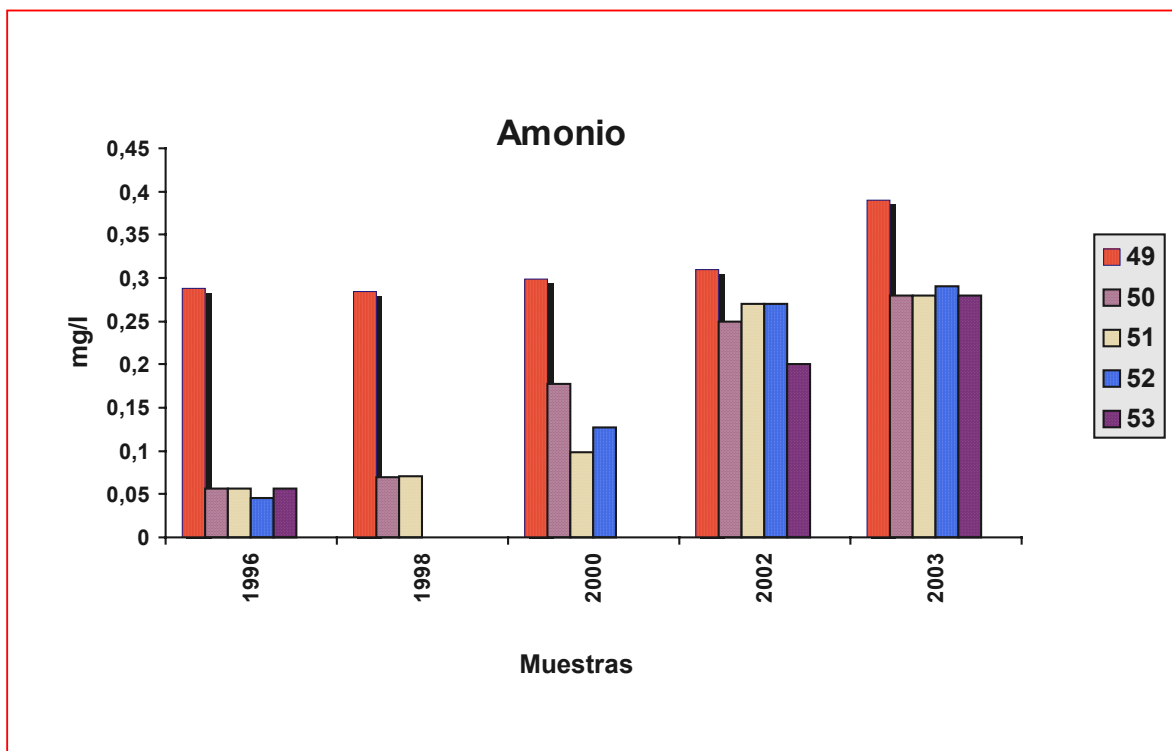


Figura # 12

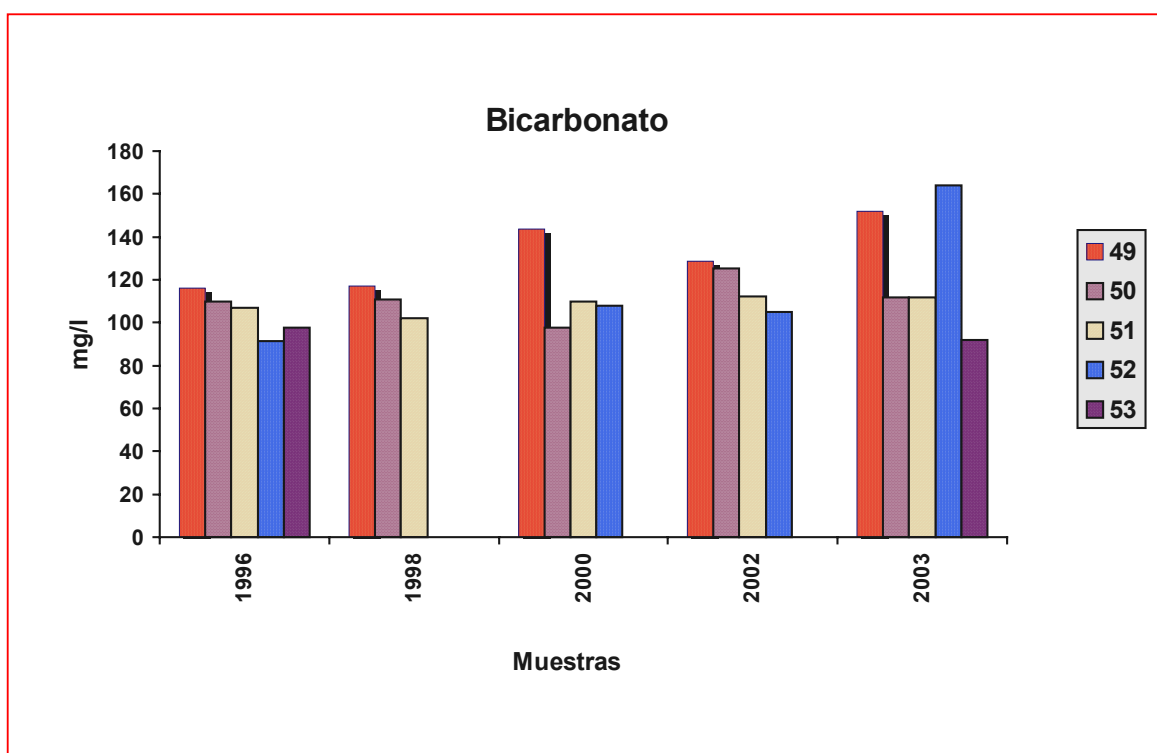


Figura # 13

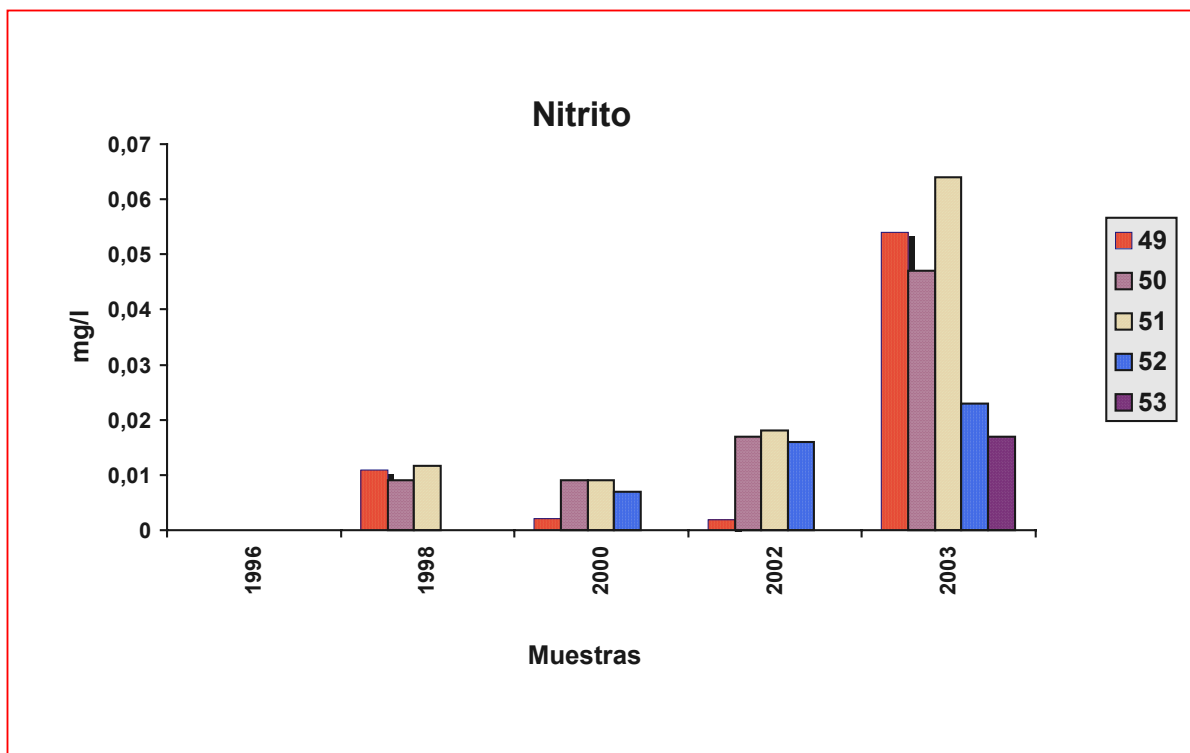


Figura # 10

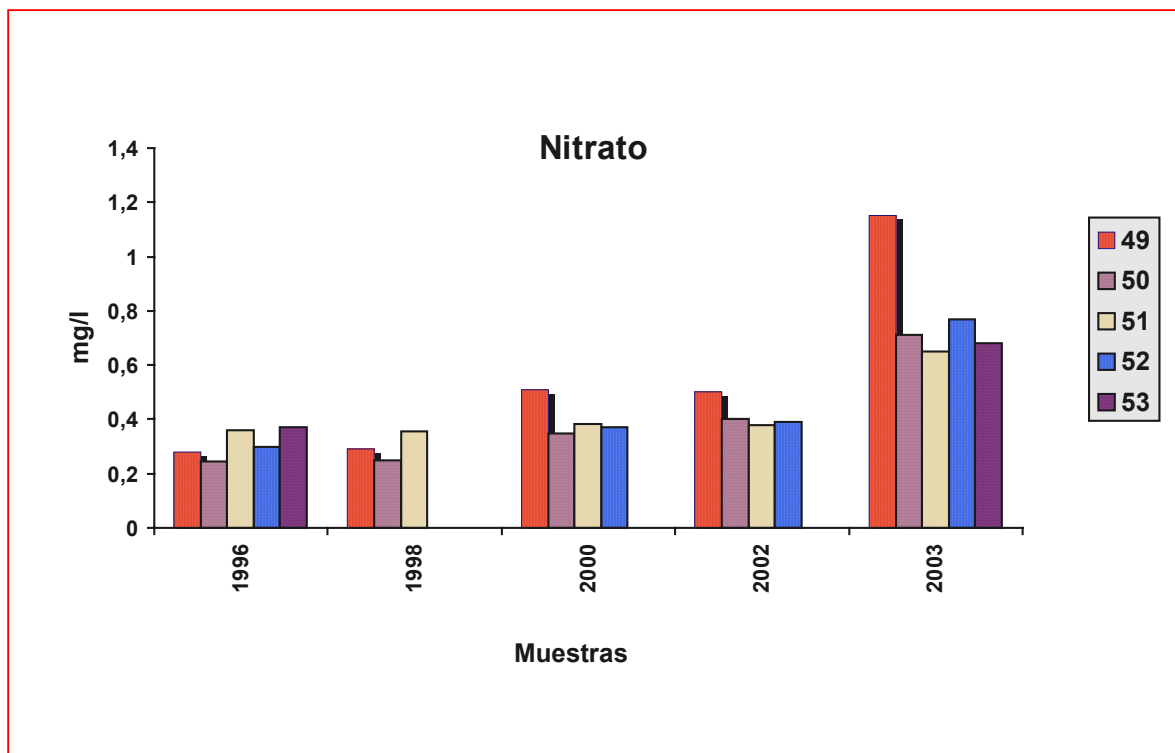


Figura # 11

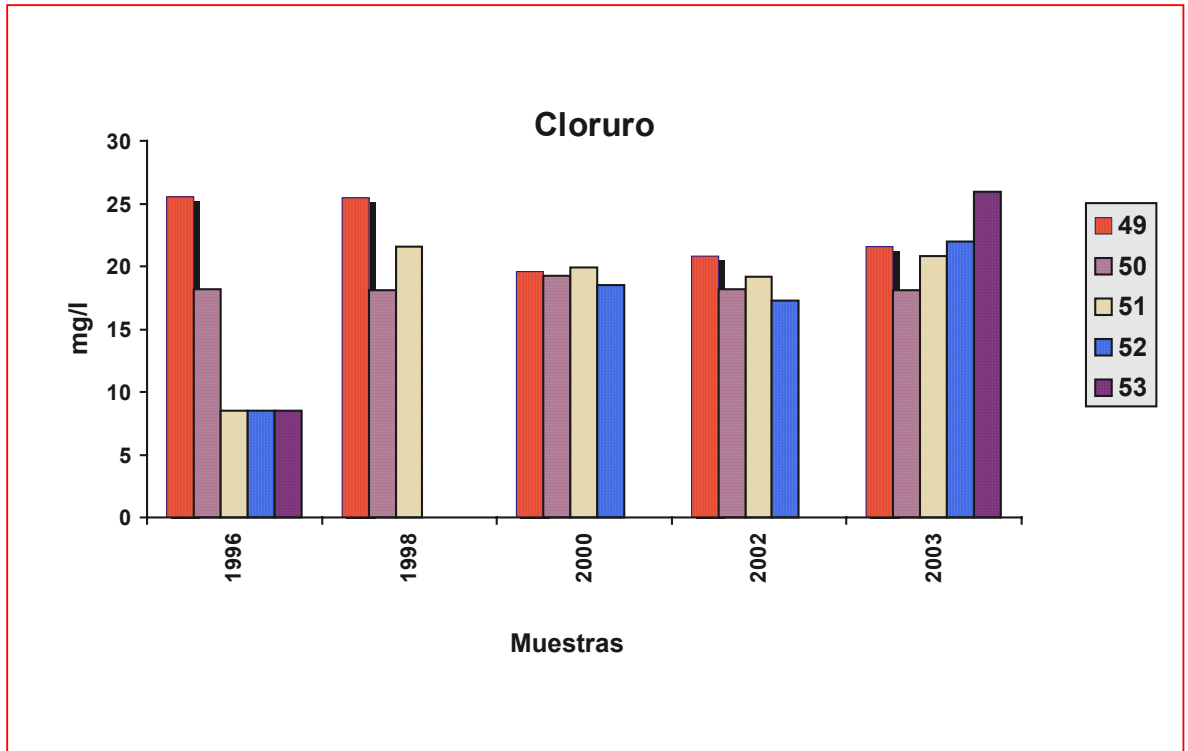


Figura # 8

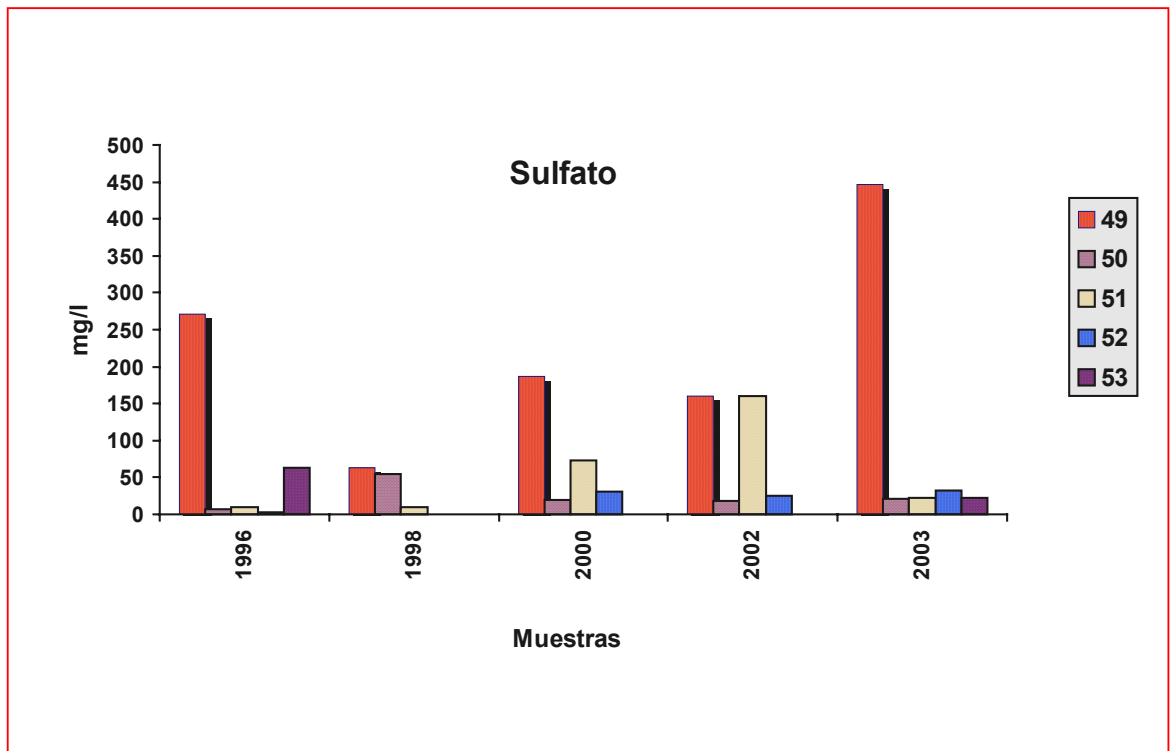


Figura # 9

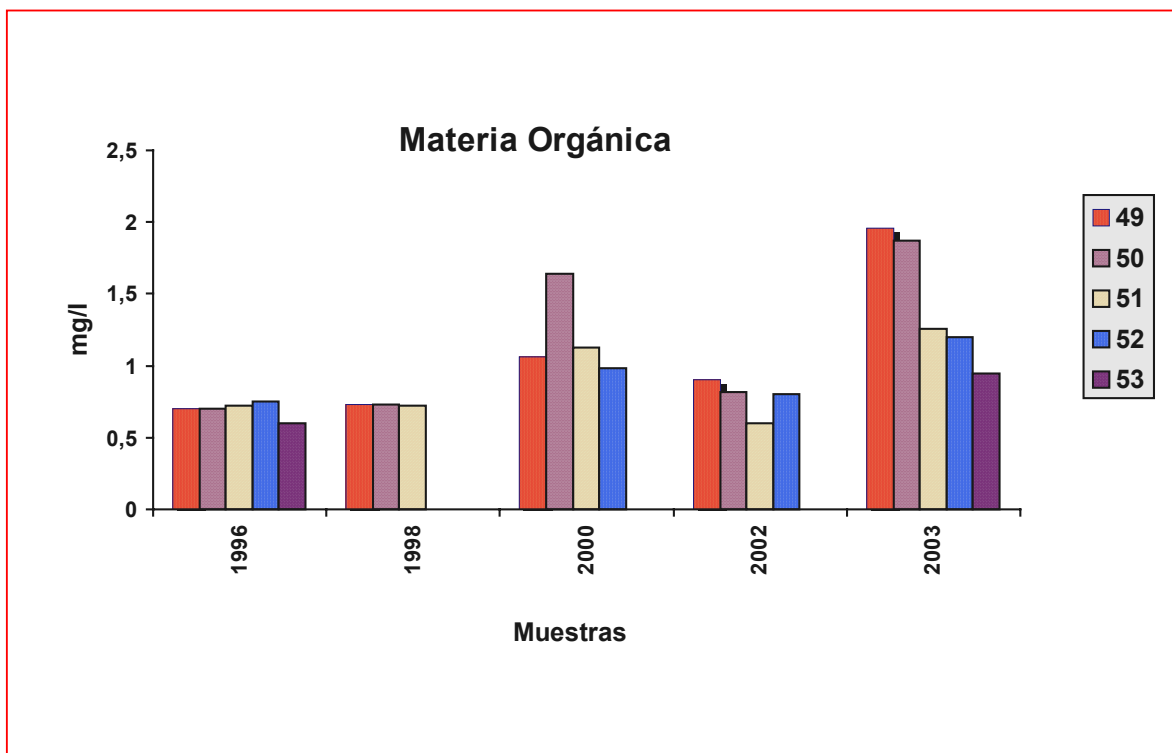


Figura # 18

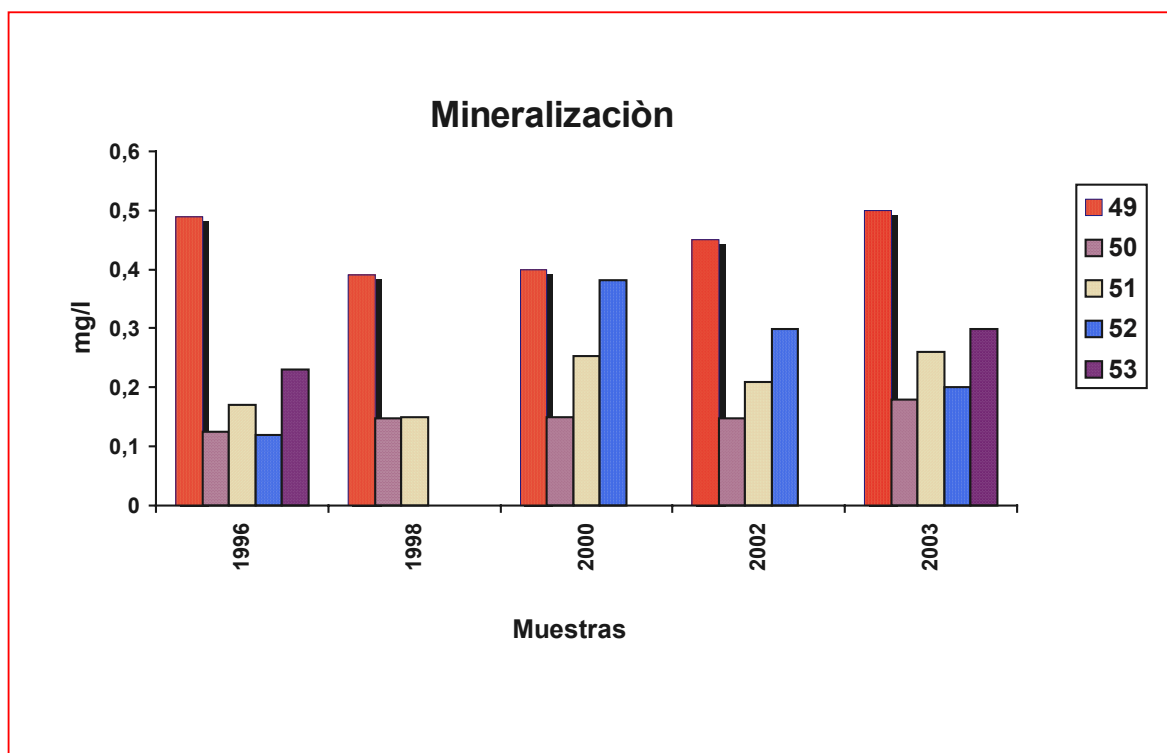


Figura # 19

Tabla de datos reales.

	Localidad	coord. X	Coord Y	Diámetro (m)	Profund. (m)	Tipo de Encamisado	Tapa	Foco Contam.	Distancia Foco Contm(m)
1	Playa-12	697.450	224.100	0.79	1.24	Cemento	No	Fosas letrina	20 , 7 y 30
2	Playa-6	697.425	224.095	0.57	1.51	Metálico	Si	Fosa letrina	15 y 25
3	Playa-20	697.465	224.057	2.41	1.63	No	No	fosas	15 y 25
4	Playa -2	697.477	224.025	0.81	1.34	Metálico	Si	Fosas letrina	28 y 25
5	Playa -9	697.640	224.055	0.57	0.76	Metálico	Si	Fosa l	15
6	Playa -23	697.638	224.070	0.45	0.57	Metálico	Si	Letrina	20
14	Playa -41	697.245	223.751	-	-	Cemento	Si	No	No tiene
15	Playa -24	697.425	223.750	0.50	1.92	No	Si	Fosas	6
17	Playa -40	697.647	223.623	1.60	0.47	No	No	Zanja	2
19	Playa -28	697.585	223.706	0.57	0.50	Metálico	Si	Letrina	5
10	P.Nuevo-49	697.455	223.966	0.55	1.00	Metálico-Cemento	Si	Fosas	8 y 15
	P.Nuevo.15								
18	P.Nuevo -6	697.615	223.650	1.15	0.30	No	No	Fosa	25
8	Mangos-45	697.550	224.015	0.57	0.88	Metálico	Si	Fosa	10
9	Mangos-47	697.550	223.980	0.57	1.13	Metálico	Si	Fosas	3 y 20
11	Mangos-54	697.560	223.936	0.58	1.34	Metálico	Si	No	No tiene
13	Haiti C.-52	697.521	224.054	0.42	0.40	Plástico	Si	Fosa	10
7	Joselillo -43	697.595	224.035	0.50	0.89	Cemento	Si	Fosa	25

Año	Muestra	Ni	Co	Mn	Cr ⁶⁺	Fe
2001	49	0.04	0	0.081	0.0013	0.209
	50	0.31	0	0.033	0.0047	0.093
	51	.036	0	0.043	0.0081	0.120
	52	0.04	0	0.01	0.0097	0.090
	53	-	-	-		
2003	49	0,45	0,0018	0,098	0,0016	0.22
	50	0,375	0,0012	0,0375	0,0125	0.085
	51	0,41	0,001	0,041	0,0085	0.162
	52	0,038	0,001	0,014	0,012	0.1
	53	0,0395	0,0015	0,045	0,005	0.097

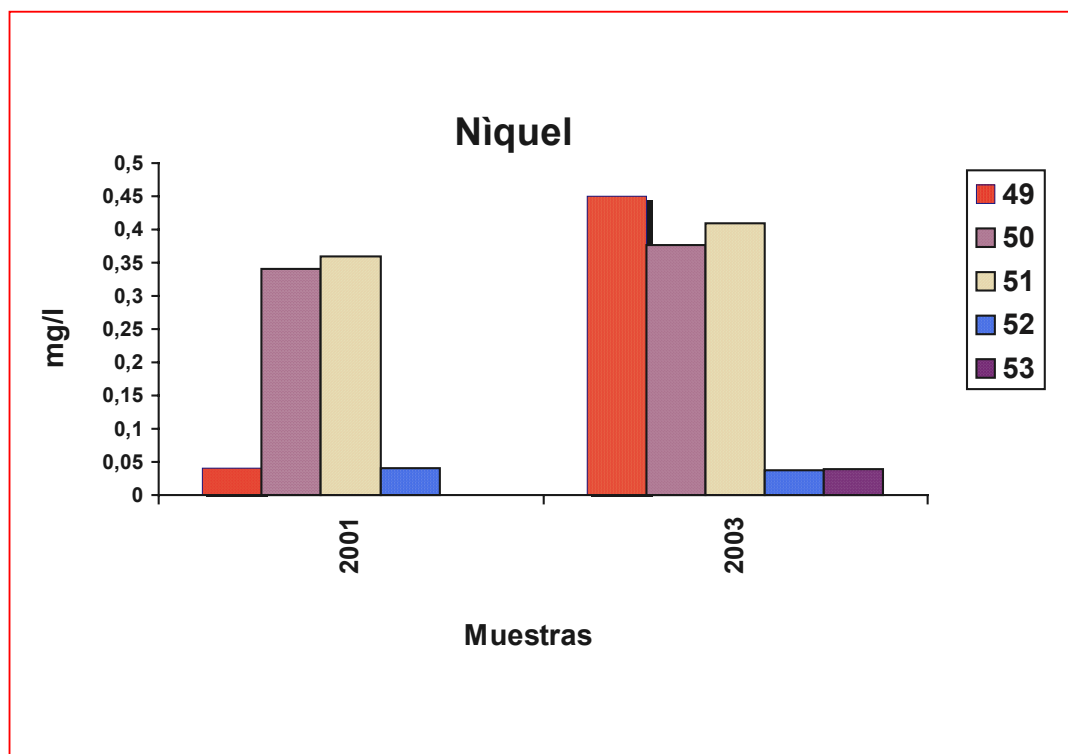


Figura # 33

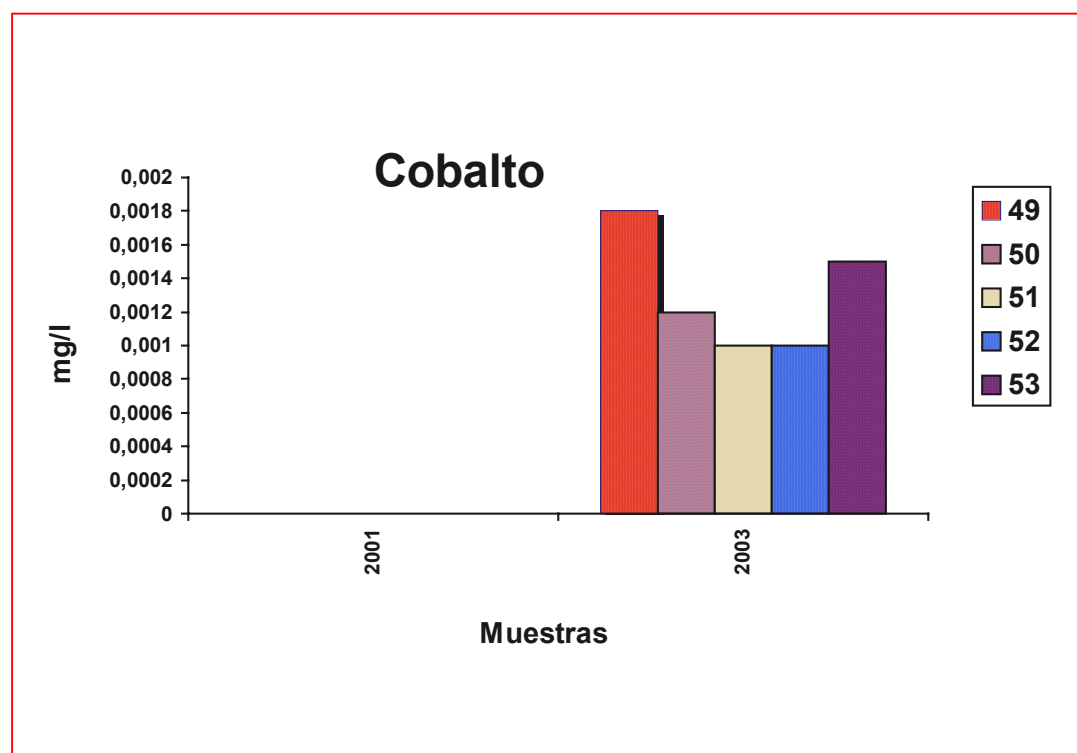


Figura # 34

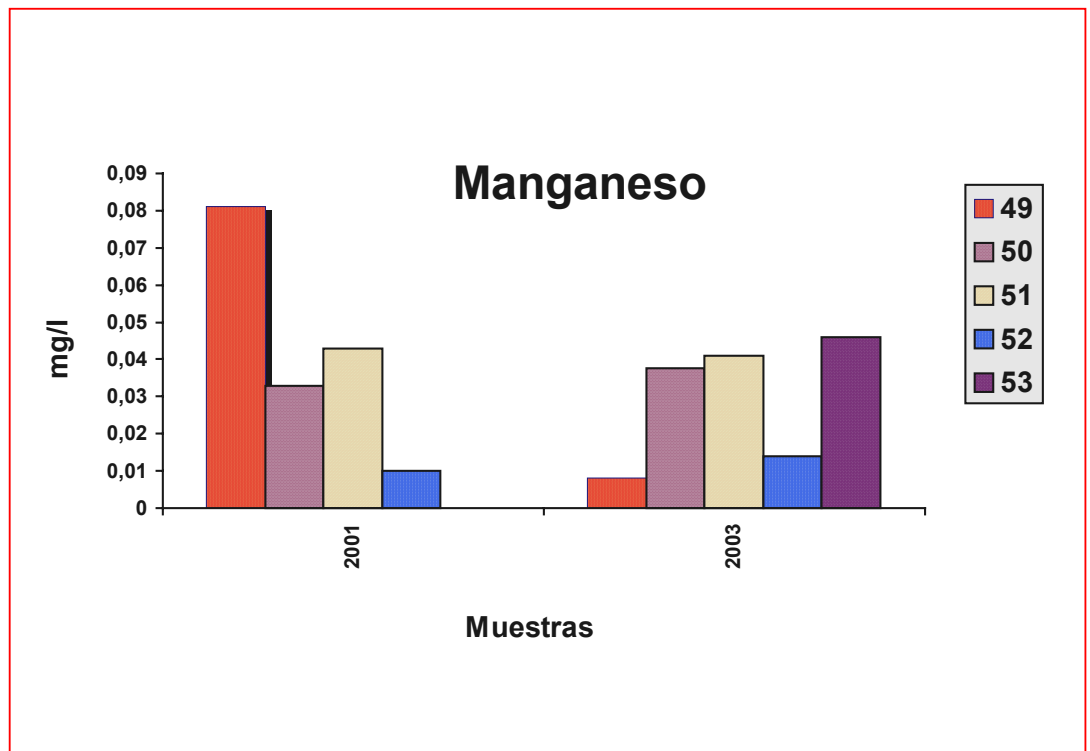


Figura # 35

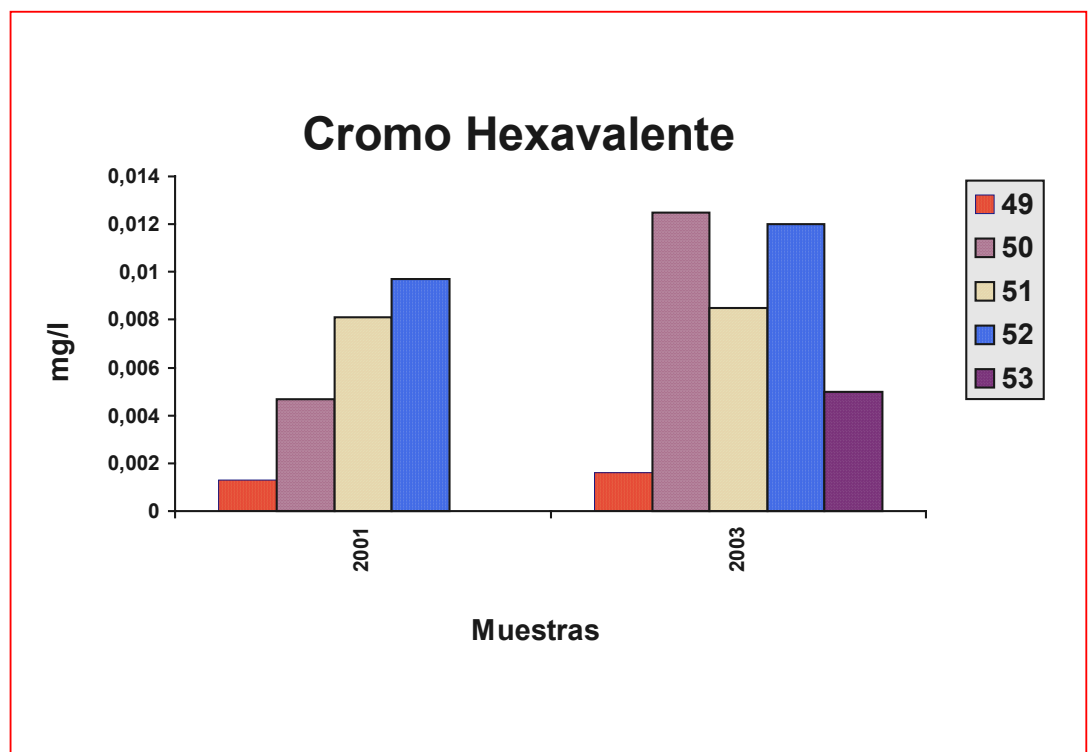


Figura # 39

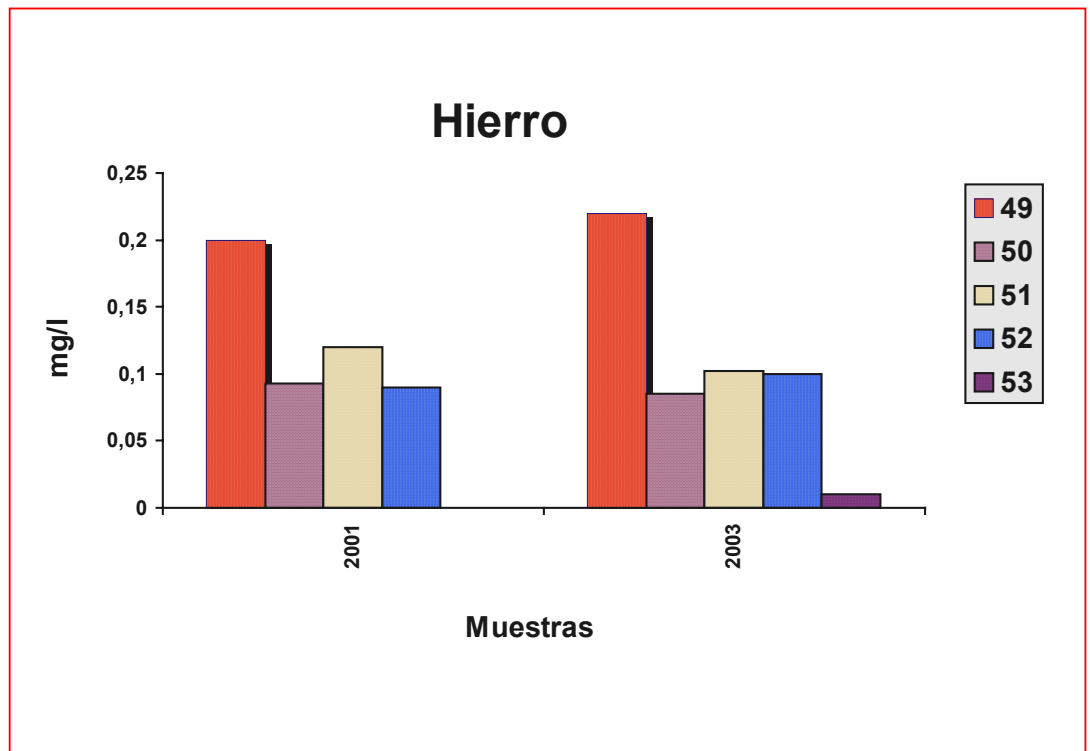


Figura # 40

AÑO	Resultados de los analisis fisicos de las aguas superficiales.					
	Muestras	pH	Conductividad	Turbidez	STD(m/l)	Color(Esc/Pt-Co)
	Cruda	8.30	124.6	21.77	51.9	115.2
2002	Filtrada	7.50	141.4	1.20	57.67	2.36
	Cruda	8.34	165.6	6.48	67.9	34.17
2003	Filtrada	8.34	168.4	1.10	69.16	1.8
2003	Presa	8.57	192.0	4.00	70	16

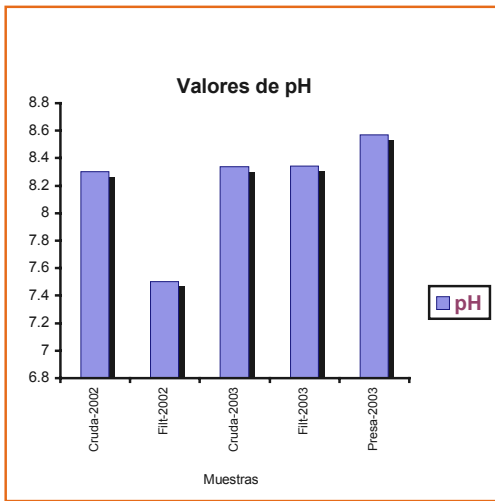


Figura #

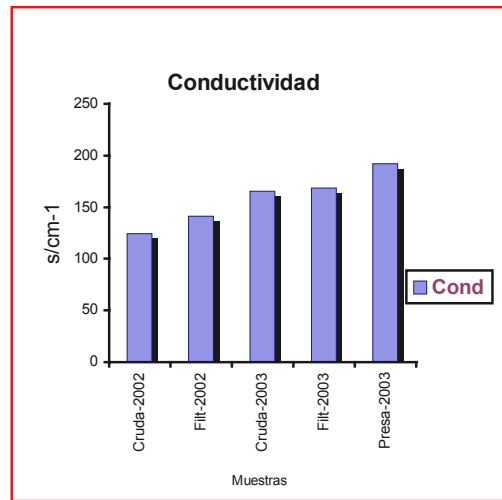


Figura #

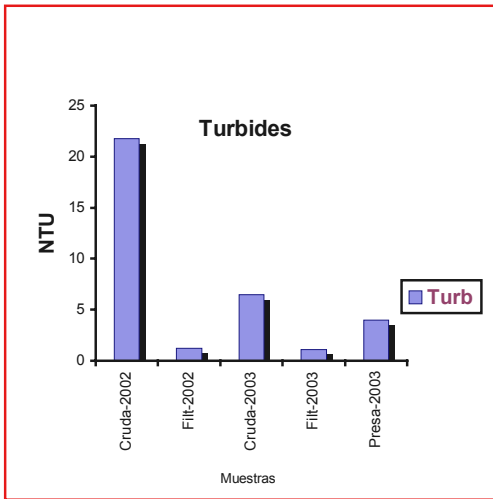


Figura #

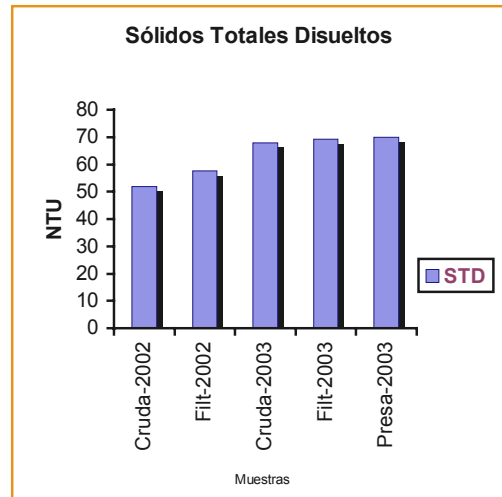


Figura #

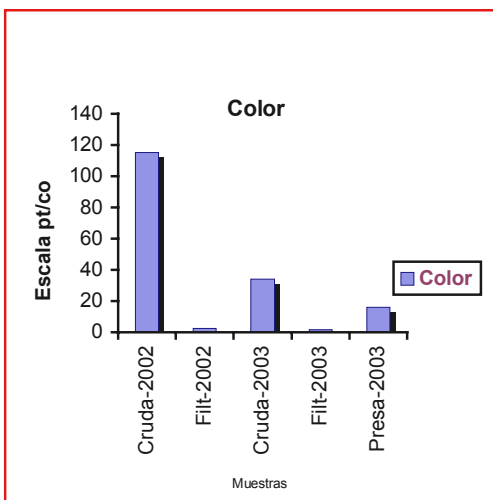


Figura #

Resultados de los analisis de los elementos minoritarios de las aguas superficiales.									
AÑO	Muestras	Ni	Co	Mn	Cu	Zn	SiO₂	Cr6+	Fe(Total)
	Cruda	0.043	0.002	0.5984	0.004	0.02	13.55		1.143
2002	Filtrada	0.023	0.0006	0.366	0.001	0.036	11.945		0.152
	Cruda	0.01	0.003	0.38	0.001	0.09	14.47	0.018	0.546
2003	Filtrada	0.003	0.002	0.267	0.0025	0.016	13.45	0.009	0.161
	2003 Presa								

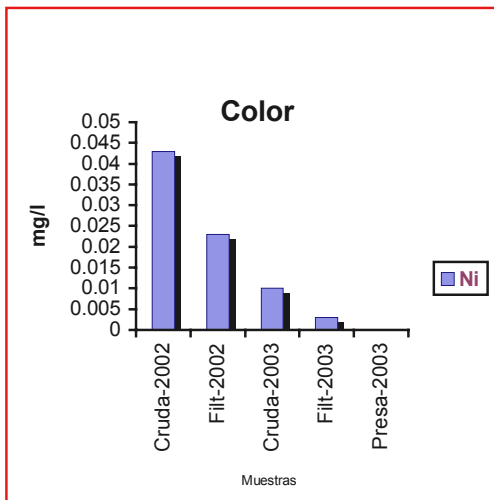


Figura #

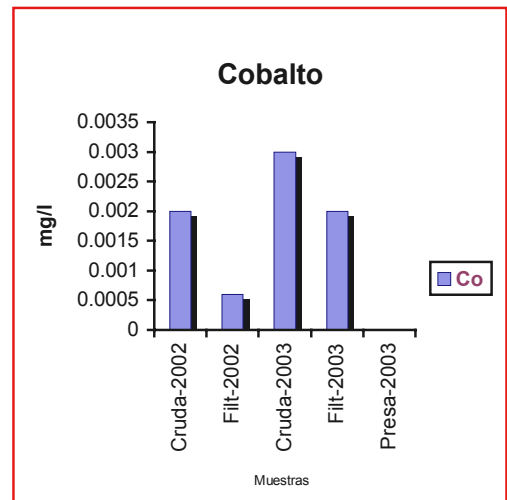


Figura #

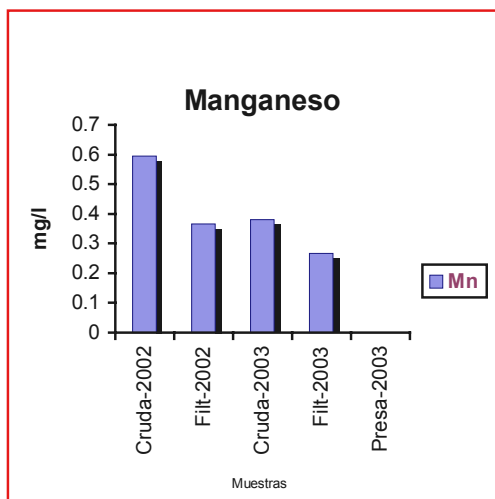


Figura #

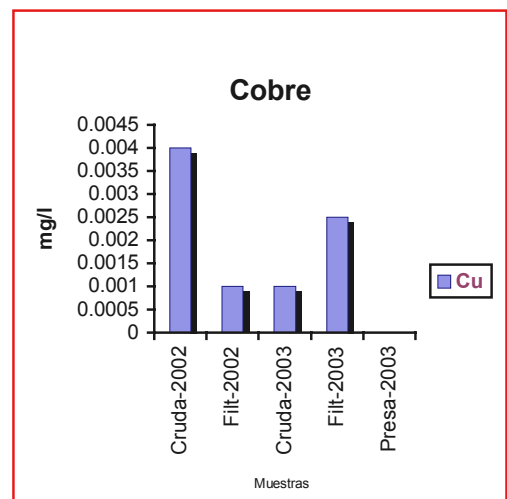


Figura #

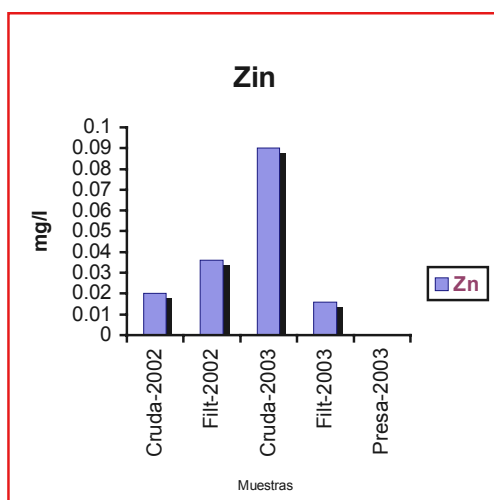


Figura #

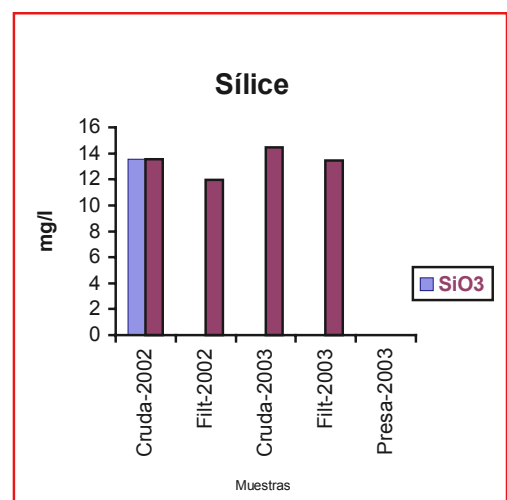


Figura #

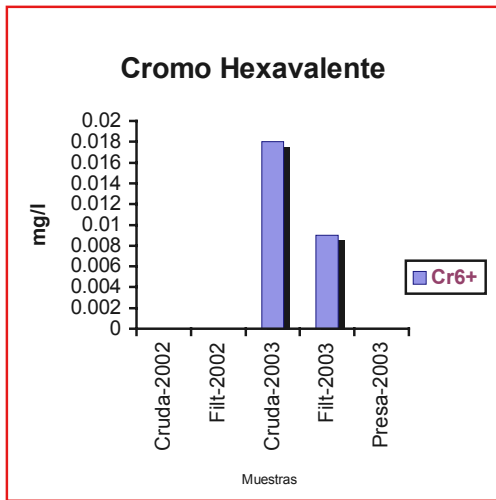


Figura #

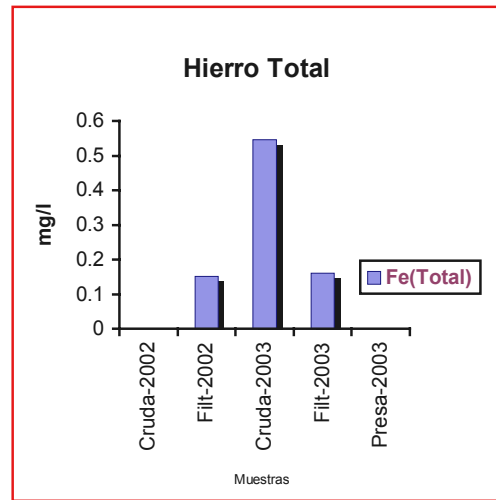


Figura #

Resultados de los analisis fquimicos de las aguas superficiales.																			
AÑO	Muestras	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	Na⁺	K⁺	NH₄	HCO₃⁻	CO₃⁻	NO₂⁻	NO₃⁻	Cl	SO₄⁻²	D.Total	D.Cal	D.Mag	M.Org	R.Seco	Min	D.Total
	Cruda	3.76	18.1	2.067	0.267	1.28	70.87	1.68	0.023	0.477	17.64	4.456	84	9.5	74.5	1.9			
2002	Filtrada	5.47	19.4	1.933	0.267	1.15	61.02	0	0.0013	1.382	19.83	10.827	97.47	14	80	1.06			
	Cruda	4.36	18.44	13.5	0.1	0.98	95.56	2.42	0.016	1.374	19.45	3.184	87	11	78.9	2			
2003	Filtrada	5.54	18.54	13.4	0.1	0.83	90.5	0	0.00192	0.912	21.35	7.553	89.93	14	76	1.033			
2003	Presa	7.06	19.52	3.05	0.12	0.03	114	3.6	0.0023	0.897	19.25	5.08	98.88	18.54	80.33	2.6			

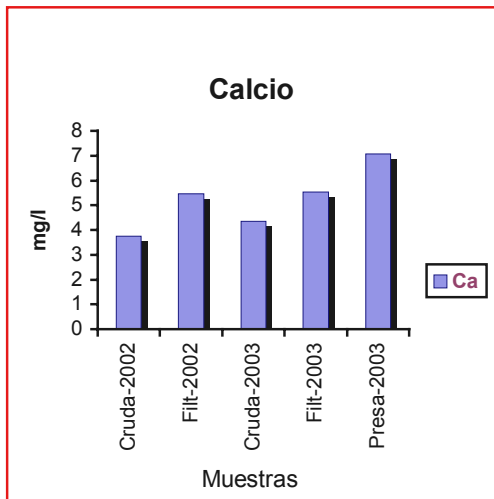


Figura #

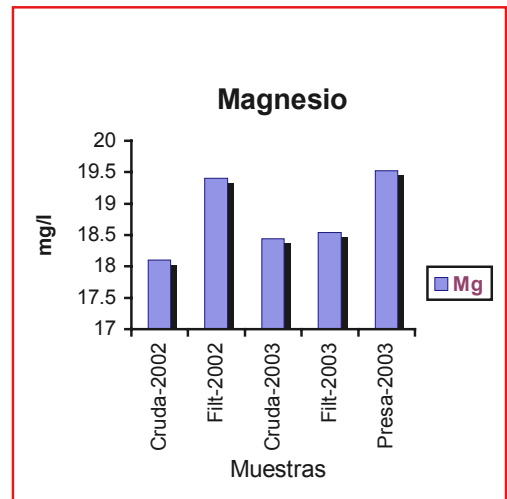


Figura #

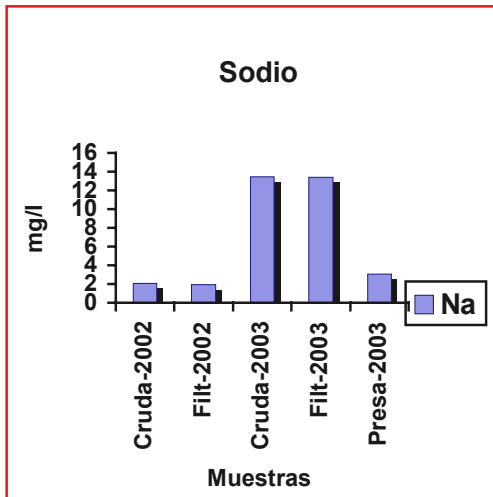


Figura #

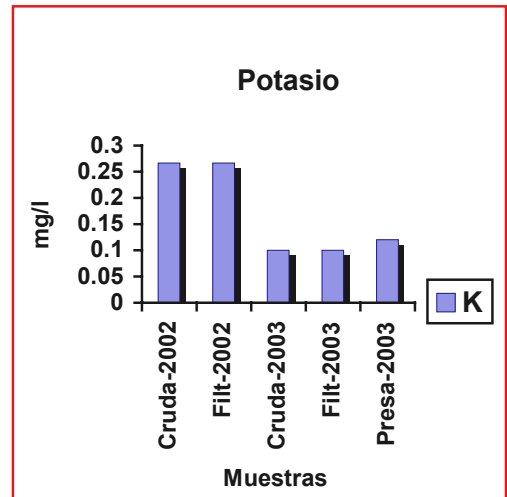


Figura #

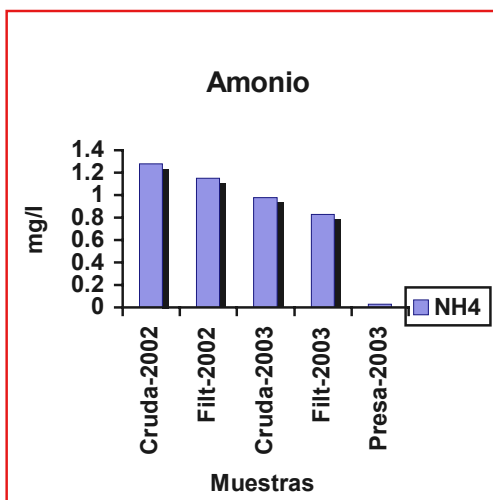


Figura #

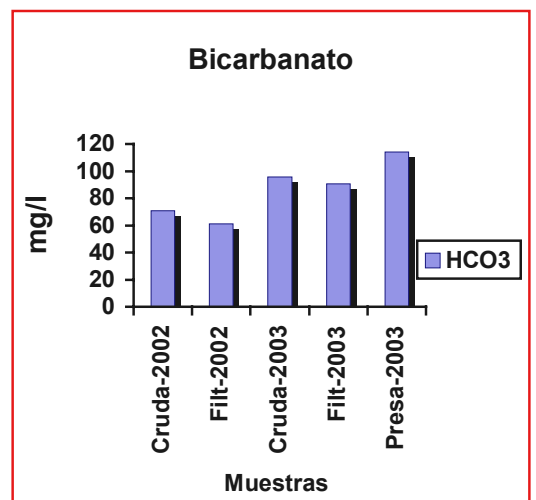


Figura #

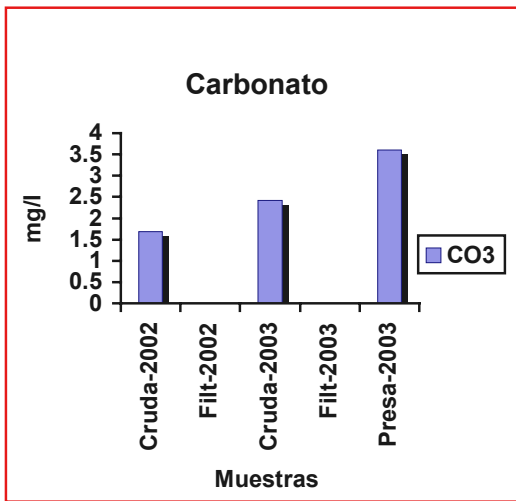


Figura #

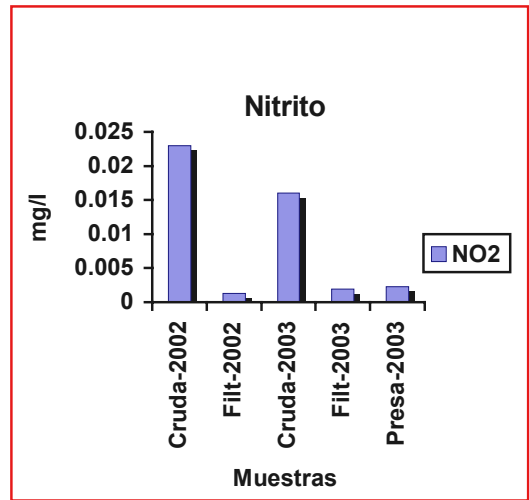


Figura #

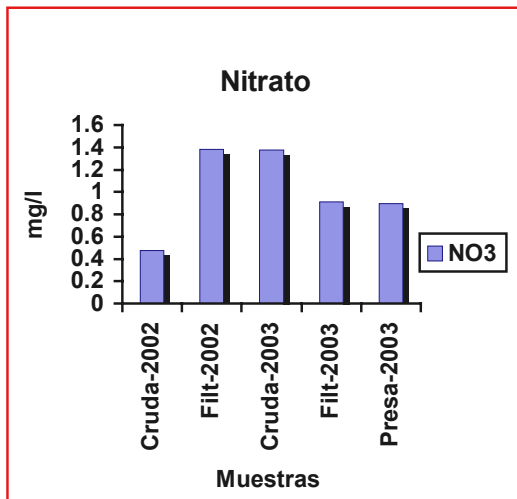


Figura #

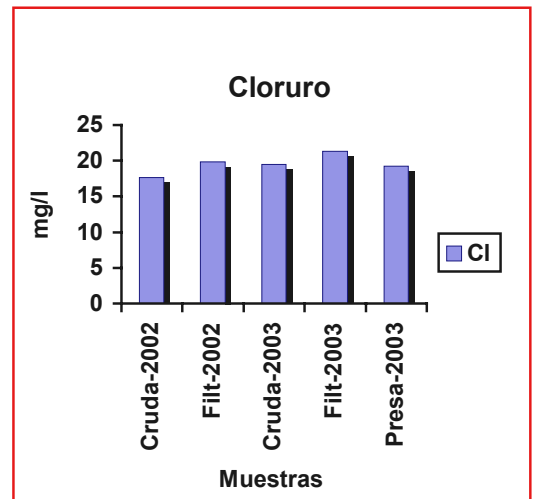


Figura #

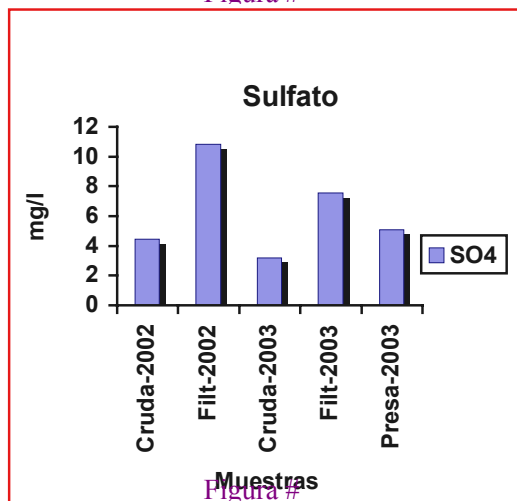


Figura #

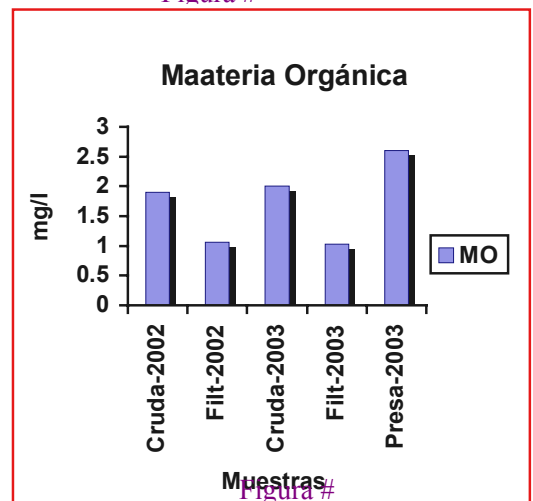


Figura #

Tabla N° PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS POZOS CRIOLLOS ESTUDIADOS POR REPARTOS.

REPARTO LAS COLORADAS								
No Lab.	Muestras	Coordenadas (X,Y)	pH	Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$)	Turbidez (NTU)	Salinidad (%)	STD (mg/l)	Color (Esc/Pt-Co)
1	C-4	697193;224506	6.38	512	2	0.0	211	5
2	C-7	697173;224560	6.56	598	3	0.0	246	10
3	C-10	697125;224450	6.43	492	1	0.0	203	0
4	C-11	697167;224581	6.76	605	1	0.0	249	0
5	C-19	697329;224454	6.85	625	2	0.1	257	18
6	C-20	697258;224447	6.42	589	1	0.0	242	2
7	C-24	697044;224672	7.05	740	2	0.1	304	6
8	C-26	696934;224499	7.24	401	3	0.0	165	3
9	C-27	696940;224462	6.82	420	1	0.0	173	0
10	C-28	696929;224422	6.68	401	3	0.0	165	0
11	C-29	696949;224382	6.96	601	3	0.0	247	0
12	C-35	697193;224506	7.24	302	3	0.1	149	16
REPARTO LA PLAYA								
13	Playa-12	697.450 ; 224.100	7.18	642	6	0.1	265	27
14	Playa-6	697.425; 224.095	7.27	578	2	0.0	238	5
15	Playa-20	697.465; 224.057	6.76	510	2	0.0	209	4
16	Playa -2	697.477; 224.025	7.12	807	2	0.2	332	10
17	Playa -9	697.640; 224.055	6.83	525	4	0.0	216	26
18	Playa -23	697.638; 224.070	6.85	518	2	0.0	213	6
19	Playa -41	697.245; 223.751	7.93	784	7	0.1	322	39
20	Playa -24	697.425; 223.750	6.74	537	4	0.0	221	16
21	Playa -40	697.647; 223.623	7.55	796	1	0.2	327	0
22	Playa -28	697.585; 223.706	7.11	600	1	0.0	247	45
REPARTOS: PUEBLO NUEVO. MANGOS, HAITÍ CHIQUITO Y JOSELILLO.								
23	P.Nuevo-49	697.455; 223.966	7.45	831	4	0.2	342	10

24	P.Nuevo.15	697.425;223.750	6.79	533	0	0.0	219	0
25	P.Nuevo -6	697.615; 223.650	6.53	415	0	0.0	171	0
26	Mangos-45	697.550; 224.015	7.34	768	5	0.1	315	12
27	Mangos-47	697.550; 223.980	7.50	392	5	0.0	162	11
28	Mangos-54	697.560;223.936	7.22	1069	4	0.3	439	3
29	Haiti C.-52	697.521; 224.054	7.22	1069	1	0.3	439	3
30	Joselillo -43	697.595; 224.035	6.95	1176	4	0.4	484	18

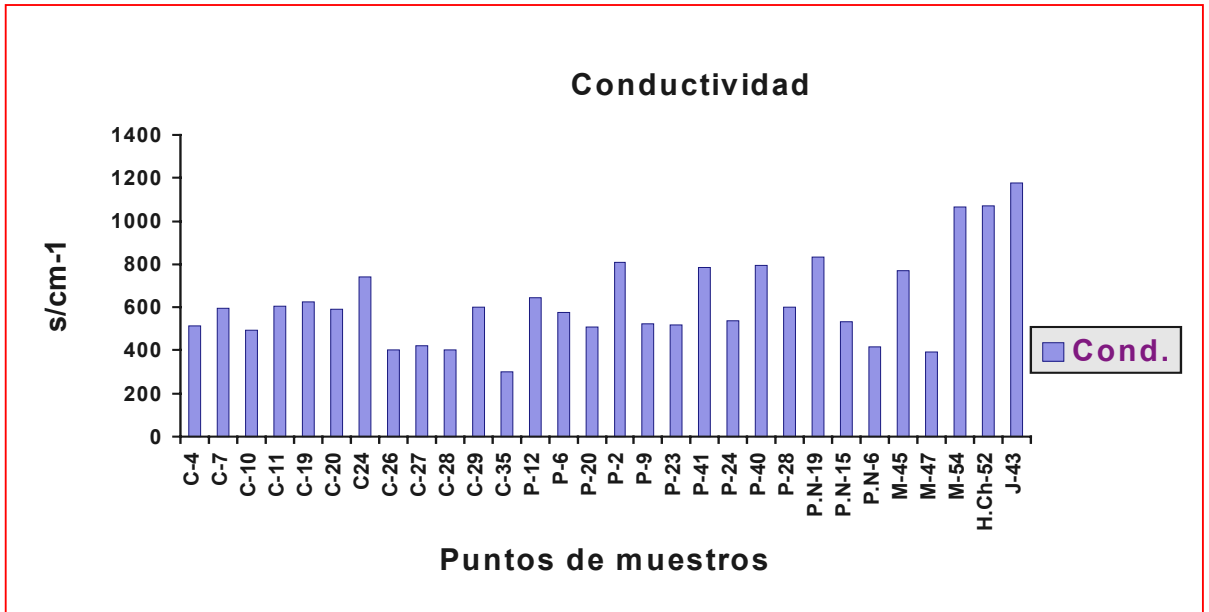
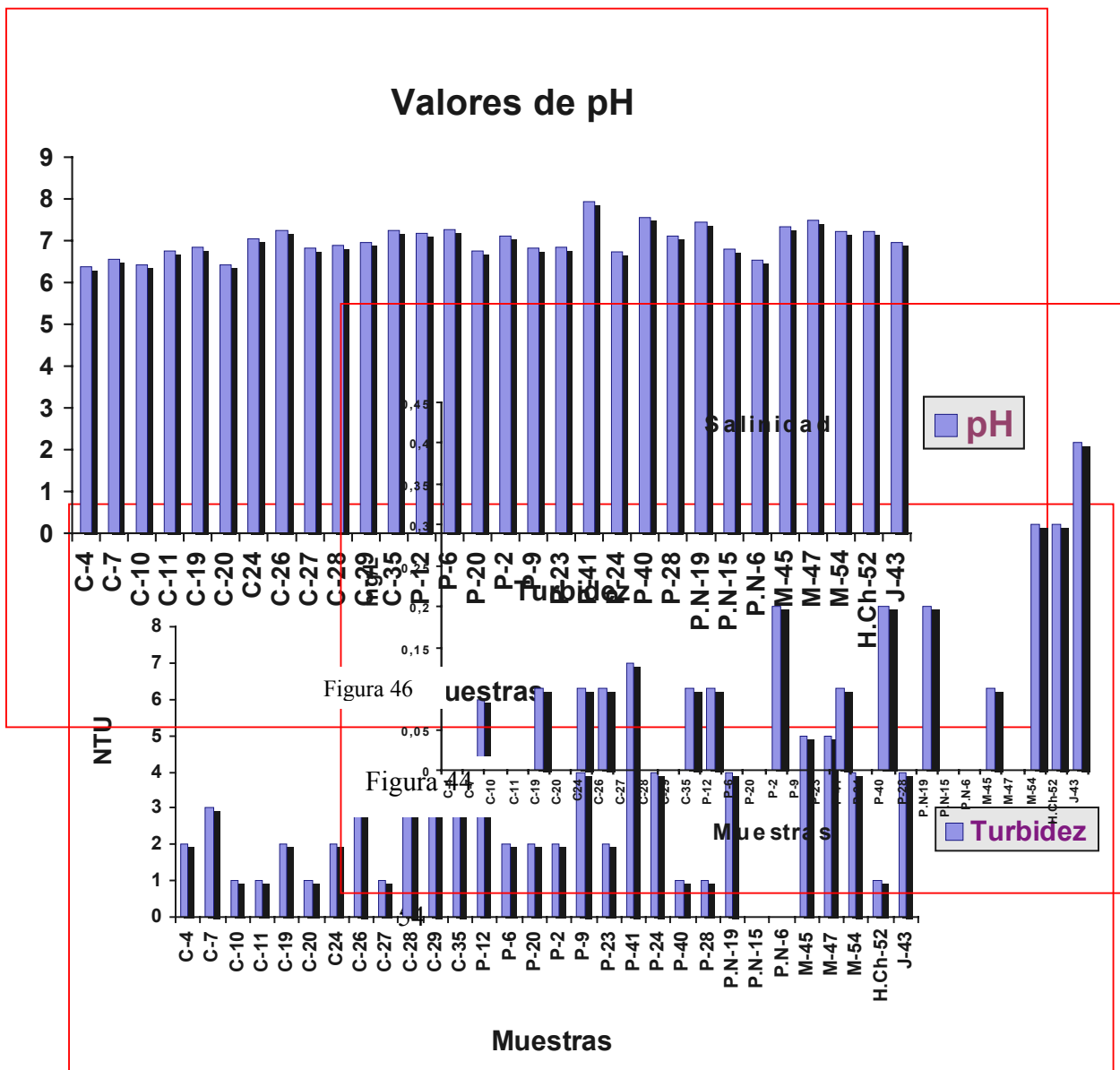


Figura 43



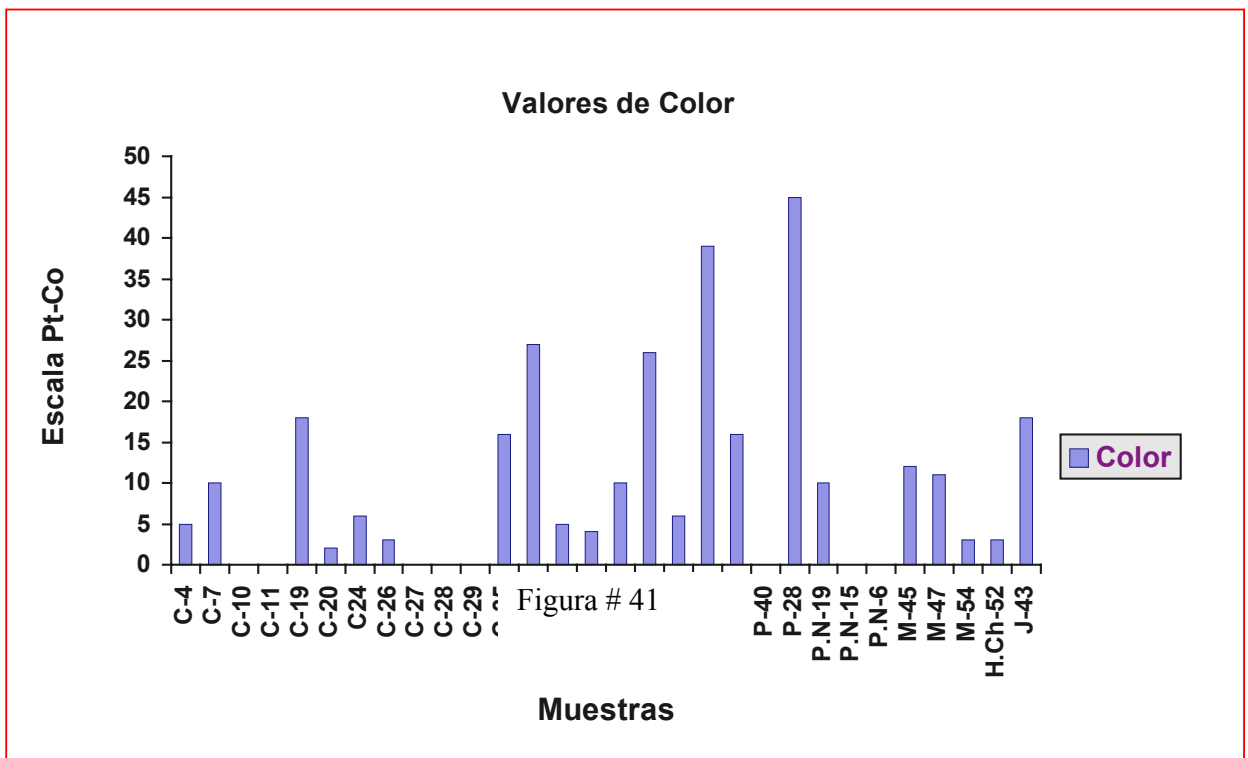


Figura 42

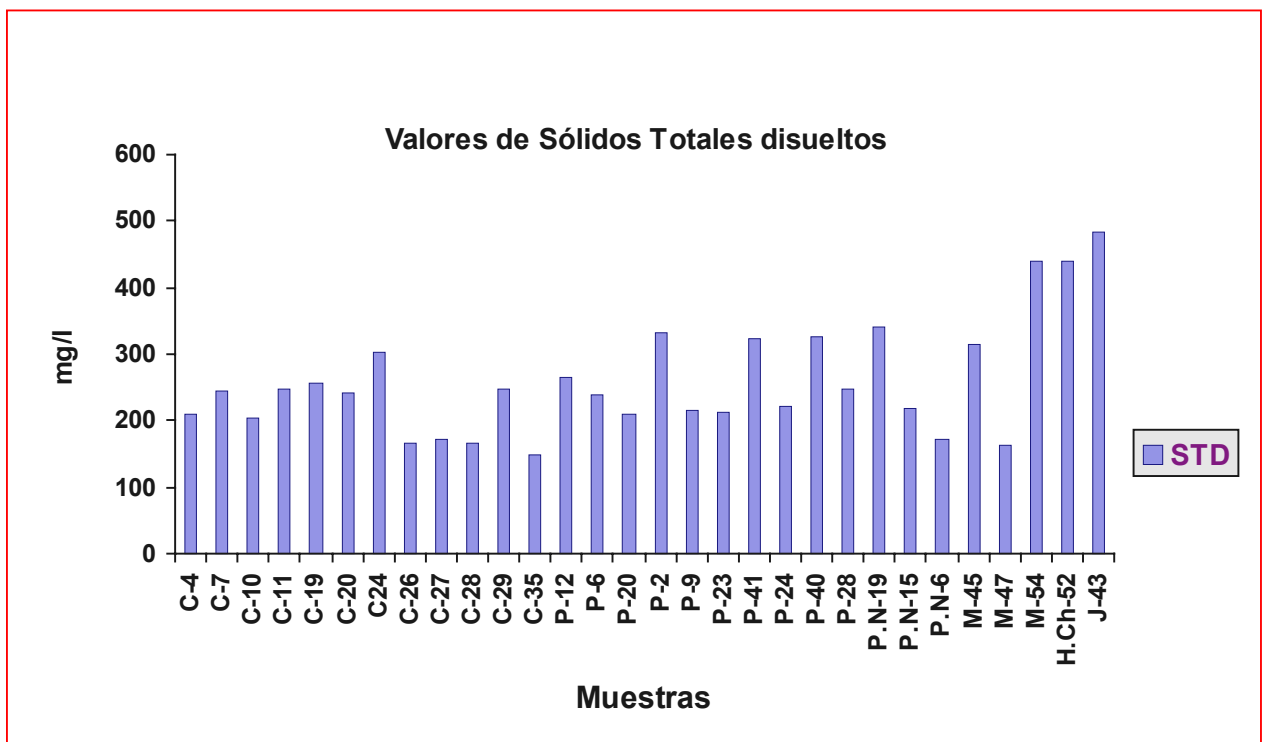
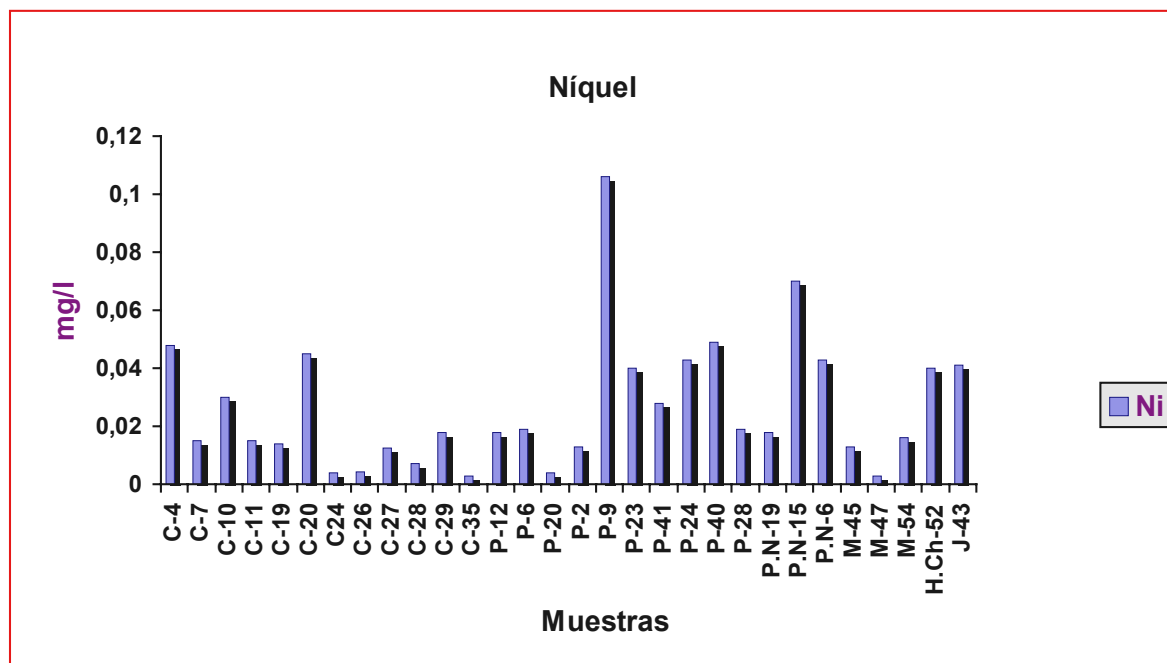


Tabla Propiedades Químicas de los elementos minoritarios

REPARTO LAS COLORADAS								
Muestras	Ni	Co	Mn	Cu	Zn	SiO ₂	Cr6+	Fe _(TOTAL)
C-4	0.048	0.007	0.108	0.0039	0.011	18.25	0.0014	0.79
C-7	0.015	0.002	0.0099	0.002	0.52	10.67	0.0059	0.164
C-10	0.03	0.0019	0.078	0.018	0.0125	10.26	0.0015	0.006
C-11	0.015	0.002	0.009	0.002	0.52	10.22	0.0088	0.297
C-19	0.014	0.0019	0.0047	0.0013	0.0059	17.27	0.0088	0.100
C-20	0.045	0.0006	0.0046	0.0013	0.0085	12.96	0.003	0.020
C-24	0.004	0.000	0.013	0.0013	0.0052	19.83	0.0073	0.790
C-26	0.0043	0.0006	0.021	0.0016	0.0023	6.2	0.008	0.024
C-27	0.0124	0.000	0.0013	0.0006	0.015	8.86	0.003	0.037
C-28	0.007	0.0019	0.0436	0.00068	0.0026	8.63	0.0001	0.047
C-29	0.018	0.0026	0.0026	0.00067	0.0026	6.2	0.004	0.192
C-35	0.003	0.001	0.03	0.0018	0.015	17.75	0.03	0.033
REPARTO LA PLAYA								
P-12	0.018	0.003	0.162	0.004	0.009	13.99	0.0014	
P - 6	0.019	0.003	0.016	0.003	0.008	14.97	0.0059	
P-20	0.0041	0.004	0.12	0.005	0.003	13.49	0.0044	
P - 2	0.013	0.0016	0.006	0.0016	0.004	10.04	0.0059	
P - 9	0.106	0.0063	0.019	0.003	0.0086	15.07	0.0030	
P-23	0.04	0.003	0.15	0.0065	0.0048	12.98	0.0028	
P -41	0.028	0.016	0.063	0.0033	0.016	27.56	0.0092	
P -24	0.043	0.008	0.13	0.0066	0.029	37.6	0.0001	
P -40	0.049	0.0066	0.214	0.0083	0.044	49.72	0.0014	
P -28	0.019	0.0016	0.02	0.003	0.003	12.96	0.0030	
REPARTOS: PUEBLO NUEVO. MANGOS, HAITÍ CHIQUITO Y JOSELILLO								
P.N-49	0.018	0.00	0.06	0.0049	0.029	18.44	0.003	
P.N.15	0.07	0.0049	0.041	0.0049	0.96	56.56	0.0014	
P.N -6	0.043	0.0083	0.016	0.0016	0.021	17.57	0.0088	
M-45	0.013	0.0066	0.03	0.0049	0.016	22.68	0.0087	
M-47	0.003	0.0083	0.011	0.0033	0.029	38.561	0.0087	
M-54	0.016	0.0083	0.056	0.0083	0.031	34.04	0.0043	
H CH.-52	0.04	0.056	0.520	0.0033	0.023	26.76	0.0082	
J -43	0.041	0.0075	0.014	0.003	0.036	22.15	0.007	

Figura 57



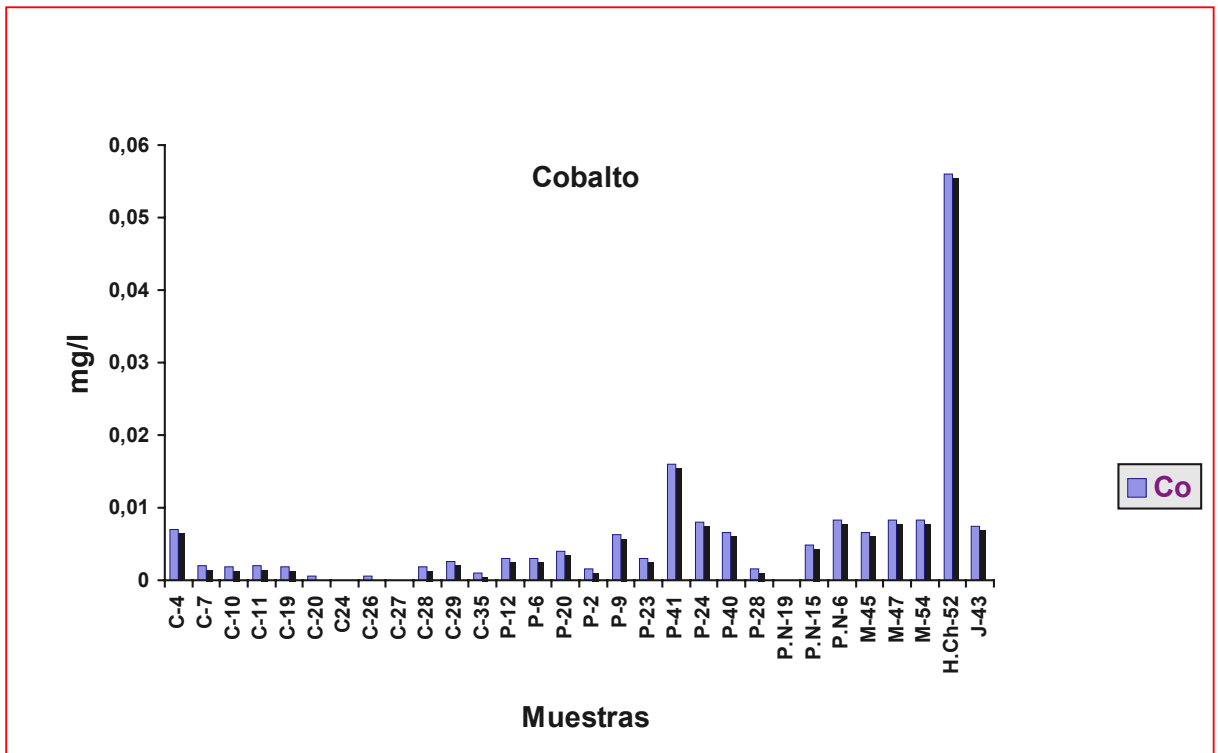


Figura 58

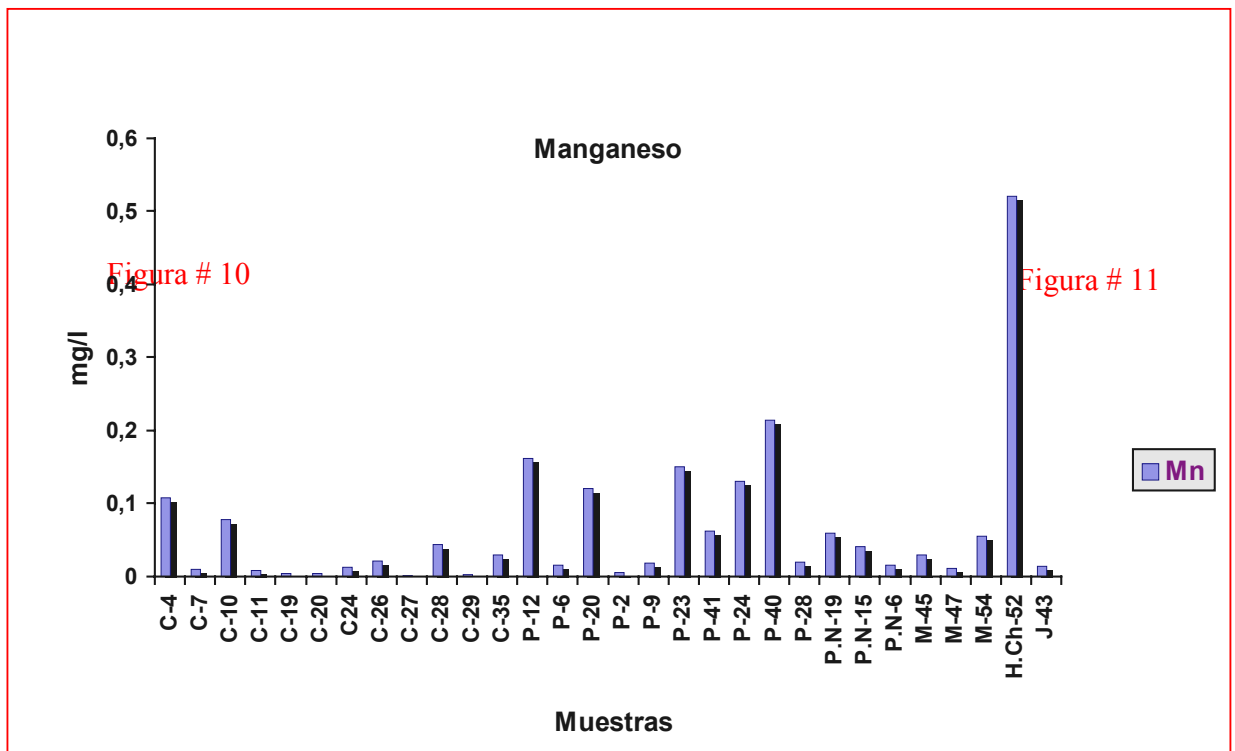


Figura 63

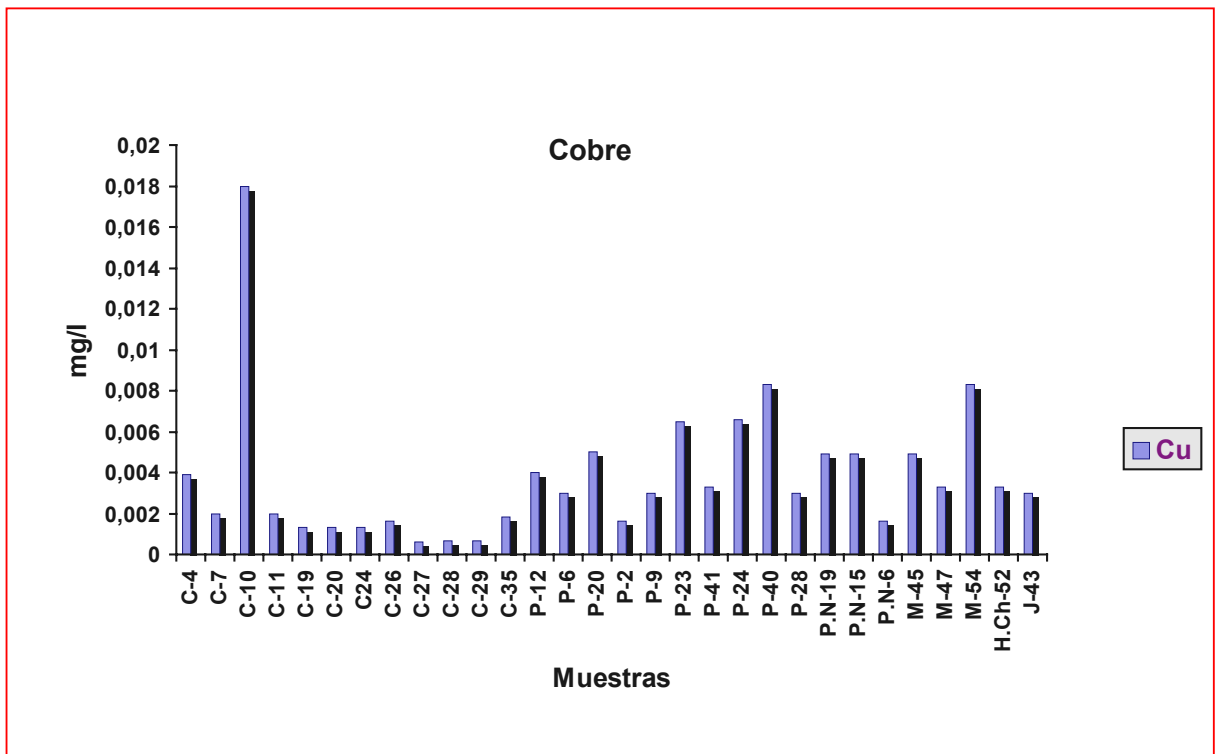


Figura 64

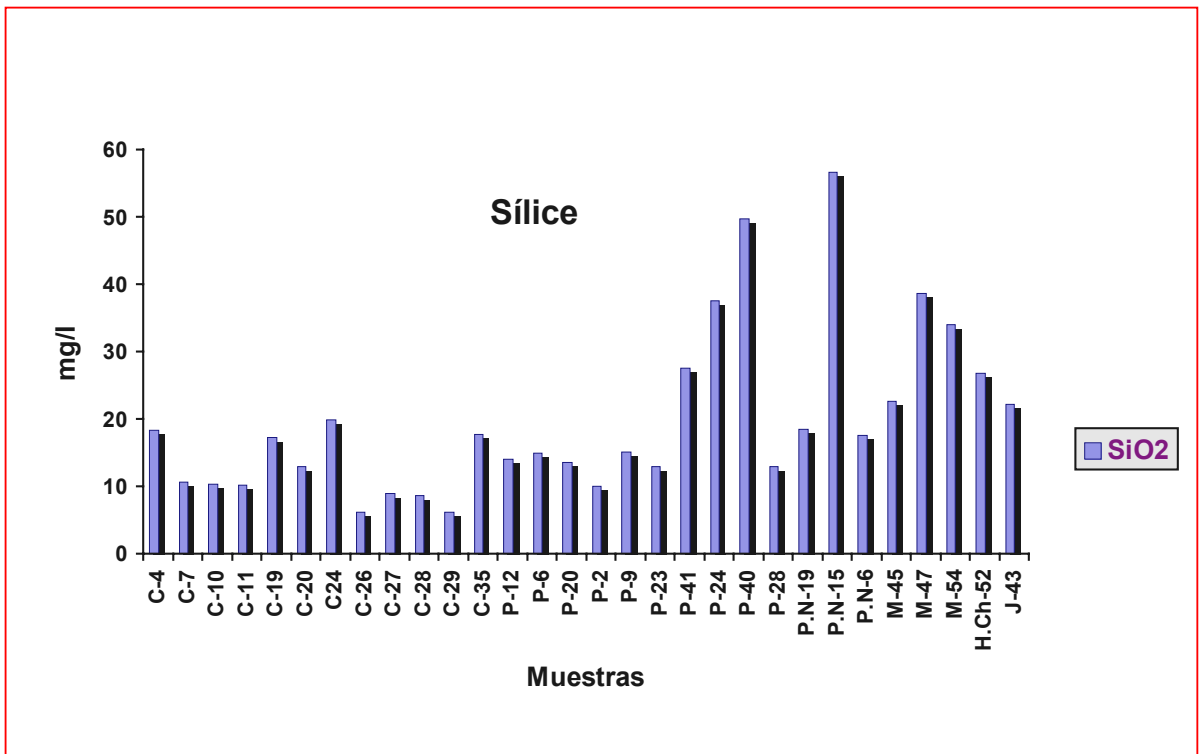


Figura 62

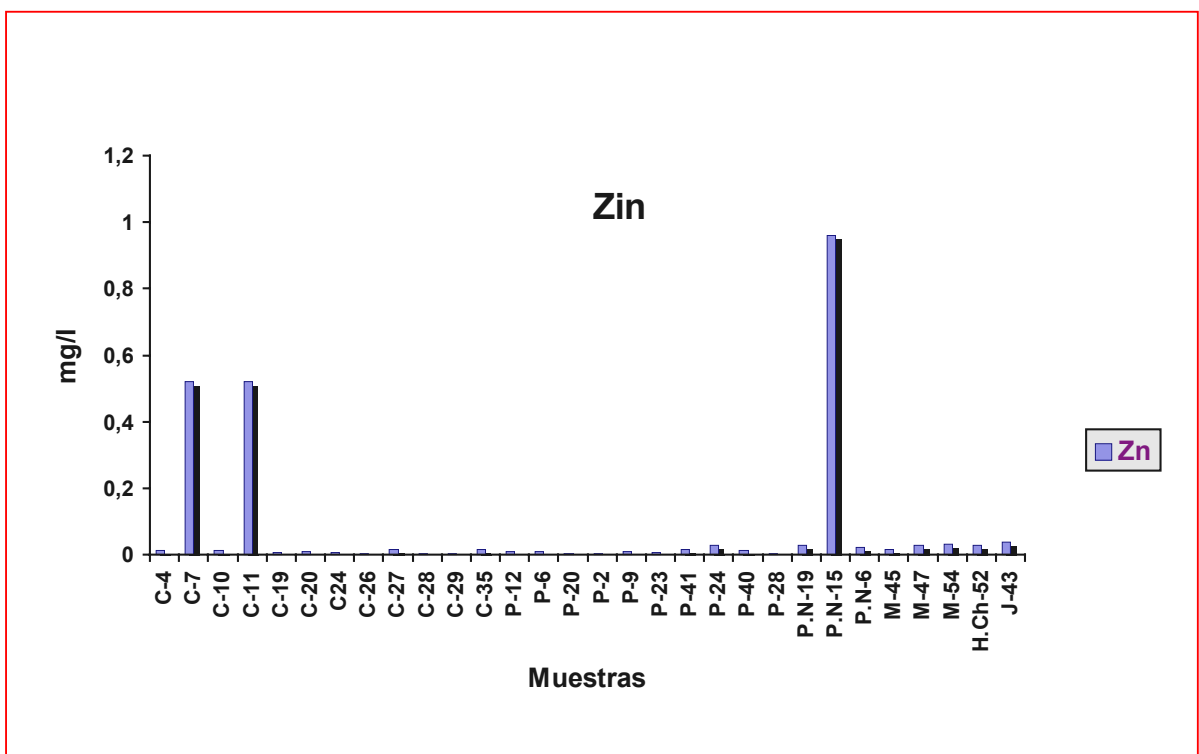


Figura 61

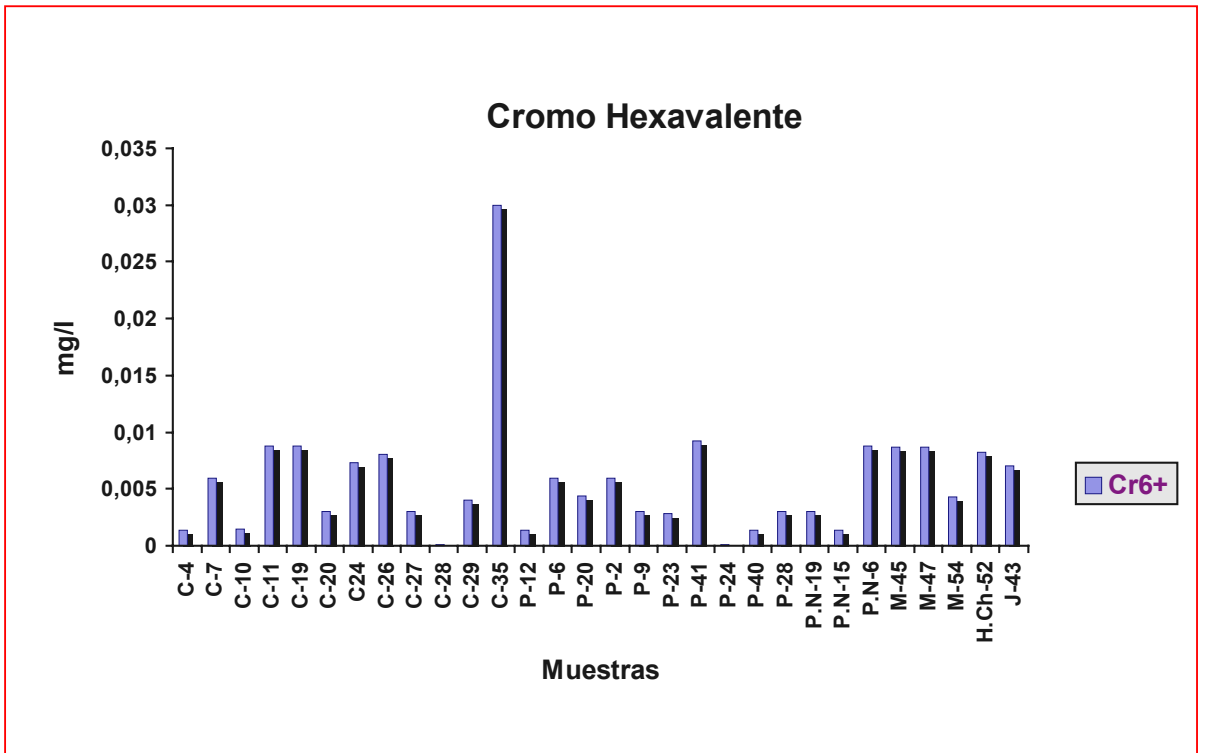


Figura 59

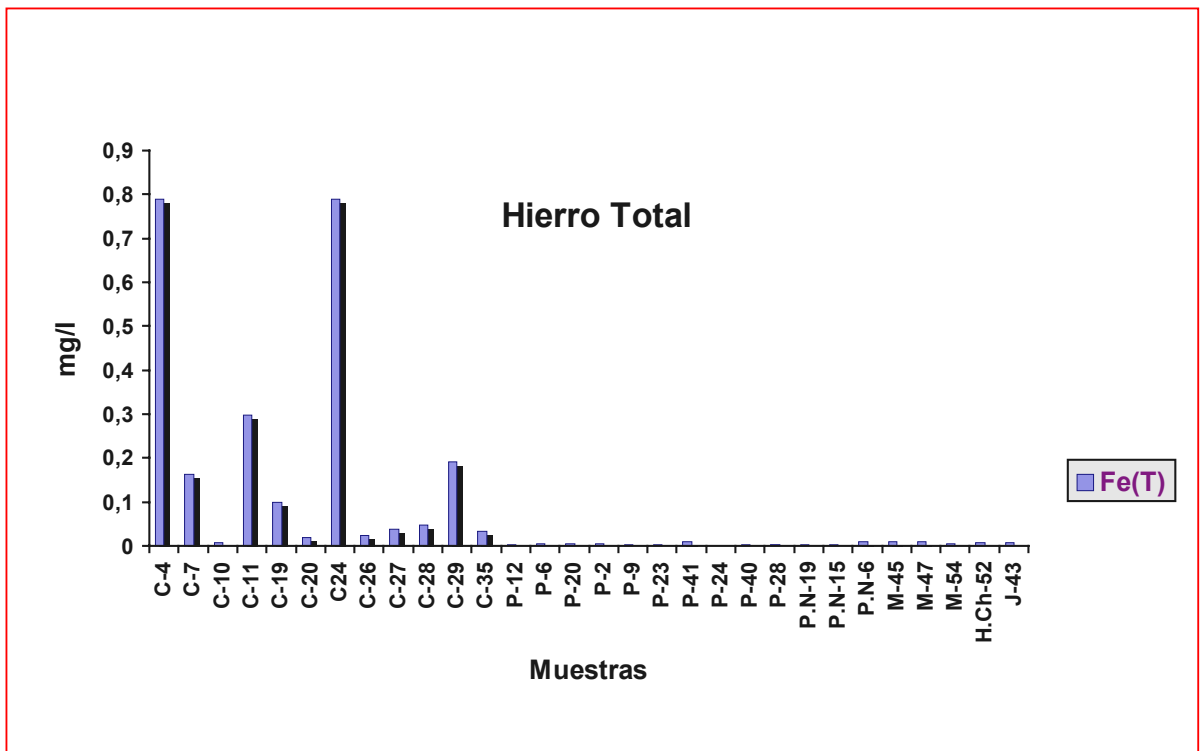


Figura 60

Tabla N^a Propiedades Químicas. Elementos Mayoritarios

Muestra. Conc. Mg/l	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	D.Total (CaCO ₃)	D.Calc.	D.Mag.	M. Org..	Minerl.	D.Total Mg- equiv/l
C-4	10.36	38.84	27.8	7.4	0.962	109.8	0	0.084	48.06	61.54	62.26	185.76	25.92	159.89	9.8	0.3679	0.72
C-7	20.93	34.64	56.8	5.3	0.9	109.8	0	0.035	40.71	40.75	55.8	174.4	51.84	142.56	1.4	0.365	0.60
C-10	14.66	42.51	23.9	2.9	0.83	63.44	0	2.39	34.68	59.8	57.65	211.68	37.72	174.96	3.8	0.303	0.79
C-11	35.05	43.56	36.6	10.2	0.756	126.8	0	0.013	42.12	52.44	59.2	241.92	62.64	440.4	0.5	0.406	0.74
C-19	38.01	39.89	42.8	1.6	1.378	173.24	0	0.059	41.24	60.63	43.21	259.2	95.04	161.16	0.4	0.422	0.72
C-20	9.50	49.86	47.8	5.2	0.867	112.24	0	0.083	51.16	68.13	67.0	228.96	23.76	205.2	1.2	0.412	0.67
C-24	44.92	54.55	43.5	4.8	2.784	246.4	0	0.06	55.28	63.8	69.61	336.96	112.32	224.6	1.8	0.585	0.76
C-26	14.68	48.99	25	5	0.18	183.9	0	0.09	26.04	35.5	64.07	207.36	34.56	172.8	5.7	0.403	0.80
C-27	14.68	38.31	29.8	4.8	0.837	108.41	0	0.112	297.2	22.9	57.09	194.4	36.72	157.68	1.6	0.574	0.73
C-28	13.82	56.31	28.2	11.6	12.24	161.05	0	0.039	29.37	39.85	69.70	269.84	35.46	233.8	1.5	0.422	0.71
C-29	13.83	39.72	39.2	10.2	1.62	182.96	0	1.23	34.68	35.86	38.64	211.68	47.52	163.48	1.8	0.430	0.66
C-35	1.72	23.61	14	0.9	1.157	80.52	0	23.79	3.25	23.79	27.45	99.36	2.16	97.2	3.7	0.240	0.73
Playa-12	46.65	39.9	51	5.2	0.86	275.6	0	2.29	10.76	50.57	63.0	280.8	116.64	164.16	1.7	0.2	5.60
Playa-6	28.05	48.81	37.6	4.4	0.60	229.36	0	0.03	16.65	45.31	37.44	363.52	62.64	200.8	5.2	0.6	5.4
Playa-20	30.24	32.01	34.05	3.8	2.36	165.97	0	0.007	24.40	62.26	37.84	207.36	75.6	131.76	3.8	0.28	4.13
Playa -2	57.84	35.67	48.4	16.8	1.23	221.5	0	0.02	19.80	62.26	91.50	276.48	129.3	146.8	7.6	0.1	5.89
Playa -9	25.05	39.36	30.2	3.9	0.50	161.04	0	0.09	24.01	42.0	56.09	224.64	62.64	162.0	3.2	0.2	4.48
Playa -23	22.46	93.42	27.8	0.2	3.46	185.4	0	0.07	14.79	47.93	35.15	440.64	56.16	384.4	3.6	0.2	8.89
Playa -41	23.32	61.72	24.99	2.57	1.80	53.68	0	0.02	3.80	74.44	236.78	297.44	58.32	329.12	4.5	0.2	6.25
Playa -24	26.78	38.3	37	6.0	0.67	29.29	0	0.289	33.08	68.61	140.97	224.64	66.76	157.68	3.8	0.2	4.58
Playa -40	32.83	51.86	47.15	6.7	3.91	21.96	0	0.057	5.36	102.09	190.2	345.6	82.08	263.52	9.8	0.2	5.89
Playa -28	34.56	44.46	30.39	7.4	1.76	71.98	0	0.041	5.49	63.21	108.99	341.28	66.4	274.4	4.3	0.2	5.36
P.Nuevo-49	50.97	55.40	18.44	3.86	2.01	136.6	0	0.009	2.37	59.93	190.49	440.64	127.44	393.2	11.8	0.2	7.09
P.Nuevo.15	25.05	32.06	27.69	5.7	4.01	29.28	0	0.05	21.94	65.00	139.34	194.4	62.64	131.96	4.3	0.2	3.88
P.Nuevo -6	25.05	32.06	27.69	5.7	4.01	29.28	0	0.05	21.94	65.00	139.34	194.4	62.64	131.96	4.3	0.2	3.88
Mangos-45	15.55	33.60	22.77	6.8	1.62	24.4	0	0.021	27.59	32.14	139.20	197.12	38.8	138.32	5.2	0.2	3.55
Mangos-47	8.64	49.33	9	1.8	0.65	59.78	0	0.009	2.48	6.65	162.39	224.64	21.6	203.04	6.8	0.2	4.88
Mangos-54	8.64	49.33	9	1.8	0.65	59.78	0	0.009	2.48	6.65	162.39	224.64	21.6	203.04	6.8	0.2	4.88
Haiti C.-52	14.6	41.46	7.36	3.60	0.19	65.65	0	0.008	8.01	28.39	122.04	207.36	36.72	170.64	5	0.2	4.12
Joselillo -43	46.65	68.05	47.61	20.9	20.45	173.2	0	0.067	4.74	106.00	239.52	496.8	116.6	380.2	1.2	0.2	4.5

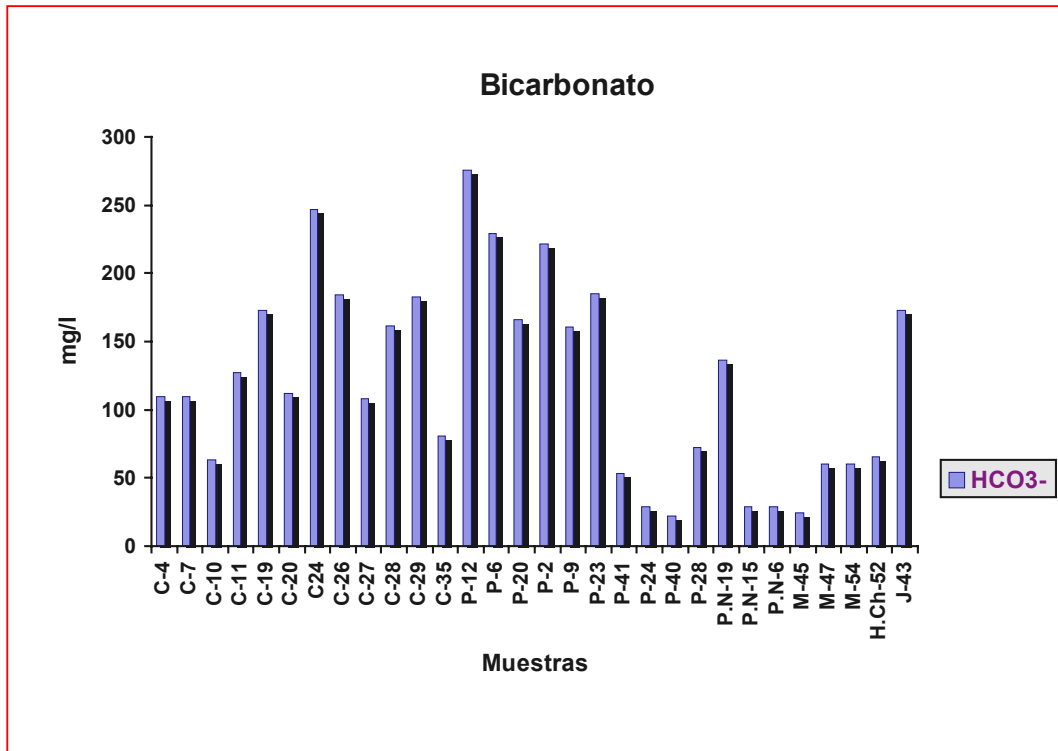


Figura 52

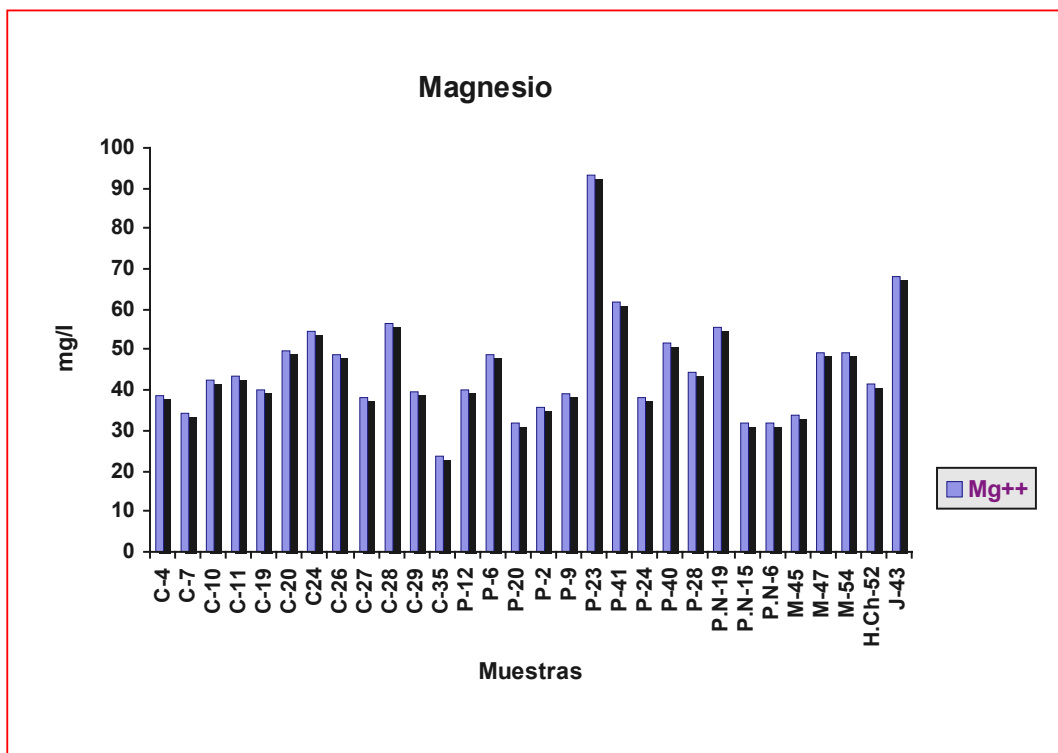


Figura 48

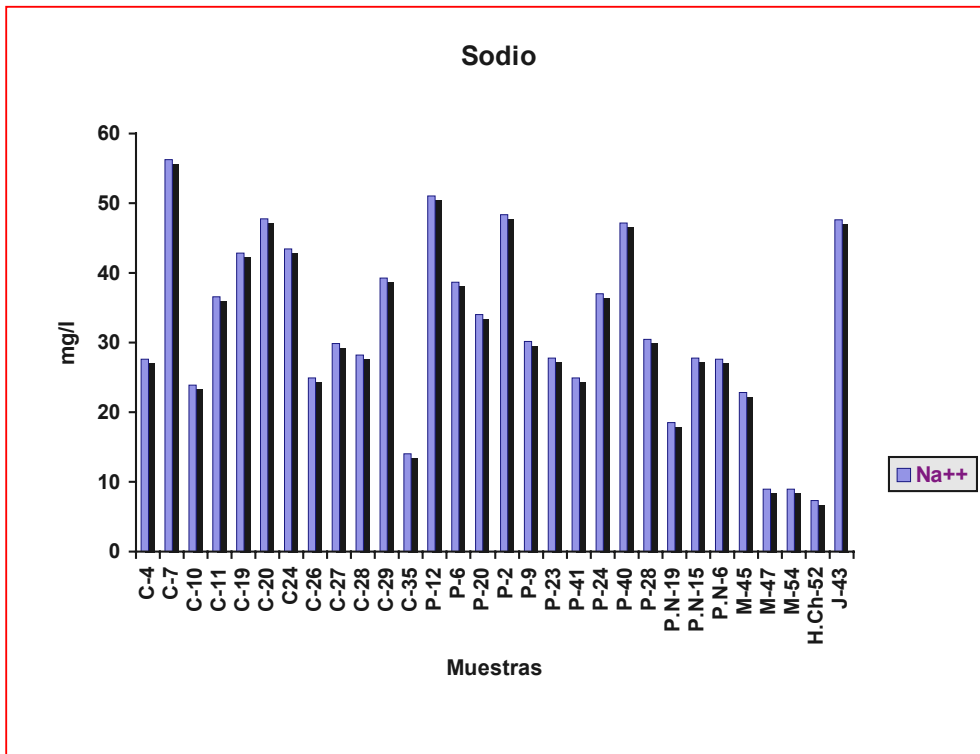


Figura 49

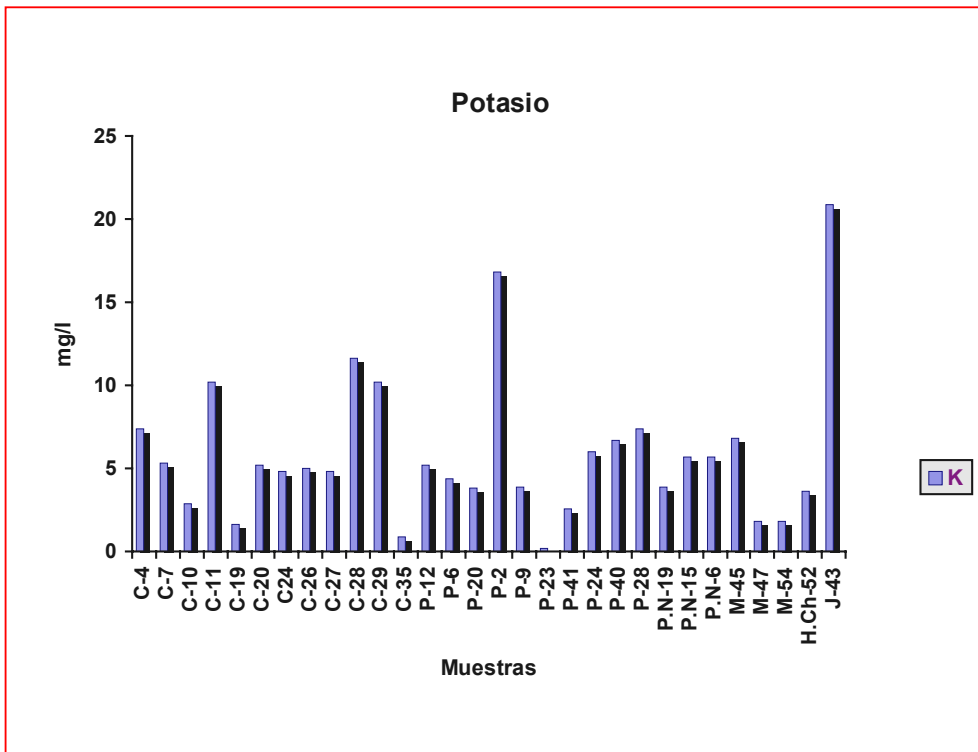


Figura 50

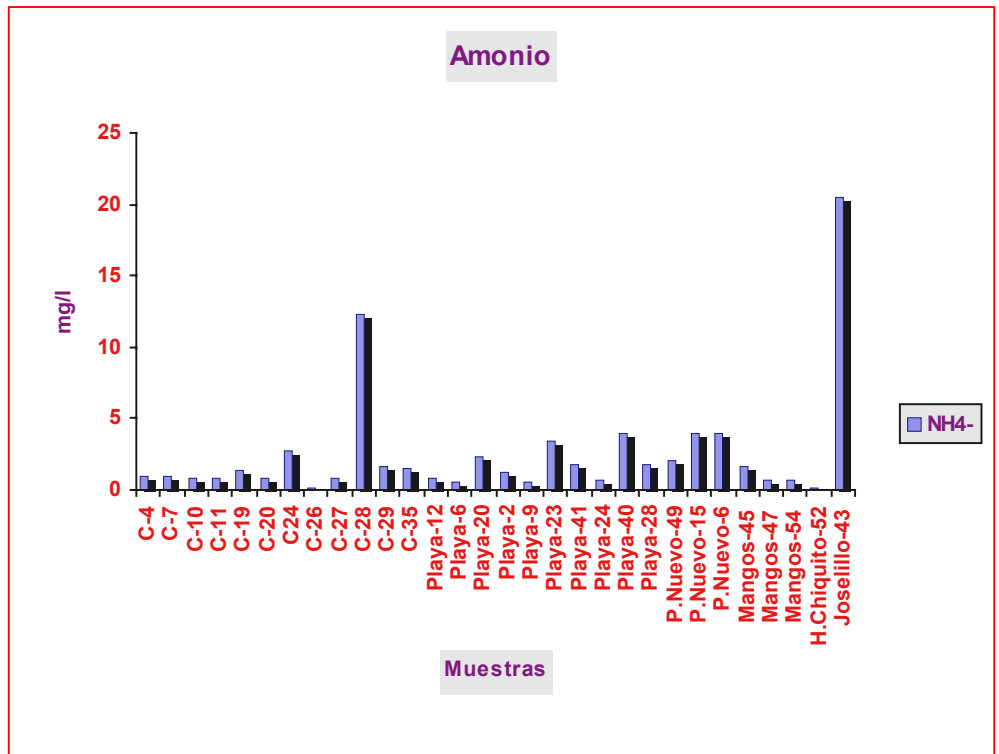


Figura 51

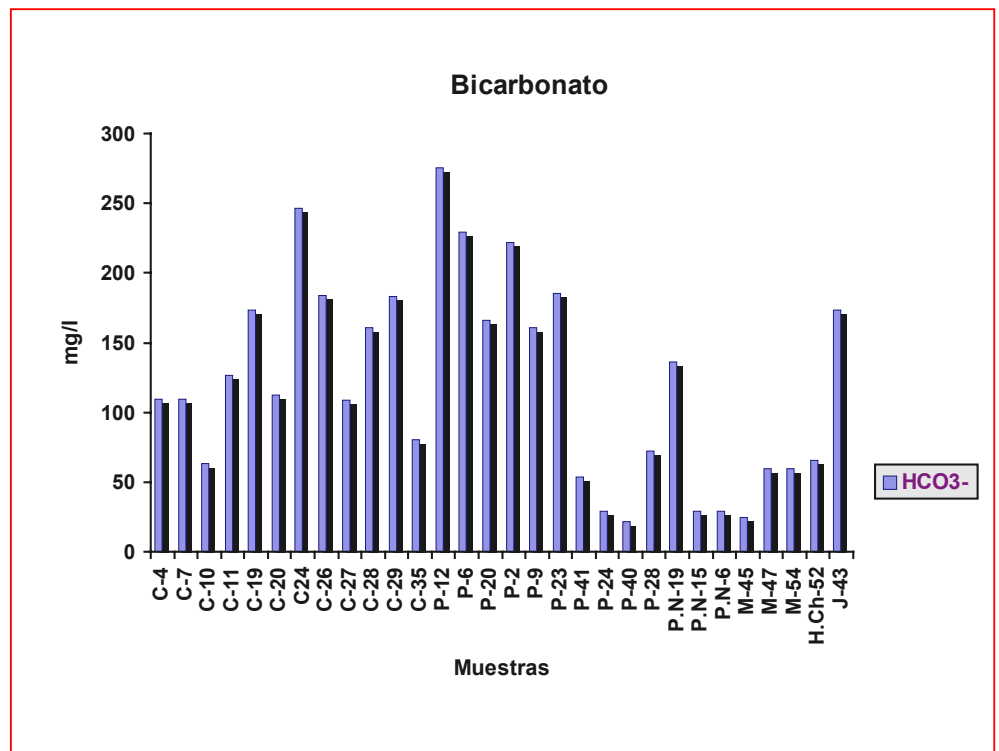


Figura 52

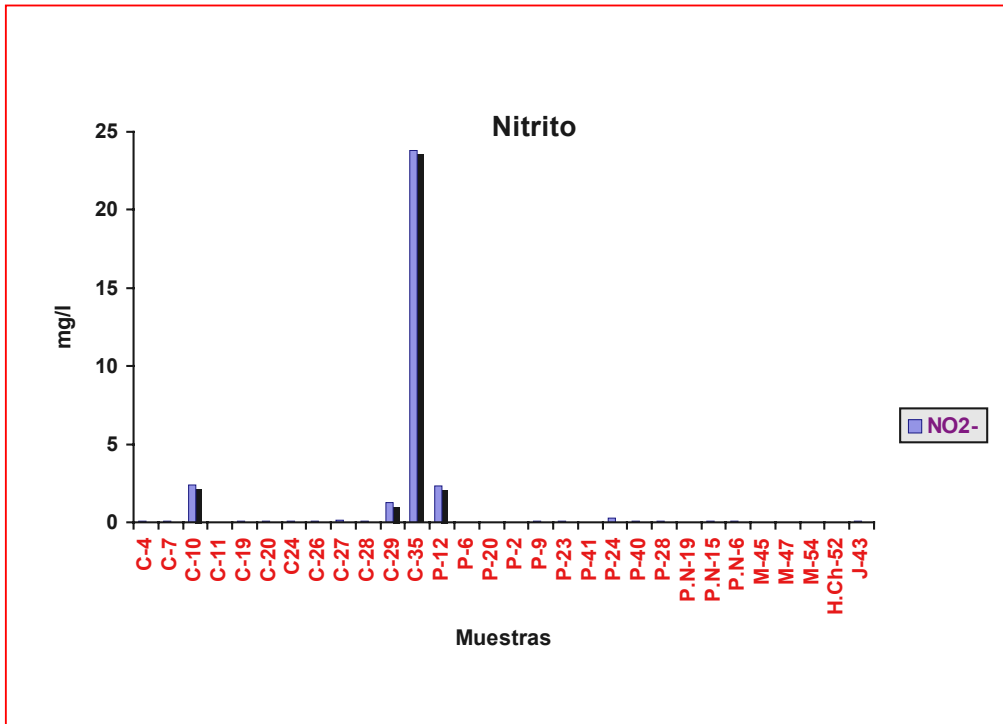


Figura 55

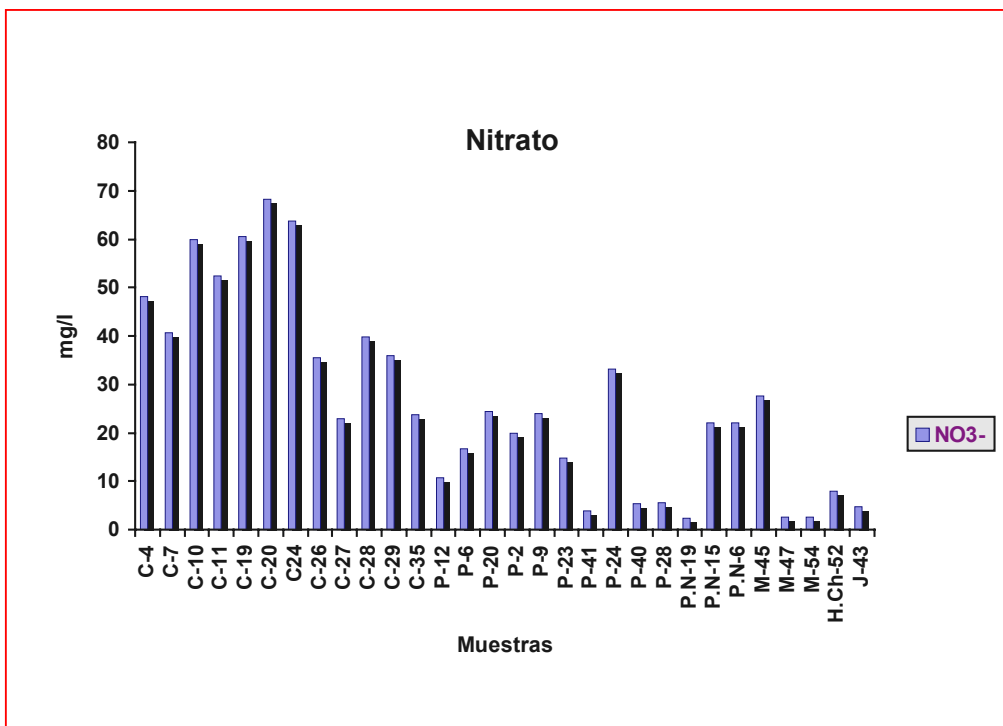


Figura 56

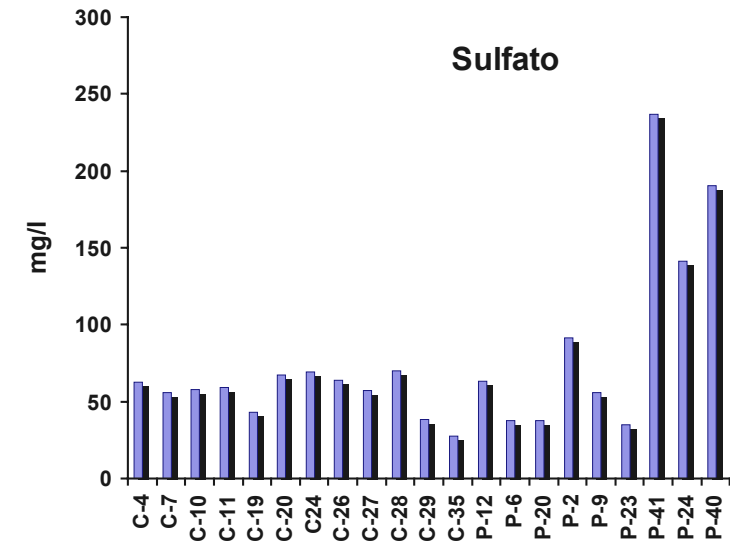
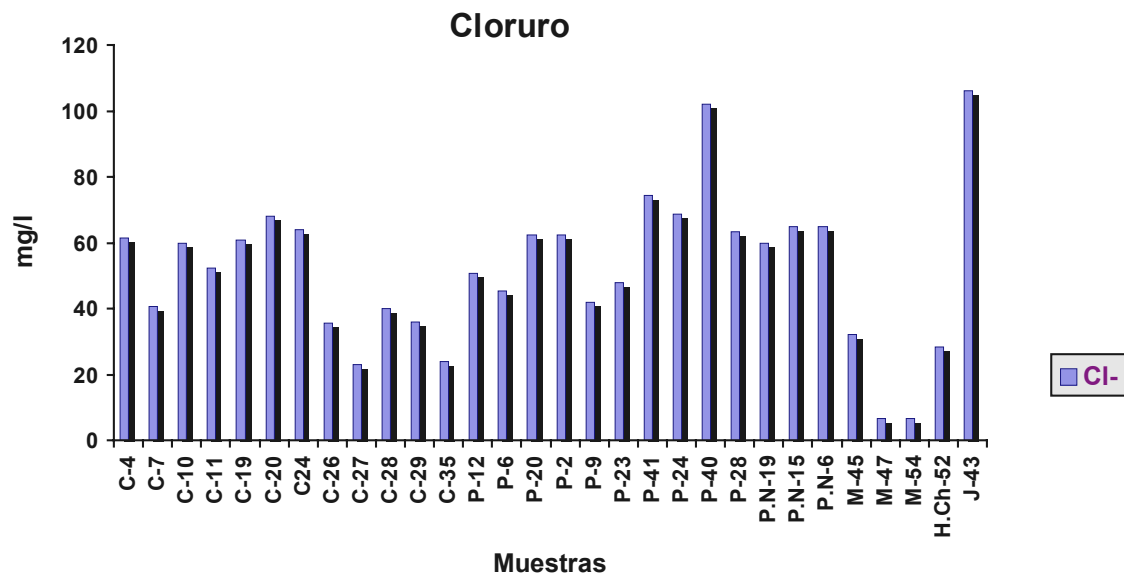


Figura 54

Figura 53

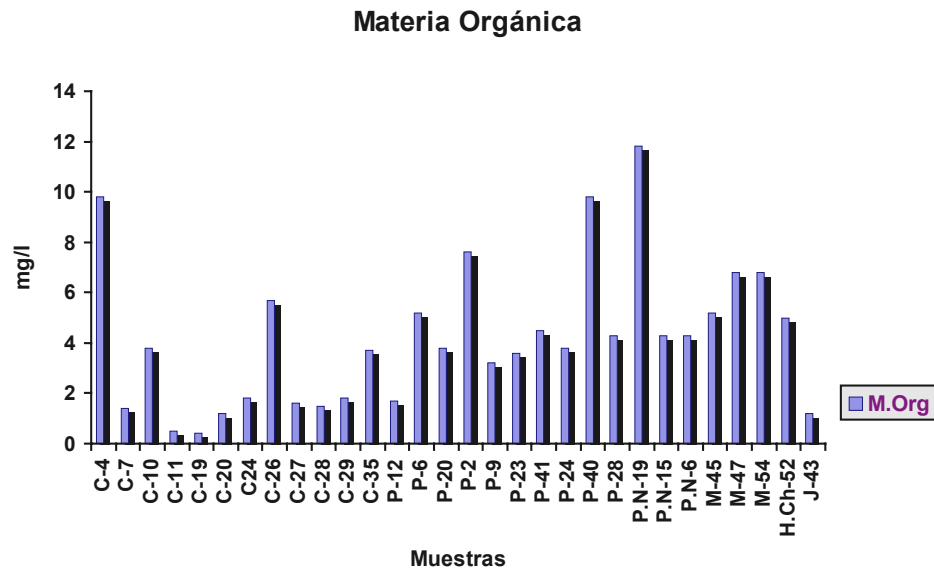


Figura 57

