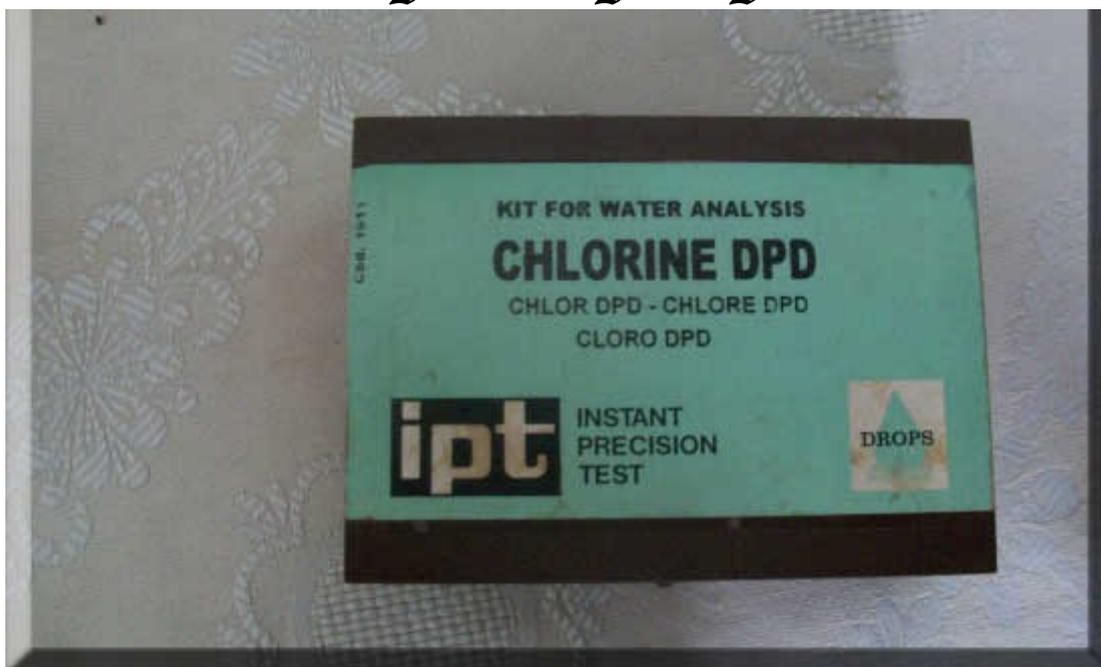




REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO DE MOA
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
FACULTAD DE GEOLOGIA-MINERIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

Trabajo de diploma en opción el título de ingeniero geólogo



Evaluación de la Materia Orgánica, el Cloro Residual en las aguas de consumo humano de la ciudad Moa en el Período febrero - Abril de 2009.

Diplomante: Yordan Puebla Tamayo

Tutor: Msc. Moraima Fernández Rodríguez

**Año del 50 aniversario de la revolución
Moa 2009**

AGRADECIMIENTOS

QUISIERA AGRADECER A TODOS LOS QUE HAN CONTRIBUIDO A LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO, A LOS TECNICOS DEL LABORATORIO DE PLANTA DE AGUA QUE TANTO AYUDARON A LA REALIZACION DE LOS ANALISIS. A MI TUTORA MORAIMA POR AYUDARME EN TODO, A DANIEL QUE EN LOS MESES DE REALIZACION DE LA TESIS SIEMPRE ME AYUDO, A REINIER QUE SIEMPRE COLABORO, A LENDRO, UBERTO, BARTELEMY, PEPE, YAIMI, EL NICHE, YUNAI SI POR SIEMPRE BRINDARME SU APOYO MAS SINCERO. TAMBIEN AGRADECER A MIS COMPAÑEROS DE AULA, A MIS COMPAÑEROS DEL CUARTO 411 Y 412. A TODO AQUEL QUE ME CONOCE, MIS MAS SINCEROS AGRADECIMIENTOS.

DEDICATORIA

DEDICADO A:

*MIS PADRES Y MI HERMANO QUE LO DIERON TODO Y SIEMPRE
CONFIARON EN MI, A MI FAMILIA QUE SIEMPRE ME APOYO. A LA
REVOLUCION POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE HACERME UN
PROFECIONAL.*

PENSAMIENTO

COMO POR UNA ESPECIE DE FATALIDAD, LAS COSAS MAS
TRATADAS POR LOS HOMBRES EN SUS CONVERSACIONES SON,
MUCHAS VECES, LAS QUE MENOS SE CONOCEN.

DENIS DIDEROT

INDICE

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMIENTOS | II |
| DEDICATORIA | III |
| PENSAMIENTO | IV |
| INDICE | V |
| RESUMEN | VI |
| ABSTRAC | VII |
| Introducción | 1 |
| FUNDAMENTACION CIENTIFICA DE LA INVESTIGACION..... | 2 |
| Estado del Arte..... | 4 |
| CAPITULO I: LOCALIZACIÓN, RASGOS FISIOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO..... | 8 |
| 1.1 Situación geográfica. | 8 |
| 1.2 Rasgos Fisiográficos de la Región..... | 8 |
| 1.2.1 Características Socioeconómicas. | 10 |
| 1.2.2 Flora y Fauna. | 11 |
| 1.2.3 Hidrografía..... | 12 |
| 1.2.4 Características Hidrogeológicas. | 13 |
| 1.3 Características Geológicas del área de estudio. | 17 |
| 1.3.1 Características geológicas del área de estudio. | 17 |
| 1.3.2 Características Tectónicas..... | 19 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS. | 22 |
| 2.1 Selección del Área de estudio..... | 23 |
| 2.2 Revisión y análisis de la información existente..... | 24 |
| 2.3 Trabajos de campo | 24 |
| 2.4 Recolección de las muestras | 24 |
| 2.4.1 Procedimiento del muestreo..... | 25 |
| 2.5 Fuentes de contaminación..... | 27 |
| 2.6 Los principales contaminantes del agua por materia orgánica son los siguientes:28 | |
| 2.7 Análisis de laboratorio | 29 |
| 2.8 Materiales y métodos: | 30 |
| 2.9 Procesamiento de la información..... | 34 |
| 2.10 Clasificación de las aguas | 34 |
| CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL CLORO RESIDUAL, LA MATERIA ORGÁNICA Y ALGUNAS PROPIEDADES DE LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO. | 38 |
| 3.1 Características deseables de un desinfectante de agua: | 38 |
| 3.2 Discusión e interpretación de los resultados del cloro residual, la materia orgánica y las propiedades analizadas en las aguas. | 40 |
| 3.3 Interpretación de los resultados obtenidos de la Materia Orgánica. | 47 |
| 3.4 Análisis de las propiedades físicas y químicas: | 50 |
| 3.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL TRABAJO (TABLA # 9) | 60 |
| 3.6 Medidas correctoras para evitar la contaminación del agua potable | 61 |
| 3.7 Como contribuyen los trabajos hidrogeológico con la Defensa Nacional. | 61 |
| CONCLUSIONES | 63 |
| RECOMENDACIONES..... | 64 |
| BIBLIOGRAFÍA | 65 |
| Anexos | 68 |

RESUMEN

La calidad del agua que consumimos es de vital importancia para la salud y el control es la clave para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales a la población por su consumo. El presente trabajo tiene como objetivo fundamental evaluar los contenidos de cloro residual y materia orgánica en aguas de consumo. Se realizó una caracterización de la calidad del agua filtrada del tanque de almacenamiento para la distribución de la Planta Potabilizadora a los diferentes repartos, así como otras determinaciones de propiedades físicas y organolépticas que sirvieron de base para el estudio del cloro residual y materia orgánica en diferentes puntos representativos de la red de distribución y domiciliarios, observando alteraciones en los contenidos(Fe, Materia Orgánica). Con el objetivo de prevenir la contaminación se proponen medidas higiénicas sanitarias y se dan conclusiones y recomendaciones de interés.

ABSTRAC

The quality of the water that we use is of vital importance for our health and the control is the key to reduce the risks of transmission of gastrointestinal illnesses to the people for its use. This work has as objective to evaluate the contents of residual chlorine and the organic matter in waters of use. A characterization of the quality of the filtered water of the tank for the distribution of the factory to make to the different zones, and other determinations of the physical and organoleptic properties that serve as base to the study of residual chlorine and the organic matter in different representative points of the distribution network was made, observing alterations in the contents (O. M, Fe). With the objective of prevent the contamination hygienic sanitary measures are proposed are conclusions and recommendations of interest are given.

Introducción

El agua potable es un bien básico de primera necesidad, indispensable para el ser humano y por ello las administraciones locales y centrales tienen el deber de suministrar a los ciudadanos en unas condiciones óptimas de potabilidad. La cloración es uno de los métodos más utilizados para la desinfección del agua. Su uso tiene por objeto la prevención de enfermedades infecciosas que tienen al agua como vehículo y que podrían causar problemas de salud pública. Los productos clorados se añaden en cantidad suficiente de forma que puedan oxidar compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua, microorganismos y bacterias, pero también para que permanezca en el agua una cantidad de cloro residual libre, fracción que se encarga de la desinfección del agua desde que sale de la planta de tratamiento hasta que llega al grifo del consumidor. En el trabajo se realiza una evaluación de la variación de los contenidos del cloro residual, la materia orgánica y algunas propiedades del agua potable en rangos no recomendados por normas nacionales e internacionales que provocan alteraciones en la calidad del agua de consumo.

FUNDAMENTACION CIENTIFICA DE LA INVESTIGACION

PROBLEMA:

Necesidad de evaluar la variación de los contenidos del cloro residual, la materia orgánica y algunas propiedades del agua potable que se encuentran en rangos no recomendados por normas nacionales e internacionales provocando alteraciones en la calidad del agua de consumo.

OBJETO DE ESTUDIO

Las aguas de consumo humano.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los contenidos del cloro residual, materia orgánica y algunas propiedades del agua potable en la ciudad de Moa

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los focos contaminantes que afectan las aguas de consumo humano desde el punto de vista higiénico-sanitario.
- Determinar los valores de cloro residual y la materia orgánica unidos a un estudio físico-químico en diferentes puntos de distribución de la red de acueductos.
- Caracterizar el agua potable de acuerdo a los parámetros medidos.
- Proponer medidas preventivas y correctoras para mitigar los efectos provocados durante el proceso de desinfección de las aguas de consumo.

HIPOTESIS

Si se conoce el comportamiento de la concentración del cloro residual la materia orgánica y algunas propiedades del agua potable en diferentes puntos de la red de distribución, se puede saber la eficacia del proceso de potabilización y desinfección de la Planta Potabilizadora y los pozos del complejo acuífero de La Veguita, si están suministrando un agua en buenas condiciones para el consumo de la población y las condiciones higiénico sanitarias de los envases de agua potable de los pobladores ,

según los estándares establecidos por las Normas Cubanas y la OMS, teniendo en cuenta que los altos y bajos valores de estas propiedades afectan la salud ,

PRINCIPALES RESULTADOS A OBTENER.

- Análisis del cloro residual y la materia orgánica en las aguas de consumo humano.
- Interpretación de todas las propiedades del agua analizadas en el trabajo de investigación.
- Obtención de gráficos y tablas representativos de las propiedades analizadas en el agua de consumo humano del municipio de Moa.
- Localizar los principales focos de contaminación de las aguas.

Aplicabilidad de los resultados.

Los resultados serán aplicados por los investigadores, el gobierno y todas las entidades que de una u otra forma necesiten conocer la calidad de las aguas de consumo.

Estado del Arte

Según estudios de la OMS, hasta 1990, tanto las enfermedades relacionadas con el agua de bebida, como la disposición inadecuada de las aguas servidas y excretas, se encuentran entre las tres causas principales de muerte en el mundo. Solo en América Latina y el Caribe la gastroenteritis y las enfermedades diarreicas son responsables de aproximadamente 200,000 defunciones al año, sin incluir las ocasionadas por la fiebre tifoidea, la hepatitis y otras similares. El empleo de cloro para la desinfección de agua de consumo humano es una práctica aceptada en todo el mundo y ampliamente usada para el control de enfermedades diarreicas, como el cólera.

En el mundo se han realizado varios trabajos relacionados con la desinfección del agua potable y los daños que provoca, entre ellos están:

➤ *Presencia de materia orgánica y subproductos de la desinfección con cloro. Caso sistema de tratamiento de agua para consumo. Rosero, M.; Latorre, J.; Torres, W.; Delgado, L.* En este trabajo se divulgan los resultados de un estudio sobre la presencia de materia orgánica en el agua para consumo humano de la ciudad de Cali. El recurso señala como factores de riesgo químico al alto grado de contaminación bacteriana del Río Cali, principal fuente de abastecimiento de agua del municipio, y a la práctica de desinfección con cloro en la planta de potabilización. La temática se explica mediante textos expositivos, diagramas y tablas.

➤ *Calidad de agua y el servicio. Por Héctor L. Feoli Boraschi y Darner Mora Alvarado.* El Programa Sello de Calidad Sanitaria, es un incentivo para los entes operadores de acueductos de Costa Rica, que se preocupen por brindar agua de calidad potable de una manera sostenible y en armonía con la naturaleza

El Programa utiliza 7 parámetros para calificar a los participantes:

1. Contar con un programa de protección a las fuentes de agua
2. Contar con un programa de mantenimiento y limpieza de tanques y redes
3. Mantener cloro residual en la red, dentro de los parámetros de la norma.
4. Educación ambiental e información sobre la calidad.
5. Control de la calidad del agua para consumo.
6. El agua deberá cumplir el Reglamento para la calidad del agua.
7. Evaluación de riesgo sanitario

➤ *Estudio que Reportan la Asociación Entre la Cloración del Agua y Casos de Cáncer en Seres Humano. Por Química María Luisa Castro de Esparza.*

Desde 1974 se ha conducido en Estados Unidos, una serie de estudios descriptivo-geográficos y epidemiológico-analíticos (caso-control), con el fin de evaluar la relación entre cáncer y la calidad del agua potable. Ambos tipos de estudios difieren en su diseño, metodología y, por lo tanto, no son comparables los resultados y posibles asociaciones de casos de cáncer con consumo de agua clorada. Los primeros estudios realizados fueron los de carácter geográfico-descriptivo; eventualmente se estableció la necesidad de desarrollar estudios epidemiológico-analíticos que proveyeran de estimaciones sobre la magnitud del riesgo, considerando las exposiciones individuales y posibles factores de confusión. Los resultados de ambos tipos de estudios han demostrado un incremento de poco significado en el riesgo de contraer cáncer a la vejiga y al colon.

➤ *Calidad del agua y enfermedades de transmisión digestiva. Por Asela María del Puerto Rodríguez, Miriam Concepción Rojas y Ana Margarita Iglesias Fernández.* En el trabajo se realiza un estudio ecológico de tendencia temporal sobre la calidad sanitaria del agua de consumo y su relación con la morbilidad de las enfermedades de transmisión digestiva en el municipio Plaza de la Revolución, entre los años 1992 y primer semestre de 1997. La morbilidad se obtuvo de las series cronológicas del Departamento de Estadística Municipal y los datos sobre la calidad del agua se recogieron de los registros del departamento de Salud Ambiental Municipal; los resultados se expresaron en porcentajes e índices, mostrándose en tablas y figuras.

➤ *El Uso del Cloro en la Desinfección del Agua: Universidad de Puerto .Facultad de Ciencias Naturales.Prof. Rodríguez Esquerdo Integrantes del grupo: Natalia Ocasio y Manuel E. López Díez.*

Se midió el cloro residual en el agua a medida que se aleja de la planta de tratamiento. Para esto utilizamos un kit que mide el cloro residual del agua entre 0 y 0.6 mg/l. Partiendo desde la planta de tratamiento en Trujillo Alto, tomamos muestras de agua aproximadamente cada 0.5 millas. Para esto utilizamos el odómetro del auto. Cabe mencionar que la mayoría de las tuberías de agua potable siguen las carreteras. Respecto a los resultados se puede apreciar que mientras más cerca del lugar de muestreo de la planta de tratamiento, más cloro residual había presente en el agua. A su vez al alejarse de la planta la cantidad de cloro era menor. La presencia de dos muestras con cantidades pequeñas del elemento, llevan a la conclusión que los lugares donde se

tomo el agua deben tener su propio sistema de tratamiento. Este sea destiladores o cualquier otro sistema.

➤ *El Agua, el Cloro y los Seres Vivos LEONCIO J. GARCIA ARA Director de Calidad, Prevención y Medio Ambiente del Grupo Químico Aragonesas.*

El VI Programa Comunitario y en su apartado Medioambiente y Salud, referencia el objetivo de conseguir un nivel de calidad ambiental tal que las concentraciones de contaminantes de origen humano, no tengan efectos ni riesgos significativos sobre la salud humana. Reflexionar y hablar del papel del cloro y su relación con el agua y con los seres vivos, va ligado a la Salud de las personas. El cloro o mejor algunos de sus derivados han dado y dan lugar a numerosas polémicas, cosa que no podría ser de otra manera después de tantos años de experiencias y de tan numerosa presencia de estos derivados clorados.

En cuba también se han realizado trabajos con relación a la calidad de agua como:

- "Calculo de reservas de las aguas subterráneas en las terrazas del Río Moa (1983).
- Evaluación hidroquímica e hidrogeológicas de las aguas subterráneas de las terrazas del Río Moa."1992.
- Estudio de la calidad de aguas superficiales, subterráneas y la erosión hídrica en la cuenca del Río Moa. (1993).
- 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).
- Estudio preliminar de las características hidroquímica, hidrogeológicas y bacteriológicas de las aguas subterráneas en la Ciudad de Moa.).
- 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.
- En 1999 la Ms. Amparo Velázquez 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.

- 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 playa. Moa. (1999)
- Tesis de Aniuska.
- Caracterización físico – química de las aguas subterráneas que dan abasto a el reparto Las Coloradas Viejas de la ciudad de Moa.(2002).

Tomando como referencias nuevas metodologías internacionales, nacionales como las planteadas en el Libro de hidrogeología subterráneas de Custodio y Llamas. (78910). 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.

CAPITULO I: LOCALIZACIÓN, RASGOS FISIAGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.

1.1 Situación geográfica.

La región de estudio se encuentra enmarcada dentro del municipio Moa, el cual se ubica en el Noreste de la provincia Holguín, limitado al Norte con el océano Atlántico, al Sur con el municipio de Yateras, al Este con el municipio de Baracoa y al Oeste con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País. (Fig. No 1), La misma abarca un área de 465 Km².

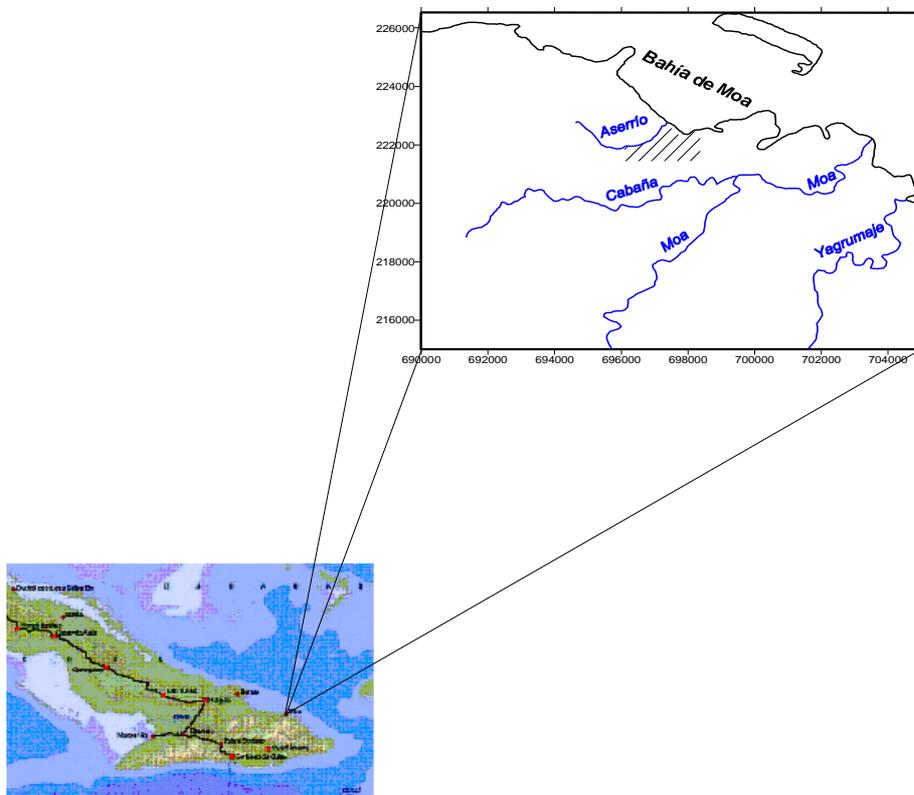


Fig.No1. Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio (tesis de Aniuska)

1.2 Rasgos Fisiográficos de la Región

Clima.

El clima es tropical húmedo, siendo una de las áreas de mayor pluviométrica del país. El cual 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. Desde el

punto de vista meteorológico el municipio se sitúa como una zona costera con predominio de las condiciones tropicales marítimas – costeras.

Temperatura

Los meses más cálidos son julio-septiembre con temperatura media de hasta 30.5⁰C y los más fríos son enero y febrero con mínimas de 22-24 ⁰C. Según Lavaut (1998) se pueden experimentar fluctuaciones espaciales de la temperatura de 10^o a 15^o considerando la diferencia climática vertical en la atmósfera de las áreas montañosas.

Humedad relativa

La humedad relativa media anual es del 85%. Los meses de mayor humedad son octubre, noviembre y diciembre, mientras que los menores valores de humedad se registran en el mes de marzo (Téllez, 1995; Rodríguez y Téllez, 1995).

Precipitaciones.

El comportamiento de las precipitaciones de la región de Moa no coincide con la del resto del territorio nacional, los mayores promedios anuales se reportan en noviembre – abril considerado para Cuba como período seco, siendo en Moa la época de mayores precipitaciones con valores de 2300 a 2600 mm y más. En el período lluvioso cubano ocurre lo contrario. En el territorio es considerada etapa de seca con 1600–1800 mm de lluvia.

Las precipitaciones son abundantes todo el año, alcanzando de 2000–2400 mm. En general se puede plantear que existen dos máximas, una principal en los meses correspondientes a octubre–enero y la segunda en el mes de mayo. El valor mínimo principal se registra en el periodo de marzo a abril y el secundario, de junio a septiembre.

Presión atmosférica

Durante el invierno ocurren las presiones más altas. De mayo a octubre se registran los valores mínimos. La media anual es de 1017.3 hP, la media máxima mensual es de 1022.0 h P en el mes de septiembre.

Vientos

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

1.2.1 Características Socioeconómicas.

Económicamente la región se encuentra dentro de las más desarrolladas en el país desde el punto de vista industrial, debido a que cuenta con las plantas procesadoras de níquel Comandante Pedro Soto Alba y Ernesto Che Guevara respectivamente que impulsan el desarrollo de la rama minero - metalúrgica.

Además existen otras entidades tales como: La Empresa Mecánica del Níquel, 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. Los gabros y ultrabasitas, típicos del complejo ofiolítico, pueden ser empleados como áridos en la industria de Materiales de la Construcción. En Cayo Moa Grande se encuentra una barrera de arrecifes cuyos corales son extraídos y utilizados como materia prima en el proceso 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 78 000 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.

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 ambrófilo de árboles latifolios y aciculifolios, bosque tropical ambrófilo aluvial, sempeavirente tropical xenomorfo espinoso, matorral tropical xenomorfo subespinoso, entre otros. 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.

1.2.2 Flora y Fauna.

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

Refiriéndonos a la fauna edáfica, se puede señalar que su densidad y abundancia se encuentra en las áreas de los bosques bajos, principalmente compuestos por Pinos. Los Ácaros y Caémolos son los grupos más abundantes, la diversidad de especies es mayor en áreas con alguna vegetación en comparación a la de suelos desnudos, esto concuerda con lo observado por algunos investigadores en cuanto a que la abundancia y diversidad de la fauna depende de la diversidad y riqueza de las especies de vegetación.

1.2.3 Hidrografía.

Contamos en el municipio con una red hidrográfica bien desarrollada que corre de Sur a Norte, la misma es de tipo dendrítica, aunque en algunos casos se observa la red subparalela. La región cuenta con una red hidrográfica bien desarrollada representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se encuentran de Este a Oeste: Yamanigüey, El Medio, Semillero, Quesigua, Cayo Guam, Punta Gorda, Yagrumaje, Moa, Cabañas, y Aserrío (el cual se encuentra enmarcado en el área de estudio), 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.

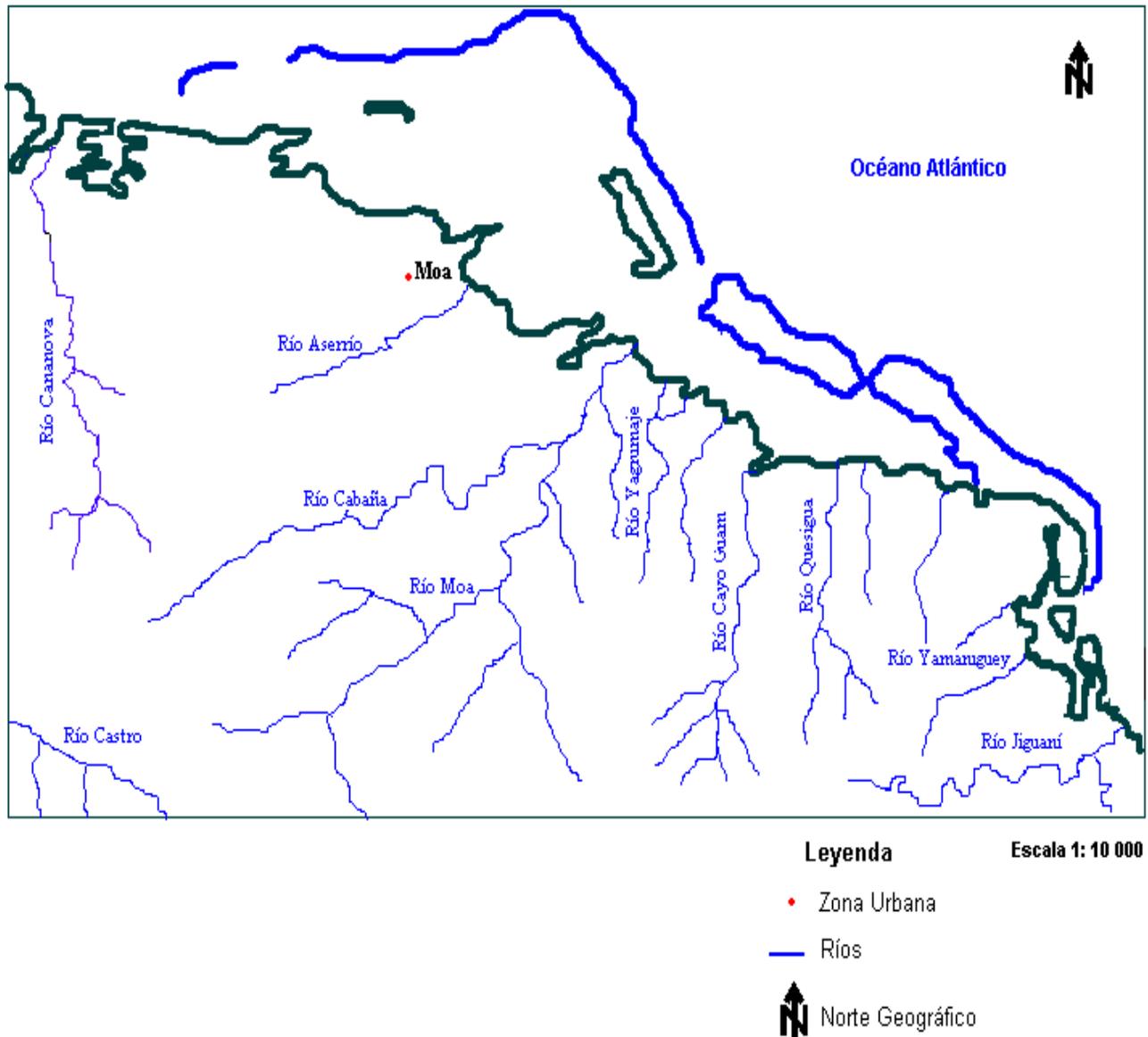


Fig.No 2. Mapa de red fluvial (tomado de Ricardo T)

1.2.4 Características Hidrogeológicas.

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

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, así como su capacidad de almacenar las aguas subterráneas en mayor o menor grado, se determinó de forma general la presencia de cinco complejos acuíferos. (Ver figura 3).

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.

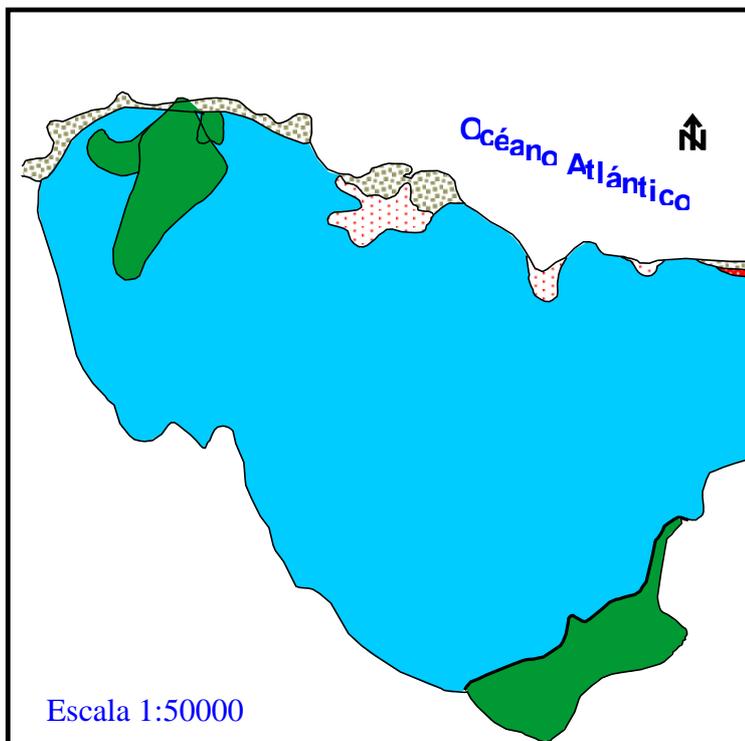


Fig.No 3. Mapa de Complejos Acuíferos de la Región de Moa. Tomado de Ricardo T (2006)

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.

1. 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 12 m. El coeficiente de filtración (K) está comprendido entre valores menores de 1 a 14.7 m/día, el gasto de aforo (Q) desde menores de 1.0 - 4 L/seg. Según la clasificación de Kurlov y Aliokin, las aguas son del tipo hidrocarbonatadas-clóricas-sódicas.

2. 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-arenosos 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 aguas 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.

3 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, los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar más de 20 m. 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.

4 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.

5 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 15 m aproximadamente. Se considera que la edad de los mismos sea perteneciente al cuaternario, presentando altas capacidades para el almacenamiento de agua. El coeficiente de filtración (K) varía de 13-290 m/días, mientras que su gasto de aforo (Q) es de 2-57 L/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 predominantemente hidrocarbonatadas-magnésicas.

La macro estructura presente en la región, según el Dr. Constantino de Miguel, es un macizo hidrogeológico (M.H) 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, ocupa un área de unos 2 300 km²; en este macizo hidrogeológico se encuentra al Norte la ciudad de Moa. 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 filoneanas, con mayor desarrollo en la corteza de intemperismo y en zonas de fallas y sus proximidades, predominan las aguas freáticas, con presiones locales en zonas de fallas.

En todo el macizo predominan transmisividades menores de 100 m.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 se favorece por el gran escurrimiento de estos ríos, ya que este territorio presenta uno de los mayores índices de precipitaciones en la Isla.

1.3 Características Geológicas del área de estudio.

1.3.1 Características geológicas del área de estudio.

La geología del área de estudio se caracteriza por una marcada complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el transcurso del tiempo geológico. Lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas basadas en criterios y parámetros específicos según el objetivo de la investigación realizada por Rodríguez infante Alina en su tesis doctoral. 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 Vulcano-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

1.3.2 Características Tectónicas.

La tectónica del bloque oriental cubano, comprendido entre las fallas Cauto-Nipe hasta el extremo oriental de la Isla, se caracteriza por una elevada complejidad, dada por la ocurrencia de eventos de índoles diferentes que se han superpuesto en el tiempo y que ha generado estructuras que se manifiestan con variable intensidad e indicios en la superficie. Los principales eventos que afectaron el bloque oriental cubano se inician en el mesozoico cuando comienza el modelo geotectónico que caracteriza a los sistemas de arcos insulares y cuencas marginales. (Knipper y Cabrera, 1974).

En este período reasocian las rocas más antiguas de Cuba oriental representadas por las formaciones metamórficas volcánicas y sedimentarias, que se muestran en ocasiones altamente deformadas, llegan en algunos casos a formar parte de melanges, presentan en general, una yacencia isoclinal.

En el Campaniano ocurre la extinción del Arco Volcánico Cretácico cubano, iniciándose los procesos de compresión de Sur a Norte que originan a través de un proceso de acreción oceánica el desplazamiento de complejo ofiolítico, según un sistema de escamas de sobrecorrimiento con mantos tectónicos altamente dislocados de espesor y composición variables.

Los movimientos de compresión hacia el Norte continuaron durante el Paleoceno hasta el Eoceno Medio donde ocurre la colisión y obducción del Arco Volcánico Cretácico sobre el Paleomargen de Bahamas.

Este proceso de colisión no ocurre en el bloque oriental con iguales características que en el resto de Cuba, debido al surgimiento a inicios del Paleógeno de la depresión tectónica Cauto-Nipe que provocó la rotación de Cuba Oriental en sentido antihorario, retrazando y haciendo menos violenta la colisión.

A partir del Eoceno Medio y hasta el Mioceno Medio, las fuerzas de compresión tangenciales se reducen, quedando solo expresadas a través de fallas Wrench, plegamiento y empujes locales, tomando importancia para la región los movimientos verticales que caracterizan y condicionan la morfotectónica regional, iniciándose a partir del Mioceno Medio el proceso del ascenso del actual territorio de la Isla de Cuba (Rodríguez, 1997). Si bien es cierto que los movimientos verticales responsables de la formación del sistema de Horts y Gravens caracterizan los movimientos tectónicos recientes, es preciso tener en cuenta la influencia que sobre Cuba Oriental tienen los

desplazamientos tangenciales que ocurren a través de la falla Oriente (Bartlett-Caimán) y el desarrollo de la fosa de Bartlett a mediados del Mioceno y que constituye la zona límite entre la Placa Norteamericana y la Placa Caribeña, la cual se desplaza en dirección Este con una velocidad de 15 mm anuales, (Mann P. y otros,1990), originando campos de esfuerzos de empuje con componentes fundamentales en las direcciones Norte y Noreste, que a su vez originan desplazamientos horizontales de reajuste en todo el bloque oriental cubano.

La tectónica del área es compleja, se pone de manifiesto la superposición de fenómenos tectónicos originados en condiciones geodinámicas contrastantes y en diferentes períodos, así el sistema de mantos tectónicos y el intenso plegamiento que caracterizan la estructura geológica de las secuencias más antiguas surgieron en un ambiente de compresión máxima.

En contraposición a esto los eventos tectónicos más jóvenes surgieron en lo fundamental, bajo la acción de los esfuerzos de tracción de la corteza terrestre, estos esfuerzos han originado sistemas de fallas que dividieron la zona en una serie de bloques horsticos y gravens que enmascararon las estructuras más antiguas.

Por otra parte los movimientos de traslación horizontal provocan el desplazamiento de los mantos tectónicos de Cuba Oriental fueron de gran magnitud, principalmente para las serpentinas que forman una unidad alóctona.

Localmente esta complejidad en la región de estudio se pone de manifiesto a través de sistema de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas, que se expresan en la topografía por medio de un conjunto de criterios que permiten su interpretación y sistematización.

Las dislocaciones de plegamientos que presenta la región son sumamente complejas. En las secuencias más antiguas se hace difícil el desciframiento de las meso-estructuras. Plegadas dado la monotonía litológica que presentan, no obstante, los estudios realizados permiten afirmar que en las secuencias más antiguas (rocas metamórficas y vulcanógenas), existen direcciones principales de plegamiento.

1 Norte-Sureste.

2 Noroeste-Sureste.

3 Norte-Sur.

La tectónica disyuntiva es de igual complejidad, existe un sistema de mantos tectónicos cuyo rumbo coincide con la dirección general de plegamiento de las secuencias antiguas y con las cual se asocian fallas inversas de ángulos abruptos y grietas de cizallamiento.

- 1 Sistema de fallas en dirección Oeste- Noroeste, Este- Suroeste.
- 2 Sistema de fallas en dirección Norte- Noroeste, Sur - Suroeste.
- 3 Sistema de fallas más jóvenes en dirección Este- Oeste.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

INTRODUCCIÓN.

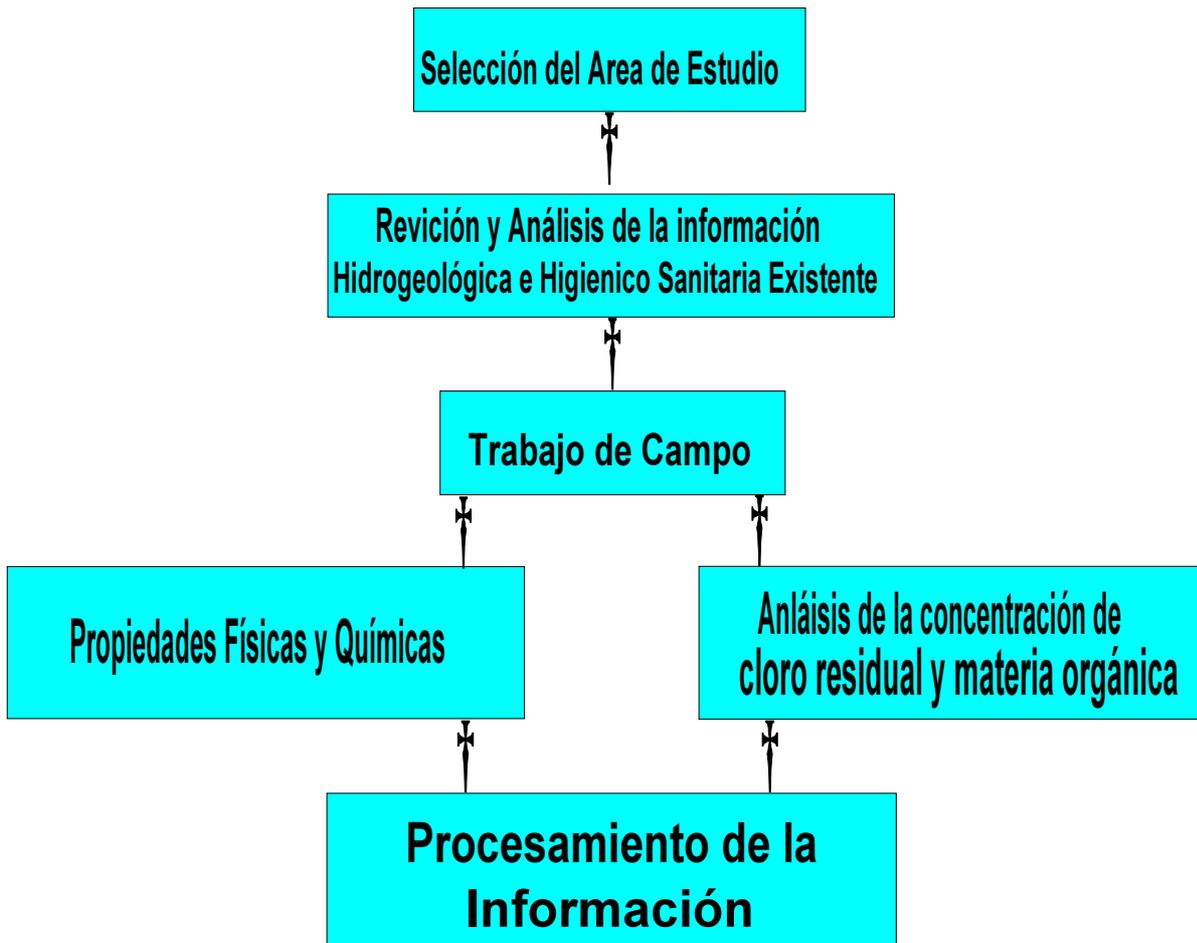
El control de la calidad del agua unido a un saneamiento adecuado es la clave para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades a la población por su consumo; este control se ejerce evaluando los parámetros de calidad del agua y por otra parte vigilando que las características de las construcciones, instalaciones y equipos de las obras de captación, conducción, plantas de potabilización, redes de distribución, tanques de almacenamiento o regulación y tomas domiciliarias que protejan el agua de contaminación.

El cloro, debido a su capacidad para destruir microbios, es uno de los productos más usados para la desinfección de las aguas, éste actúa como un potente desinfectante. Añadido al agua, destruye rápidamente las bacterias y otros microbios que ésta pueda contener, lo que garantiza su potabilidad y ayuda a eliminar sabores y olores. La mayor parte del suministro de agua potable en el Mundo depende de la cloración.

Un saneamiento adecuado en las aguas de consumo humano también requiere del análisis de diferentes propiedades como pH, color, turbidez, dureza, salinidad entre otras, para poder obtener un agua en óptimas condiciones para el consumo.

Por estas razones anteriormente planteadas, se decidió hacer una evaluación del cloro residual, la materia orgánica, algunas propiedades de las aguas de consumo humano.

Para la realización de toda investigación se requiere de una metodología de trabajo a seguir para dar cumplimiento a los objetivos planteados. El desarrollo y elaboración de este trabajo se ha basado en diferentes etapas que podemos mostrar a través del siguiente esquema. (Esquema Nro 1).



Esquema No # 1. Esquema de los trabajos realizados.

2.1 Selección del Área de estudio.

Se seleccionaron estas áreas por ser las áreas de mayores pobladores del municipio, y una contaminación de las aguas potables en esta parte urbana del municipio traería muchos riesgos de enfermedades a la población. También se tuvo en cuenta la fácil accesibilidad a las diferentes zonas de estudio y la cercanía del laboratorio donde se hicieron todos los análisis a las muestras recolectadas etc.

- **Reperto Miraflores. (Mf)**
- **Reperto Atlántico. (At)**
- **Reperto Coloradas. (Cla)**
- **Reperto Caribe. (Ca)**
- **Reperto Haití Chiquito. (Hchto)**
- **Reperto Rolo Monterrey. (Rolo)**

➤ **Planta de agua (PA)**

2.2 Revisión y análisis de la información existente.

La revisión y análisis de la bibliografía comprende una etapa importante y se debe considerar al realizar una buena investigación. Se realizó en el fondo geológico del departamento de Geología, en el laboratorio de análisis de agua del municipio moa (planta de agua), y búsquedas en Internet. Se consultaron los trabajos precedentes del área de estudio, en cuento a: la geología, la hidrogeología, la hidrología, química del agua entre otros. Esto se obtuvo de informes, tesis doctoral, de maestrías, de grado, revistas, libros especializados, folletos, Normas de la Organización Mundial de la Salud, Normas Cubanas.

2.3 Trabajos de campo

El trabajo de campo es una de las partes más importante de la investigación debido a que es donde se hace la recolección de las muestras que luego se envían al laboratorio, para hacerle los análisis pertinentes.

2.4 Recolección de las muestras

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material que se esta estudiando, para la cual se analizaron diferentes propiedades del agua, y principalmente la evaluación del Cloro Residual y Materia Orgánica, tomando como base resultados de las propiedades físicas y químicas.

Se tomaron 21 muestras duplicadas en la primera corrida y se recogieron igual cantidad en los mismos lugares en una segunda corrida para obtener resultados representativos, en total se recolectaron 42 muestras duplicadas, 40 en viviendas y dos muestra donde comienza el proceso de distribución para las redes de abastecimiento (Planta de Agua). La primera corrida se realizó del 25 de febrero al 7 de marzo de 2009 donde se recolectaron 21 muestras duplicadas y se enviaron para el laboratorio para la realización de los análisis (la primera corrida fue en días lluviosos). La segunda corrida se realizó del 31 de marzo al 12 de abril de 2009 recogiendo y analizándose otras 21 muestras (la segunda corrida fue en días secos). Las muestras se tomaron en pomos plásticos, los pomos fueron debidamente esterilizados, lavados con agua, detergente y agua destilada para evitar la contaminación de la muestra.

Principales aspectos de control de la muestras.

1. Etiquetas. Éstas se utilizan para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, se pegan en el frasco antes o en el momento de muestreo, se utilizan papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se escribe, con tinta aprueba de agua, lo siguiente: fecha, hora, lugar de recolección y el tiempo de preservación.
2. Libreta de campo. Se utiliza para registrar toda la información pertinente a las observaciones de campo o del muestreo. Se anota también la localidad de cada punto, la codificación, la fecha y las mediciones del campo.
3. Entrega de las muestras al laboratorio. Las muestras se deben entregar al laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo.

2.4.1 Procedimiento del muestreo.

Las muestras deberán ser representativas del agua que se desea analizar y deberá evitarse que se produzca cualquier contaminación accidental durante el proceso.

Como punto de muestreo en la red de distribución se consideró la llave principal conectada directamente a la red pública en la vivienda o establecimiento. En la planta se tomó la muestra de la llave que se encuentra a la salida del proceso, con la finalidad de evaluar la calidad del agua que las empresas entrega a la población y poder hacer una comparación de la muestra en el momento de salida y en los diferentes puntos de la red.

En las fuentes de abastecimiento se tomaron 1000 ml de agua para los análisis de Materia Orgánica y las demás propiedades que se tuvieron en cuenta para los análisis de las muestras.

Para la toma de muestra se tuvo en cuenta las siguientes precauciones:

- El envase debe estar bien limpio.
- Elegir la llave situada en la red de distribución.
- Enjuagarlo varias veces con el agua que se desea analizar.
- Llenar finalmente el frasco completo para las pruebas físico - químicas, sin dejar aire atrapado en su interior, evitando así las modificaciones durante el transporte.

Tabla # 1 muestreo

| Muestra | Reparto | Dirección | Envase |
|----------------|--------------------|-----------------------|---------------|
| A1 | Miraflores | Edif. 1 apto31 | plástico |
| A2 | Miraflores | Edif. 2 apto3 | plástico |
| A3 | Miraflores | Edif. 5 apto1 | plástico |
| A4 | Atlántico | Edif. B apto1 | plástico |
| A5 | Atlántico | Edif. M apto1 | plástico |
| A6 | Atlántico | Edif. 22 apto761 | plástico |
| A7 | Colorada | Edif. 7A apto10 | plástico |
| A8 | Colorada | Edif. 4A apto9 | plástico |
| A9 | Colorada | Edif. 16 apto564 | plástico |
| A 10 | Caribe | Edif. 23 apto32 | plástico |
| A 11 | Caribe | Edif. B3 apto33 | plástico |
| A 12 | Caribe | Edif. 35 apto20 | plástico |
| A 13 | H Chiquito | Calle A. Boisan No 21 | plástico |
| A 14 | Haití Chiquito | Calle A. Boisan No 23 | plástico |
| A 15 | Haití. Chiquito | Calle A. Boisan No 13 | plástico |
| A 16 | Haití. Chiquito | Calle A. Boisan | plástico |
| A 17 | Haití. Chiquito | Calle A. Boisan | plástico |
| A 18 | Rolo | Edif. 1 apto13 | plástico |
| A 19 | Rolo | Edif. 2 apto13 | plástico |
| A 20 | Rolo | Comedor | plástico |
| A 21 | Planta de Agua | Che Guevara | plástico |

****Todas las muestras fueron tomadas entre las 7:30AM y las 11:00AM****



Fig.No 4. Mapa de datos reales

2.5 Fuentes de contaminación.

A1: se tomó la muestra de un tanque plástico sin tapa, el agua cambia cada 3 o 4 días, tiene buenas condiciones.

A2: se tomó la muestra en un tanque de Níquel bien tapado y presenta buenas condiciones higiénicas sanitarias y de construcción, el agua se cambia cada 2 o 3 días.

A3: la muestra se tomó de un tanque de fibrocemento bien tapado, el tanque se llena cada vez que llega el agua pero no se lava frecuentemente.

A4: se tomó la muestra de un tanque de latón, tiene buenas condiciones y se lava cada 3 o 4 días.

A5: el agua se tomó de un tanque plástico bien tapado con buenas condiciones higiénico sanitarias, se lava cada 3 días.

A6: se tomó la muestra de un tanque de hierro bien tapado, no se lava frecuentemente, por eso crea una capa de limo en las paredes, se cambia el agua cada 5 o 6 días.

A7: el agua para consumo se almacena en un tanque de latón que no tiene tapa no tiene muy buenas condiciones, el agua se cambia cada 5 o 6 días.

A8: se tomó la muestra directamente de la llave principal.

A9: se tomó la muestra de un tanque de latón bien tapado y el agua se cambia cada 2 o 3 días.

A10: se tomó la muestra directamente de la llave principal.

A11: se tomó la muestra de un tanque de hierro bien tapado el agua se cambia cada 2 o 3 días.

A12: se tomó la muestra directamente de la llave principal.

A13: la muestra se tomó de un tanque plástico, no se lava frecuentemente y esta a la interperie, en las paredes del tanque se crea una capa de limo y el polvo y la basura del aire cae con frecuencia dentro del tanque porque no tiene tapa.

A14: se tomó la muestra de un tonel de Níquel se lava mensualmente.

A15: se tomó la muestra de un tanque de latón bien tapado y el agua se cambia cada 2 o 3 días.

A16: se tomó la muestra de un tanque plástico sin tapa, el agua cambia cada 5 o 6 días, tiene buenas condiciones.

A17: se tomó la muestra de un tanque plástico sin tapa, el agua cambia cada 5 o 6 días, tiene buenas condiciones higiénico sanitarias.

A18 y A19: se tomaron de la llave principal, esta agua viene de cisternas multifamiliares, están bien tapadas y se lavan una o dos veces al año.

A20: se tomó la muestra directamente de la llave principal.

A21: se tomó en la salida del proceso.

2.6 Los principales contaminantes del agua por materia orgánica son los siguientes:

Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).

Agentes infecciosos.

➤ Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.

- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

Tabla # 2 contaminantes orgánicos

| Fuente o actividad | Contaminante orgánico |
|---|---|
| Desechos humanos | Excremento, urea |
| Desechos alimenticios | Azúcares, almidones, alcoholes, grasas, aceites, etc. |
| Basura | Papel, genero, cáscara, hojas de te, café molido. |
| Misceláneos | Jabones, detergentes, shampoos |
| Agricultura | pesticidas |
| Actividades industriales | Son los importantes y mas variados |
| Farmacéutica y petrolera | Gama enormes de diferentes contaminantes, cada uno en una concentración pequeña. |
| Otras industrias | Producen generalmente concentraciones muy elevadas de un único tipo de contaminante |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Procesadora de papel ○ Faenadora de aves ○ Manufactura de alimentos | Celulosa Sangre Azúcares |

2.7 Análisis de laboratorio

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Planta de Agua en el municipio Moa, y a las muestras se le realizaron los siguientes análisis, cloro residual, materia orgánica,

color, turbidez, conductividad, pH, STD, temperatura, sulfato, alcalinidad parcial y total, dureza, Cl⁻, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺ y el Fe entre otros.

Estos análisis se realizaron con el objetivo de valorar el comportamiento del cloro residual, la materia orgánica y, teniendo en cuenta algunos parámetros físico-químicos.

Los análisis físicos y químicos fueron realizados según la metodología del Estándar Método Internacional. Estos métodos analíticos utilizados son controlados y evaluados con sus respectivos controles de calidad para los trabajos de laboratorio, con el objetivo de conocer los macro y micro componentes más comunes contenidos en las aguas estudiadas.

2.8 Materiales y métodos:

Cloro Residual: Para obtener un resultado fiel de la concentración del cloro residual se debe medir acto seguido de tomar la muestra para lo cual se utilizó un equipo manual de bajo costo.

Se utilizó el siguiente Instrumental: una jeringuilla, un tubo de ensayo, una escala cromática para obtener la concentración del cloro y como reactivo tres frascos de reactivo DPD

Materia Orgánica. Muchas aguas tienen un color que va desde ligeramente amarillento hasta ámbar oscuro que proviene de la materia orgánica de la vegetación en descomposición que ha sido lixiviada por los torrentes de agua desde las vertientes. Este material orgánico está constituido por ácido húmico (soluble en agua), ácido flúvico (soluble en agua), humatos (insoluble en agua por su alto peso molecular). Se determinó por el método volumétrico.

Turbidez: presenta una gran importancia sanitaria ya que refleja una aproximación del contenido en materias coloidales minerales u orgánicas, por lo que puede ser indicio de contaminación, además protege a los microorganismos de los efectos de desinfección, facilita el crecimiento de bacteria y aumenta demanda de cloro, y se determina por el método colorimétrico.

Sólidos totales Disueltos: los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen de los sólidos disueltos puede ser orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como en aguas superficiales. Su rango normal está 25 y 500 mg/l, como CaCO_3 .

Conductividad: la conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Ella indica la cantidad de materia total ionizable presente en el agua. El equipo a utilizar para la determinación de los STD y la conductividad es el conductímetro WTWLF – 330 UNICAM y el método fotométrico

pH: es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas para el análisis químico del agua. El es simplemente una escala indicadora del balance entre los iones hidrógenos (H^+) y los iones hidróxidos (OH^-), no es una medida cuantitativa del nivel alcalino a ácido de una sustancia disuelta en agua. El termino pH es definido como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrogeno, por ejemplo el logaritmo de 10^{-7} es 7.

Los valores inferiores a 7 indican un aumento de la acidez y mayores un aumento de la basicidad, y 7 es el valor nulo. Se determina por el método Potenciómetro.

Dureza: La dureza es definida como las concentraciones de calcio e iones de magnesio expresados en términos de carbonato de calcio. Se mide por el método volumétrico.

Magnesio: hidroquímicamente similar al calcio, aunque algo más difícil de precipitar al ser sus sales más solubles. Forma parte de la dureza total del agua, aproximadamente la dureza de magnesio es un tercio de la dureza total. Las aguas dulces contienen entre 1 y 100 mg por litro, como, CaCO_3 , cuando el contenido de magnesio llega a varios centenares, le da al agua un sabor amargo y propiedades laxantes que pueden afectarse potabilidad. La eliminación del magnesio puede realizarse por intercambio iónico o mediante ablandamiento con cal el Método utilizado es el volumétrico.

Calcio: Es un elemento abundante en los materiales que componen la corteza terrestre (calcita, dolomita, yesos, en las rocas ígneas y metamórficas forma parte de las plagioclasas, anfíboles, piroxenos, etc.) y por tanto, en la aguas subterráneas. Además es un elemento muy móvil, en aguas naturales suele estar en proporciones de 10 a 200

mg/l. Precipita fácilmente como carbonato cálcico; también puede sufrir reacciones de intercambio iónico. El método utilizado es el volumétrico.

Sulfato: Proceden de rocas sedimentarias, sobretodo yeso y anhidrita, y en menor proporción de la oxidación de los sulfuros de la pirita. Son moderadamente solubles. El rango típico en aguas potables esta limitado hasta 250 mg/l como SO_4 debido al mal gusto y a su efecto catártico. Se determina por el método Colorimétrico.

Cloruro: Son constituyentes abundantes de las aguas subterráneas, aunque son escasos en los minerales de la corteza, pues son muy estables en solución y precipitan difícilmente (es decir son iones móviles o conservativos en el agua). Procede sobretodo de la disolución de evaporitas y de los aerosoles marinos disueltos por el agua de lluvia. Las concentraciones normales van de 10 a 250 mg/l, más de 300 mg/l dan sabor salado al agua. Se determina por el método volumétrico.

Hierro (Fe): Procede de menas metálicas y también es frecuente en silicatos. En las aguas subterráneas el hierro se encuentra en forma de Fe^{2+} en condiciones de potencial redox bajo. Si el potencial redox sube, el Fe^{2+} pasa a Fe^{3+} que precipita. Y se determina por el método calorimétrico.

Nitrito: Normalmente no deben existir en aguas subterráneas, aunque en medios reductores se puede generar debido a la reducción de nitratos. Se utilizan como indicativos de una contaminación por residuos orgánicos y de la probable existencia de organismos patógenos asociados a este tipo de contaminación. En medios oxidantes se transforman a nitratos y se determina por el método calorimétrico.

Color: El color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada, el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión. El color de las aguas se determina por comparación con una escala de patrones preparada con una solución de cloruro de platino y cloruro de cobalto. El número que expresa el color de un agua es igual al número de miligramos de platino que contiene un litro patrón cuyo color es igual al del agua examinada.

Constituyentes trazas.

Aquellos que están presentes en cantidades muy pequeñas, difícilmente cuantificables por los métodos de análisis habituales (normalmente se encuentran en concentraciones de algunos µg/l o incluso inferiores). Dentro de este grupo merecen especial atención los metales pesados y metaloides: U, Zn, Cu, Pb, As, Se, Sb, Mb, Cd, Ni, Co, etc.

Tabla # 3 Unidades de Medidas (U/M) utilizadas

| Parámetros | U/M |
|------------------|-------------------------------|
| PH | adimensional |
| Alcalinidad | mg/l como CaCO ₃ |
| Dureza | mg/l como CaCO ₃ |
| STD | mg/l |
| Ca | mg/l |
| Mg | mg/l |
| Cloruro | mg/l |
| Sulfato | mg/l |
| Materia Orgánica | mg/l como O ₂ cons |
| Cloro Residual | ppm |
| Color | Pt/Co |
| Na | mg/l |
| K | mg/l |
| Temperatura | grado |
| Turbidez | NTU |

2.9 Procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información se utilizaron varios programas y software como se describen a continuación:

- Surfer: este programa se utilizó para la confección del mapa metodológico y el mapa de ubicación del área de estudio.
- Aurora Quan: se utilizó para leer las concentraciones de Fe, Nitrito, sulfato.
- Microsoft Excel: en este programa se obtuvieron los gráficos, estadística descriptiva, tablas, etc.
- Microsoft Word: fue donde se plasmó el informe final del trabajo.
- Power Point: se utilizó para la discusión final del trabajo.

2.10 Clasificación de las aguas

❖ Clasificación de las aguas por su composición química según O.A. Aliokin.

Está basada en el principio de división por los iones predominantes y relación entre ellos. El contenido de las aguas de sus iones predominantes y la relación entre éstos. Se representa en miligramos-equivalentes por litro.

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

1. Hidrocarbonatadas y carbonatadas ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$).
2. Sulfatadas (SO_4^-).
3. Clóricas (Cl^-).

Éstas a su vez se dividen por uno de los cationes predominantes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) y cada grupo se divide en cuatro tipos por la relación entre los miligramos equivalentes de los iones:

1. Se caracteriza por la relación $\text{HCO}_3^- > (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$. Estas aguas son débilmente mineralizadas.
2. La relación $\text{HCO}_3^- < (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) < (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^-)$. Se relacionan las aguas subterráneas, las aguas de ríos y lagos de poca mineralización.
3. 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.
4. Ausencia de iones HCO_3^- . Esta agua son ácidas y existen solamente en las clases sulfatadas y clóricas en los grupos $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, que no existe el primer grupo.

Las aguas de consumo en moa son:

Clase: **hidrocarbonatadas**

Grupo: **magnésicas**

Tipo: I y III

❖ **Clasificación de las aguas por el grado de contaminación salina según (Simpson).**

La misma nos permite conocer aproximadamente el grado de salinización presente en las aguas subterráneas y superficiales producto de su relación con el mar. Para la determinación de este parámetro se utiliza la siguiente expresión, siendo sus términos referidos en m.equiv/l.

$$CS = \frac{Cl}{CO_3 + HCO_3} \quad (m. equiv/l)$$

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

| Relación | Denominación de las aguas. |
|------------|--------------------------------|
| < 0,5 | Agua normal |
| 0,5 – 1,8 | Agua ligeramente contaminada |
| 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 |

Tabla # 4 contaminación salina por repartos

| Repartos | C.S |
|----------------|------|
| Miraflores | 0.37 |
| Atlántico | 0.37 |
| Colorada | 0.34 |
| Caribe | 0.35 |
| Haití Chiquito | 0.24 |
| Rolo Monterrey | 0.25 |

Con respecto al grado de contaminación salina las aguas de consumo del municipio se clasifican en aguas normales.

Tabla # 5. Conversión de mg / l a mg –equiv/l

Cationes (mg-equiv/l)

Aniones (mg-equiv/l)

| Muestra | Na+ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Muestra | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ⁼ | Cl- | SO ₄ ⁼ |
|---------|------|------------------|------------------|---------|-------------------------------|------------------------------|------|------------------------------|
| A1 | 0,17 | 0,4 | 0,52 | A1 | 0,8 | 0,03 | 0,35 | 0,24 |
| A2 | 0,18 | 0,34 | 0,57 | A2 | 1,23 | 0,03 | 0,38 | 0,22 |
| A3 | 0,2 | 0,44 | 0,74 | A3 | 0,79 | 0,07 | 0,38 | 0,24 |
| A4 | 0,21 | 0,39 | 0,68 | A4 | 0,92 | 0,07 | 0,37 | 0,25 |
| A5 | 0,18 | 0,52 | 0,6 | A5 | 0,98 | 0,07 | 0,37 | 0,25 |
| A6 | 0,19 | 0,37 | 0,6 | A6 | 0,89 | 0,03 | 0,36 | 0,32 |
| A7 | 0,14 | 0,36 | 0,64 | A7 | 1,05 | 0,03 | 0,37 | 0,23 |
| A8 | 0,13 | 0,39 | 0,64 | A8 | 0,95 | 0,2 | 0,35 | 0,3 |
| A9 | 0,13 | 0,4 | 0,6 | A9 | 0,98 | 0,03 | 0,38 | 0,24 |
| A10 | 0,14 | 0,36 | 0,64 | A10 | 0,98 | 0,03 | 0,36 | 0,23 |
| A11 | 0,13 | 0,36 | 0,64 | A11 | 0,95 | 0,03 | 0,36 | 0,23 |
| A12 | 0,17 | 0,32 | 0,68 | A12 | 1,02 | 0,03 | 0,36 | 0,19 |
| A13 | 0,23 | 0,38 | 0,76 | A13 | 1,77 | 0 | 0,32 | 0,42 |
| A14 | 0,23 | 0,54 | 0,75 | A14 | 1,74 | 0 | 0,42 | 0,44 |
| A15 | 0,23 | 0,34 | 0,7 | A15 | 1,41 | 0 | 0,4 | 0,33 |
| A16 | 0,24 | 0,38 | 1,03 | A16 | 1,59 | 0 | 0,4 | 0,35 |
| A17 | 0,28 | 2,6 | 0,98 | A17 | 1,61 | 0 | 0,43 | 0,41 |
| A18 | 0,32 | 0,44 | 0,98 | A18 | 1,64 | 0 | 0,38 | 1,15 |
| A19 | 0,44 | 0,4 | 1,01 | A19 | 1,64 | 0 | 0,43 | 1,16 |
| A20 | 0,28 | 0,44 | 0,99 | A20 | 1,44 | 0 | 0,39 | 0,93 |
| A21 | 0,21 | 0,42 | 0,51 | A21 | 1,02 | 0,07 | 0,32 | 0,34 |

Promedio en mg-equiv/l por Repartos.

| Repartos | Na+ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ⁼ | Cl- | SO ₄ ⁼ |
|----------------|------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------|------|------------------------------|
| Miraflores | 0,18 | 0,4 | 0,61 | 0,94 | 0,04 | 0,37 | 0,23 |
| Atlántico | 0,19 | 0,56 | 0,63 | 0,93 | 0,05 | 0,37 | 0,27 |
| Colorada | 0,13 | 0,38 | 0,63 | 0,99 | 0,09 | 0,37 | 0,26 |
| Caribe | 0,15 | 0,35 | 0,65 | 0,98 | 0,03 | 0,36 | 0,22 |
| Haití Chiquito | 0,24 | 0,43 | 0,85 | 1,62 | 0 | 0,39 | 0,39 |
| Rolo Monterrey | 0,35 | 0,43 | 0,99 | 1,57 | 0 | 0,4 | 1,08 |

❖ Clasificación según la dureza según A.O. Aliokin

Tabla # 6 clasificación de la dureza

Con respecto a la dureza en el reparto Rolo y Haití Chiquito las aguas se clasifican

| | |
|-----------|--------------------|
| < 3 | Muy ácidas |
| 3 - 5 | Ácidas |
| 5 – 6.5 | Débilmente ácidas |
| 6.5 – 7.5 | neutras |
| 7.5 – 8.5 | Débilmente básicas |
| 8.5 – 9.5 | básicas |
| > 9.5 | Muy básicas |

moderada duras ya que su dureza oxila entre 101 a 200mg/l como CaCO₃. En el resto de los repartos estudiados se clasifican ligeramente duras y moderadamente duras. Porque los valores de la dureza varían entre 50 y 200 mg/l, como CaCO₃.

❖ **Clasificación por su pH según E.B.Pasaxov**

Tabla # 7. Clasificación del pH

| Dureza total | Clasificación |
|----------------|---------------------|
| Menores de 50 | Blanda |
| 50 - 100 | Ligeramente duras |
| 101 - 200 | Moderadamente duras |
| Mayores de 200 | duras |

De acuerdo al pH las aguas de la ciudad de Moa se clasifican débilmente básicas.

CAPITULO III: EVALUACIÓN DEL CLORO RESIDUAL, LA MATERIA ORGÁNICA Y ALGUNAS PROPIEDADES DE LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO.

Valoración general

Un gran número de personas está expuesto a riesgos de salud relacionados con el agua, debido a fallas en la desinfección o su ausencia total. Las consecuencias son evidentes: la alta tasa de enfermedades transmitidas por el agua.

La desinfección del agua destinada al consumo humano puede definirse como un proceso de destrucción o inactivación de los agentes patógenos y otros microorganismos indeseables. La esterilización es el proceso de destrucción completa de toda materia viviente, incluso esporas, quistes y virus, mediante procedimientos médicos y de laboratorio.

El objetivo de la desinfección es asegurarse de que el consumidor reciba agua esencialmente salubre, mediante la destrucción de la mayoría de los agentes patógenos y evitar que en su distribución ocurra un crecimiento microbiológico.

3.1 Características deseables de un desinfectante de agua:

- Debe destruir o inactivar en un tiempo dado, la mayoría de los agentes patógenos presentes en el agua;
- El análisis para determinar su presencia y cantidad debe ser exacto, sencillo y rápido de hacer en el terreno;
- La desinfección debe ser fiable para usar el agua con confianza;
- debe mantener un nivel de concentración residual importante en el proceso de distribución;
- No debe introducir sustancias tóxicas o, en cualquier caso, éstas deben mantenerse en cantidades mínimas;
- Debe ser razonablemente seguro y conveniente para manejar y aplicar en situaciones extremas o de emergencia;
- El costo, así como el equipo que se use, deben ser adecuados y alcanzables.

La mayoría de los desinfectantes del agua se agrupan en las siguientes categorías:

a. Oxidantes químicos: flúor, radical hidroxilo, oxígeno atómico, ozono, peróxido de hidrógeno, permanganato, bióxido de cloro, ácido hipocloroso, cloro, bromo, yodo.

- b. Radiación ultravioleta.
- c. Iones metálicos
- d. Calor.

Cualquiera que sea el mecanismo del proceso, desde el punto de vista práctico, existen dos técnicas de cloración: cloración residual combinada, cuando el cloro residual está en forma de cloraminas o compuestos orgánicos; y cloración residual libre, cuando el cloro está en forma de ácido hipocloroso. El cloro residual libre es 100 veces más eficaz que los residuales.

La eficacia del cloro se puede resumir de la siguiente forma:

- a. bacterias: destruye Shigella, Salmonella y vibriones, hasta E. coli que es la más resistente.
- b. Virus: rotavirus, virus de la hepatitis, poliomielitis, coxsackie y ecovirus.
- c. Protozoos: Entamoeba histolytica que es 160 veces más resistente que E. coli; los quistes de Giardia lamblia pueden persistir, por lo que se hace imperativo filtrar el agua antes de clorarla. Igualmente, deben tenerse en cuenta para la eliminación de Cryptosporidium y de Balantidium.

Efectos de la cloración

La cloración de agua para suministro y residual sirve principalmente para desactivar o destruir los microorganismos causantes de enfermedades. Una segunda ventaja, especialmente en el tratamiento del agua de bebida, reside en la mejora general de su calidad, como consecuencia de la reacción del cloro con el amoníaco, Fe, Mn, sulfuros y algunas sustancias orgánicas.

La cloración puede producir efectos adversos. Se puede intensificar el sabor y olor característicos de los fenoles y otros compuestos presentes en las aguas para suministro. Pueden formarse compuestos órganoclorados potencialmente carcinógenos como el cloroformo. El cloro combinado formado en la cloración de las aguas con amoníaco o aminas afecta de forma adversa a algunas variedades de vidas acuáticas. Para cumplir el objetivo primario de la cloración y reducir al mínimo los efectos adversos, es esencial utilizar procedimientos analíticos adecuados con un procedimiento previo de las limitaciones de las pruebas que se requieren realizar.

Tratamientos recomendados para diferentes fuentes con el fin de producir agua con riesgo bajo

| TIPO DE FUENTE | TRATAMIENTO RECOMENDADO |
|---|--|
| AGUA SUBTERRÁNEA | |
| Pozos profundos protegidos, esencialmente libres de contaminación fecal | Desinfección |
| Pozos superficiales no protegidos, con probabilidad de contaminación fecal | Filtración y desinfección |
| AGUAS SUPERFICIALES | |
| Aguas embalsamadas protegidas en tierras altas, esencialmente libres de contaminación fecal | Desinfección |
| Aguas embalsamadas protegidas en tierras altas no protegidas, contaminación fecal | Filtración y desinfección |
| Ríos no protegidos en tierras bajas, contaminación fecal | Desinfección previa o almacenamiento, filtración y desinfección |
| Cuenca hidrográfica no protegida, contaminación fecal considerable | Desinfección previa o almacenamiento, filtración, tratamiento suplementario y desinfección |
| Cuenca hidrográfica no protegida, contaminación fecal manifiesta | No se recomienda su utilización para el abastecimiento de agua potable |

3.2 Discusión e interpretación de los resultados del cloro residual, la materia orgánica y las propiedades analizadas en las aguas.

Durante el período de la investigación se obtuvieron 42 muestras de 21 sitios diferentes, los resultados que se obtuvieron en el laboratorio se muestran en el anexo # 1.

Interpretación de los resultados obtenidos del 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 esta constituido

por los asmáticos o por aquellos que presentan reacciones alérgicas después de su exposición al cloro.

La norma del cloro para agua potable debe estar entre 0.3 y 0.6 ppm. El agua debe salir de la potabilizadora con un cloro de 0.8 a 1 ppm como cloro. Para que a medida que el agua va siendo distribuida por la red esta va perdiendo el contenido de cloro hasta alcanzar los valores deseados. Los muestreos para la determinación de cloro residual libre se realizaron directamente del agua de la llave principal de la red de distribución, en los meses de febrero, marzo y abril, lo que arrojó los siguientes resultados.

Miraflores, Haití Chiquito y Atlántico son los repartos más vulnerables a contraer enfermedades debido a los bajos valores de cloro en el agua.

En los repartos Miraflores y Atlántico los valores de cloro tan bajos pueden estar relacionados con la lejanía de la potabilizadora. A medida que el agua viaja a través de los conductos, el cloro residual va reaccionando, por lo que va disminuyendo. Esto hace que los lugares más alejados a la planta reciban agua con menos cloro residual. En el reparto Haití Chiquito los principales problemas radican en que mayoría de las personas almacenan el agua potable en tanques sin tapas y el agua es cambiada en un período de varios días lo que conlleva a una disminución notable del cloro residual libre en el agua de consumo (ver gráfico # 1).

En los repartos de Rolo Monterrey, el Caribe y las Coloradas son los lugares que reciben el agua con mejor calidad con lo que respecta al cloro (ver gráfico #2). Esto se debe a que Rolo Monterrey es uno de los repartos más cerca de la potabilizadora y utiliza cisternas multifamiliares que están en buenas condiciones higiénicas, en trabajos precedentes se realizaron análisis a estas cisternas multifamiliares y dieron contaminada por bacterias por el bajo cloro residual y los largos periodos que no se lavaba la cisterna (tesis de Mirurgia 2004), en el Caribe y las Coloradas se utilizan principalmente tanques con tapas y en buenas condiciones y no están tan lejos de la potabilizadora. El descenso del cloro en el reparto las coloradas en el segundo muestreo se debe a que cuando se realizó el muestreo hacia tres días que no llegaba

el agua y la muestra se tomo del agua de 5 a 6 días de almacenada lo que el cloro se pierde casi totalmente.

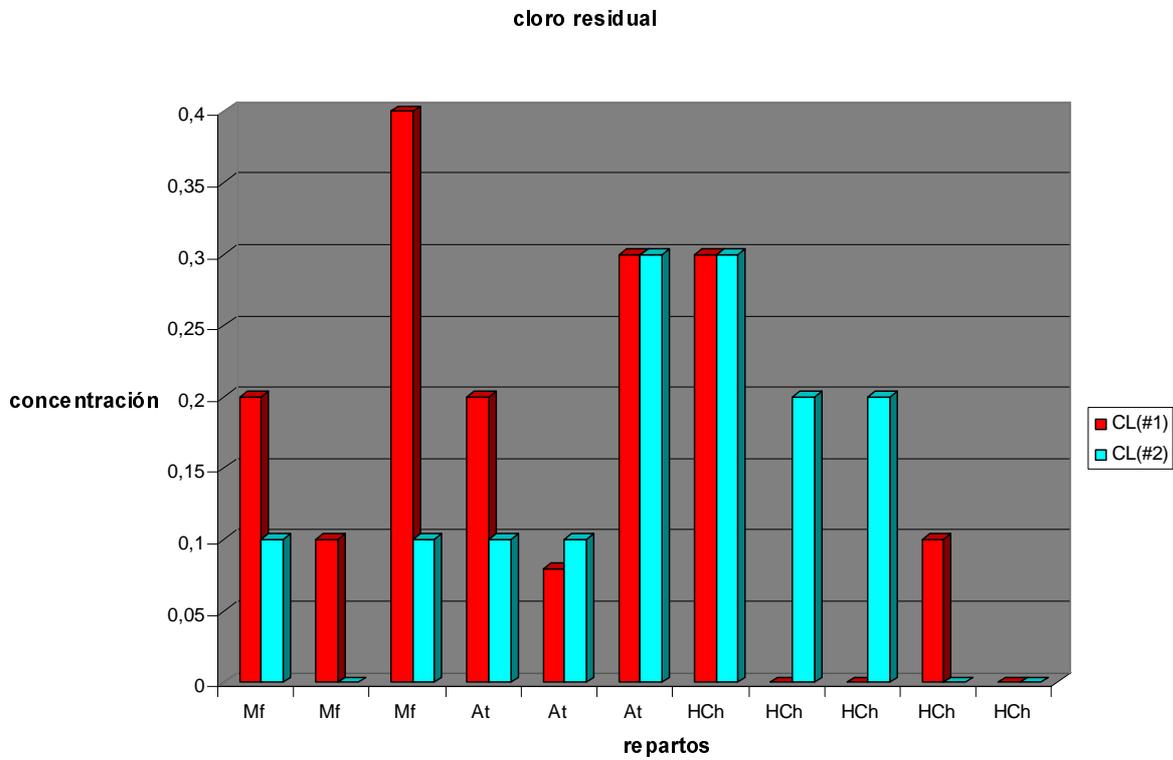


Gráfico # 1: cloro residual.

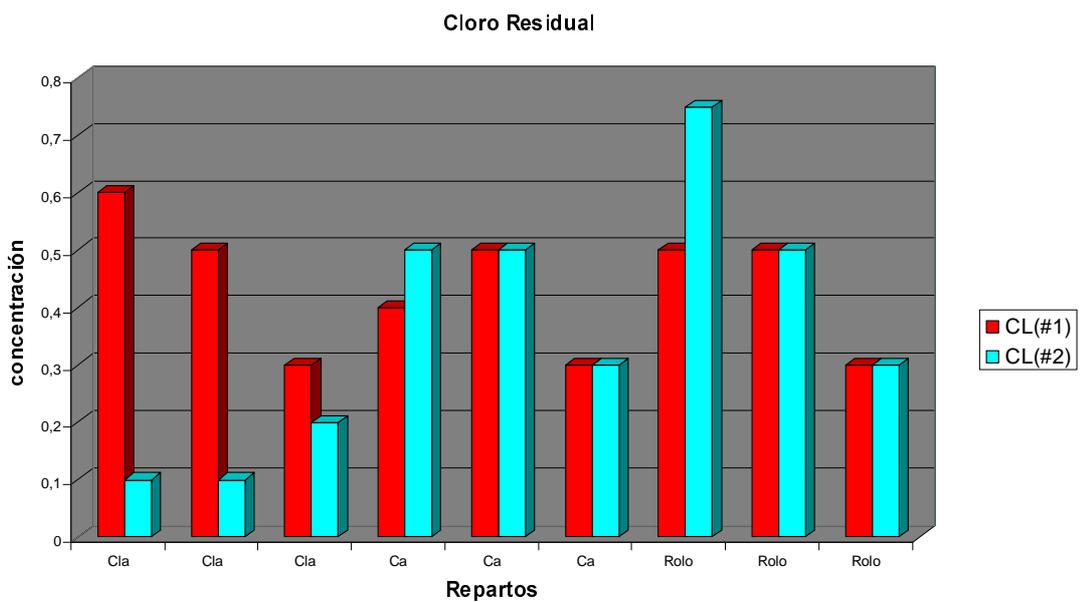


Gráfico # 2: cloro residual

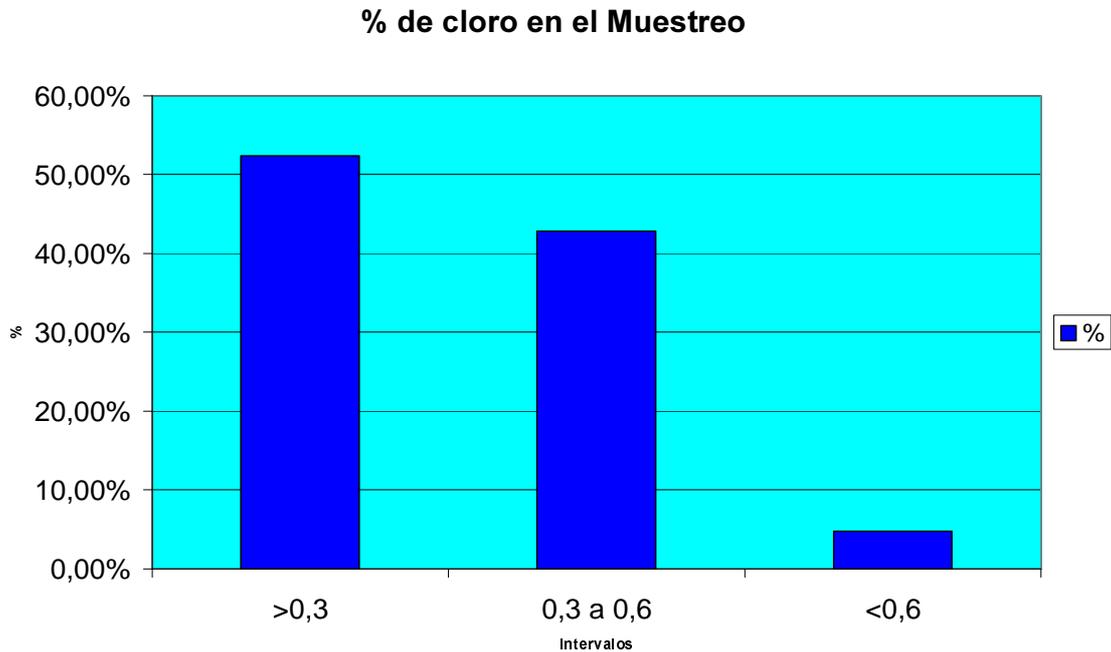


Gráfico # 3: muestras en norma

| Intervalo | Muestras | % |
|-----------|----------|---------|
| > 0,3 | 22 | 52,38 % |
| 0,3 a 0,6 | 18 | 42,85 % |
| < 0,6 | 2 | 4,76 % |

El Cloro Residual por debajo de la norma implica:

- 1) Brotes epidémicos que dañan la salud humana. Presencia de enfermedades como: la gastroenteritis, la desinteria, la hepatitis, el tifus, el cólera y la giardias.
- 2) Presencia de coliformes totales, fecales y otras bacterias.
- 3) Presencia de agentes reductores (compuestos orgánicos e inorgánicos como nitritos, iones de hierro, plomo y sulfuros).

Por encima de la norma implica:

1. Grupo de personas que describen cuadro respiratorio de asma.
2. Afectaciones en el sistema nervioso central.
3. Daños significativos en el hígado y los riñones (paro renal).
4. Enfermedades cancerígenas, en la vejiga, colon, etc.

5. Afectaciones gastrointestinales y en la audición.

6. Pérdida de pelo.

Problemas de la infección

En el municipio de moa los mayores riesgos de salud radican en brotes epidémicos, presencia de bacterias y agentes reductores, ya que un 52 % de la población recibe el agua de consumo por debajo de las normas establecidas.

Los problemas de las infecciones dependen del tipo de patógeno, el modo como se transfiere, dosis o concentración de patógenos, persistencia de los microorganismos y la resistencia de la persona infectada.

La dosis de infección significa el número de microorganismos que entra en el cuerpo antes de que se produzca la infección o enfermedad. Esta dosis es muy baja para los virus y protozoos parásitos. La persistencia de los microorganismos depende del tiempo viable del microorganismo cuando no se encuentra en el huésped humano. Por ejemplo las bacterias son generalmente menos persistentes mientras los quistes protozoitos son los mas persistentes.

Los jóvenes, personas mayores y enfermos son los menos resistentes a las enfermedades y por lo tanto son más frágiles. Cuando una persona es infectada los patógenos se multiplican en el huésped, y esto supone un riesgo de infección o enfermedad. No todas las personas infectadas por patógenos enferman. Las personas que enferman pueden contagiar y extender la enfermedad mediante las secreciones.

Secreciones y aguas residuales

El agua distribuye las sustancias de unos sitios a otros. Los microorganismos también se encuentran y distribuyen por el agua. La mayoría de los microorganismos que generan enfermedades se originan en los humanos o residuos fecales de animales.



Figure 2: E. Coli bacteria

Una gota de residuos fecales contiene millones de microorganismos. En los residuos fecales del ganado puede contener del orden de millones de bacteria E.Coli (*figura 2*), Giardia cysts (*figura 4*) y Esporas de Cryptosporidium (*figura 3*). En los restos fecales del pollo algunas bacterias fecales como la salmonela y campilobacter son comunes. Cuando se aplican fertilizantes en la tierra, el agua de lluvia puede provocar la distribución de los estos compuestos a las aguas subterráneas provocando la contaminación biológica del agua.



Figura 3: Esporas de Cryptosporidium

Figura 4: Quistes de Giardia

Las aguas residuales no se pueden descargar al medio ambiente sin ser tratadas porque provocarían la contaminación de las aguas. La mayor parte de las aguas tras los procesos de purificación acaban en los ríos, lagos u océanos. Algunas veces cuando el agua de lluvia es muy pesada puede provocar inundaciones y desbordamiento de los sistemas colectores de aguas residuales no tratadas provocando riesgo de contaminación de aguas superficiales o subterráneas. No todos los países purifican el agua antes de su descarga a los cuerpos de agua, por ejemplo, los países en vías de desarrollo carecen de infraestructuras sanitarias esenciales. No todos los microorganismos patógenos se originan en las aguas fecales. Legionela (*figura 5*) se puede encontrar frecuentemente en el agua y multiplicarse fácilmente en los sistemas de distribución. Además existen otros microorganismos patogénicos que se encuentran comúnmente en las aguas superficiales.

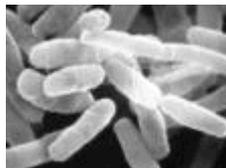


Figure 5: Legionella bacteria

Efectos tóxicos de los sobreproductos de la cloración

Aparentemente, la existencia de riesgo en el consumo de agua clorada radica en la toxicidad indirecta de sus subproductos. Durante la cloración, se produce una serie de subproductos debido a la reacción del cloro con la materia orgánica presente (demanda de cloro). Los ácidos húmicos y fúlvicos, que se encuentran en el agua de algunos lugares, son producto de la degradación de materia vegetal, la cual en la mayoría de los casos, le confiere color al agua. Otros compuestos proceden de la degradación de material animal. 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 (THMs). Asimismo, al ser cloradas algunas aguas con cargas orgánicas elevadas por ejemplo, las aguas contaminadas con efluentes municipales- forman subproductos como: clorofenoles, ácido cloro acético, ácido dicloro acético, ácido tricloro acético, tricloro acetaldehida monohidratada, 1-1-dicloropropanona, dicloroacetanitrilo, dibromoacetanitrilo, tricloroacetanitrilo, cloruro de cianógeno, cloropicrin y bromato (sal sodica).

Los efectos tóxicos de los trihalometanos (THMs) se manifiestan como depresores del sistema nervioso central y afectan las funciones del hígado y los riñones.

Los THMs más predominantes son el cloroformo y el bromodichloroetano; con frecuencia también se encuentran el dibromoclorometano y el bromoformo. La concentración de los THMs depende de la presencia de los precursores (compuestos activos que pueden reaccionar con el cloro), así como de la dosis de cloro y el tiempo de contacto, la temperatura del agua y el pH. En estudios efectuados en animales, se ha descubierto que el cloroformo en altas dosis es cancerígeno y que los otros THMs (pruebas en bacterias) son mutagénicos.

Con respecto a los clorofenoles, no se conoce si su consumo en el agua de bebida tiene efectos adversos en la salud humana. Sin embargo, en pruebas de laboratorio con ratas y conejos, se ha concluido que producen un daño significativo en los riñones y cambios histológicos.

En relación a los halocompuestos (compuestos orgánicos clorados) mencionados anteriormente, los efectos en la salud son diferentes para cada producto. Para los ácidos acéticos clorados, no se han realizado estudios a corto o largo plazo; tampoco

se conoce de casos de intoxicación por consumo de agua. En lo que respecta al bromato, se ha reportado daño renal y disturbios gastrointestinales, así como efectos en la audición. El cloropicrin causa problemas pulmonares, en caso de exposiciones ocupacionales o accidentales por más de 1 minuto, a una concentración de 2 mg/m³. En cuanto a los haloacetos nitrilos y al cloruro de cianógeno, no se han determinado efectos sobre los humanos.

Alternativas de desinfección

El ozono es capaz de conseguir esta eficaz oxidación de la materia orgánica, y no sólo eso, por sí sólo es 3000 veces más rápido y eficaz que el cloro destruyendo virus, bacterias y una serie de organismos cloro-resistentes sin originar subproductos ni olores y sabores extraños en el agua debido al hecho de que la molécula de ozono está formada por tres átomos de oxígeno y se origina in situ mediante descarga eléctrica del aire, por lo tanto, tras un tiempo relativamente corto, el ozono se transformará de nuevo en oxígeno renovándose de nuevo al ambiente del que proviene.

La desventaja del ozono es un costo superior al del cloro que en determinados casos, como en el tratamiento de depuración de pequeños pueblos o a nivel doméstico, puede suponer un esfuerzo económico alto y difícil de asumir. Por otra parte, requiere de la adición de una pequeña cantidad de cloro residual que confiera al agua un carácter desinfectante que evite la aparición de gérmenes durante el periodo comprendido entre el momento del tratamiento del agua y el uso de la misma. Sin embargo, esta pequeña cantidad de cloro se encontrará como cloro residual libre, y no como cloro combinado a otras moléculas orgánicas que es la causa de subproductos perjudiciales evitando de esta forma cualquier tipo de sabor y sustancias extrañas.

3.3 Interpretación de los resultados obtenidos de la Materia Orgánica.

Muchas aguas tienen un color que va desde ligeramente amarillento hasta ámbar oscuro que proviene de la materia orgánica de la vegetación en descomposición y que ha sido lixiviada por los torrentes de agua desde las vertientes. Este material orgánico está constituido por ácido húmico (soluble en agua), ácido fúlvico (soluble en agua), humatos (insoluble en agua por su alto peso molecular).

La materia orgánica se puede eliminar por tratamiento con carbón activo y por clarificación cuando se encuentra en estado coloidal. En las aguas municipales es

eliminada debido fundamentalmente a razones estéticas y en el área industrial su concentración es limitada debido a que interfiere en los procesos de tratamiento, por ejemplo, ensucia la resina de intercambio iónico ocasionando una baja calidad del agua desmineralizada y se requiere cambiar o limpiar la resina con mayor frecuencia.

Con respecto a los compuestos orgánicos, debido a su gran variedad, procedentes del hombre y la naturaleza, sus componentes moleculares no suelen expresarse individualmente en un análisis de agua. Aunque se puede determinar por separado, por ejemplo, uno muy conocido: el alquilbencilsulfonato (ABS), es posible que en el caso de no tener una información precisa, se puede recurrir a una serie de pruebas no específicas. Estas pruebas no hacen distinción entre los compuestos orgánicos, pero dan la evidencia que ellos existen o están presentes en el agua.

Las pruebas de materia orgánica son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Mide la capacidad de las bacterias comunes para digerir la materia orgánica biodegradable. Se expresa como ppm de O₂.
- Extraíbles de carbón - cloroformo (CCE): determina los productos orgánicos absorbidos en cartuchos de carbón activado que son estriados con cloroformo.
- Extraíbles de carbón - alcohol (CAE): determina los productos orgánicos absorbidos en cartuchos de carbón activado que son extraídos con alcohol etílico. Esta extracción se realiza después de la de cloroformo.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): mide la capacidad de disoluciones calientes de ácido crómico para oxidar la materia orgánica. Analiza la materia orgánica biodegradable y la no biodegradable o refractaria. Se expresa en ppm de O₂.
- Color: es una medida global del tanino, lignino y otras materias húmicas. Se expresa en unidades APHA, relativas al platino estándar.
- Consumo Inmediato de Oxígeno Disuelto (IDOD): determina la presencia de sustancias fuertemente reductoras en las aguas residuales, que pueden disminuir rápidamente el nivel de oxígeno de las corrientes receptoras. Se determina midiendo la pérdida oxígeno, 15 minutos después de diluir una muestra con agua saturada en oxígeno. Se expresa en ppm de O₂.
- Pérdida por ignición (LOI): es una prueba donde la muestra de agua se evapora hasta sequedad y luego se pesan los sólidos. Estos, se calientan hasta la temperatura del rojo y se vuelven a pesar. La diferencia de peso es la pérdida por ignición. En el análisis hay que tener en cuenta que el calentamiento quema la materia orgánica, pero

también afecta a los minerales por la descomposición, de los carbonatos a óxidos, que ocasionan el calor, de manera que la pérdida no es solamente orgánica y afecta el agua de cristalización.

- Oxígeno consumido por el perganmanato (O_2): mide la susceptibilidad de la materia orgánica de una muestra a la oxidación por el perganmanato potasio. Se expresa como ppm de O_2 .
- Extraíbles en disolventes: Determina la materia orgánica que se puede extraer directamente del agua. Como agente para la extracción se utiliza hexano, tetracloruro de carbono o cloroformo.
- Carbón Orgánico Total (COT): mide el CO_2 producido por los compuestos orgánicos cuando se introduce una muestra en una cámara de combustión. Se debe eliminar previamente el CO_2 de la alcalinidad o se resta del CO_2 total para así determinar el carbón orgánico. Se expresa en ppm como C.

Las principales concentraciones de materia orgánica en el agua potable se encuentran en el reparto Haití Chiquito con valores de 10 a 12 mg/l como O_2 consumido y en la muestra A-6 del atlántico con valores de 5 mg/l como O_2 consumido(ver gráfico # 4). Estas altas concentraciones pueden estar causadas principalmente por la higiene que tenga el consumidor a la hora de almacenar el agua potable. Los altos contenidos de materia orgánica en las aguas de consumo humano traen como consecuencia malos olores, sabores, espuma que influye en la estética del agua.

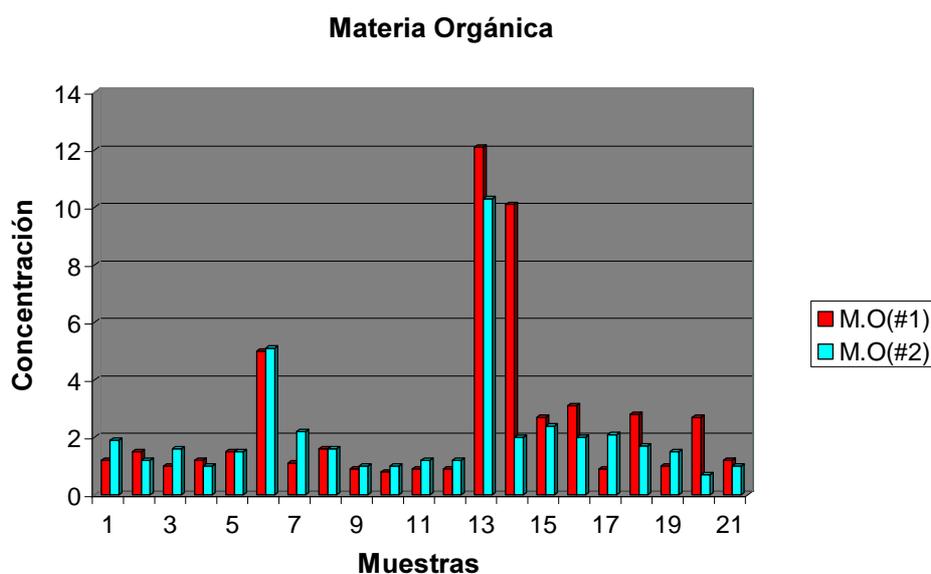


Gráfico # 4: materia orgánica

Efectos de las altas concentraciones de sustancias orgánicas

Tipos de efectos de las sustancias orgánicas

- Algunas son tóxicas para los seres humanos y organismos acuáticos (pesticidas)
- Otras producen olores, sabores, colores y espumas
- La mayoría hace disminuir el nivel de oxígeno disuelto es decir, son biodegradables.

Otras sustancias orgánicas

Efectos: Inmediatos y a largo plazo (cáncer)

Sustancias orgánicas no tóxicas que deterioran la calidad estética del agua

Alquil - Vencen - Sulfonato (ABS; detergentes). No tóxico, produce una gruesa capa de espuma no biodegradable, perdura tiempos largos.

- Sustancias orgánicas causantes de color, sabor y olor
- Debido a que los sentidos del gusto y del olfato son extremadamente sensibles, bastan solamente pequeñas concentraciones de compuestos orgánicos aromáticos para producir desagrado.
- Fenol: Gusto a remedio
- Muchas algas: Gusto barroso o terroso
- Alga Synura: Olor a pepino
- Alga Anabaena: Olor a chanchería

3.4 Análisis de las propiedades físicas y químicas:

Turbidez y Color: La norma establecida para los valores de turbidez es de 0 a 5NTU y para el color es de 15 Pt/Co. De manera general estos parámetros se comportan estables en las aguas de la ciudad de Moa. A excepción de la muestra A-8 en las Coloradas con un valor de 46 NTU (ver gráfico # 5) y 202 Pt/Co (ver gráfico # 6). Este aumento de la turbidez y el color puede estar causado por alguna rotura en las tuberías, lo que al quedar en contacto con el suelo, esta absorbe la suciedad de sus alrededores e intensifica la turbidez y el color del agua que recibe el consumidor. El color hace aguas desagradables para beber y cocinar. La materia orgánica muy a

menudo contribuye a gustos y olores. Las incluso muy pequeñas cantidades de ello pueden causar un olor mohoso y un de gusto. Una causa principal de gusto y problemas de olor es el metabolitos producido por actinomicetes, algas, u otros microorganismos.

Turbidez

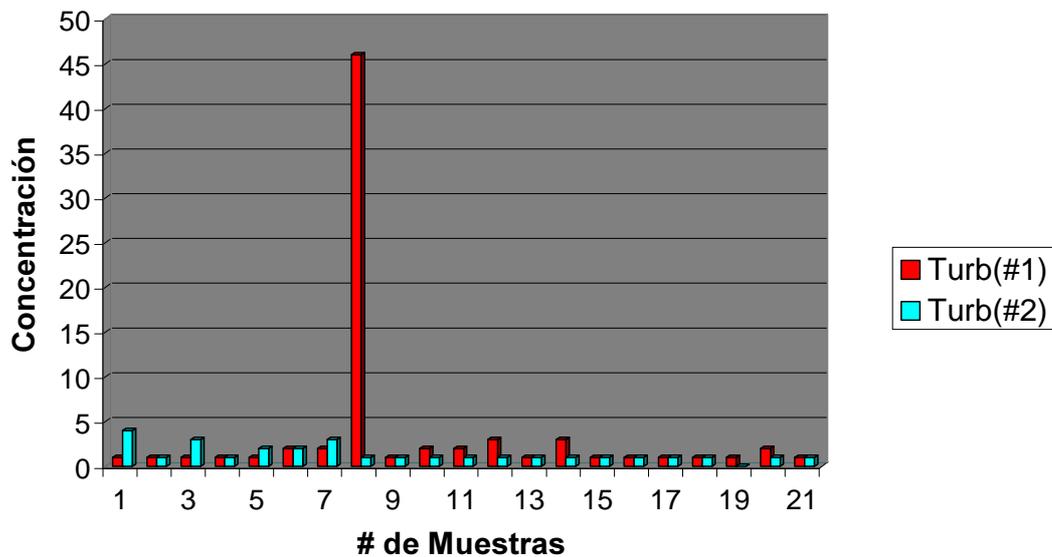


Gráfico # 5: turbidez

Color

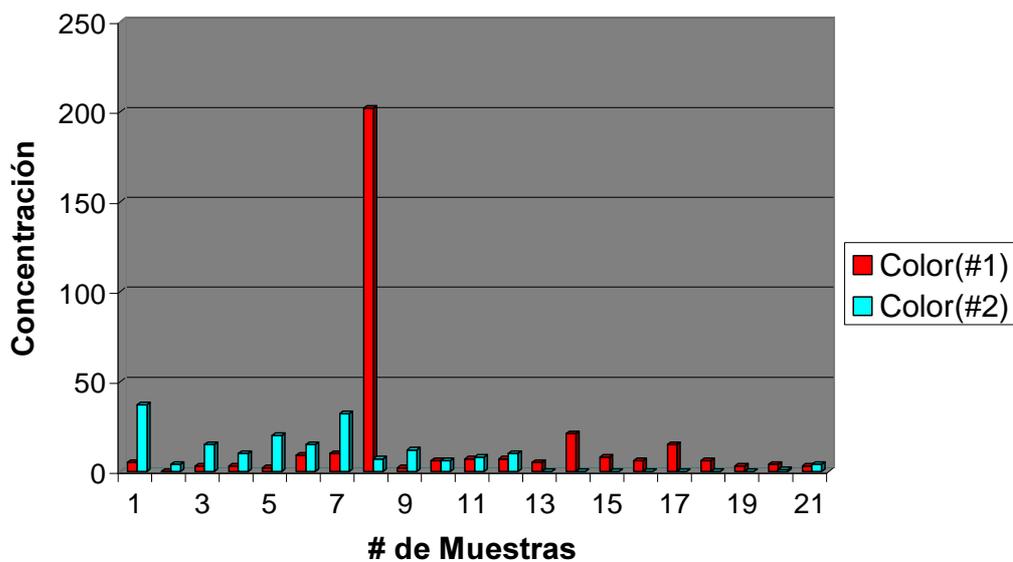


Gráfico # 6: color

Conductividad: Los mayores valores de conductividad se encuentran en los repartos Haití Chiquito y Rolo Monterrey con valores que están entre 180 a 300 ($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$). Esto esta relacionado con los sólidos en suspensión que presenta el agua.

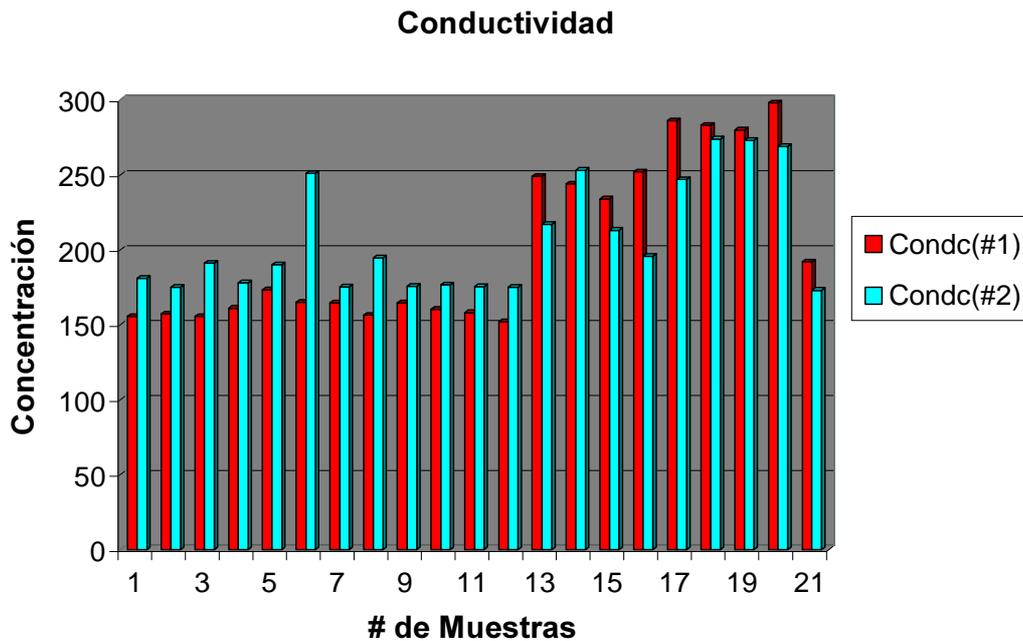


Gráfico # 7: conductividad

Dureza: la dureza es definida como las concentraciones de calcio e iones de magnesio expresados en términos de carbonato de calcio. Estos minerales en el agua pueden causar algunos problemas diarios. Ellos reaccionan el jabón y productos un depósito llamado " la cuajada de jabón " que permanece sobre la piel la ropa. La cuajada de jabón cambia el pH de la piel y puede causar la infección y la irritación. También permanece sobre el pelo que lo hace embotado y difícil de peinar. El empleo de detergentes sintéticos puede que ayude un poco, pero el ingrediente activo en el detergente es parcialmente inactivado por la dureza y más detergente debe ser usado para la misma limpieza. La cocina con el agua dura también puede ser difícil, produciendo la escala sobre potes. Algunas verduras cocinadas en el agua dura pierden el color y el sabor. Los valores de dureza en Moa varían entre 80 y 170 mg/l.

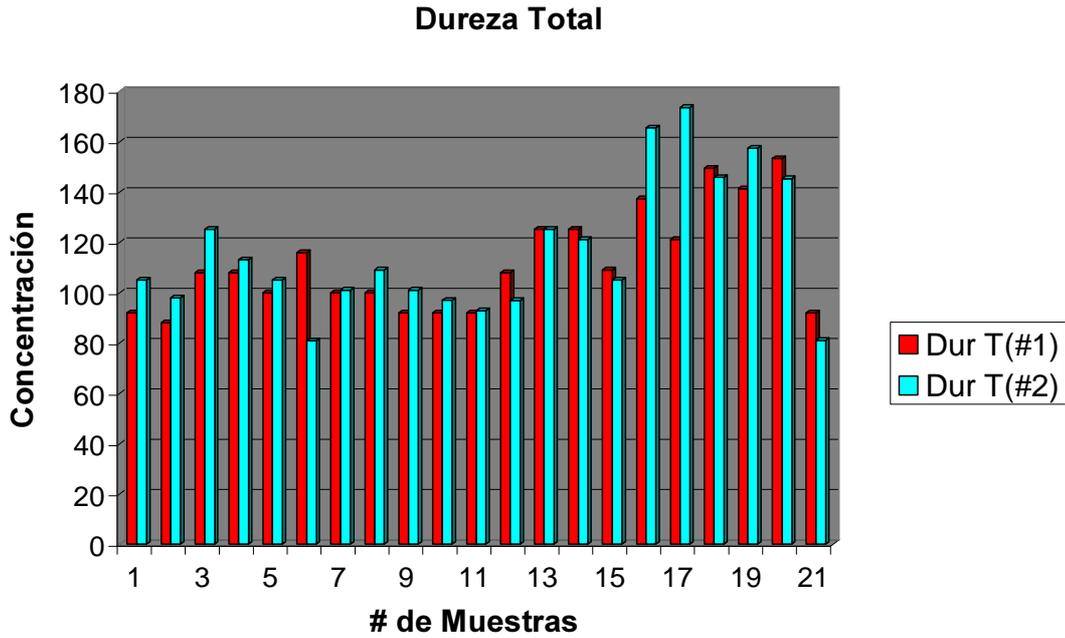


Gráfico # 8: dureza total

Sólidos totales disueltos: Los mayores valores de STD se encuentran en los repartos Haití Chiquito y Rolo con valores que están entre 80 a 125 (mg/l). Esto esta relacionado con los sólidos en suspensión que presenta el agua igual que la conductividad ya que son directamente proporcionales (ver gráfica # 9).

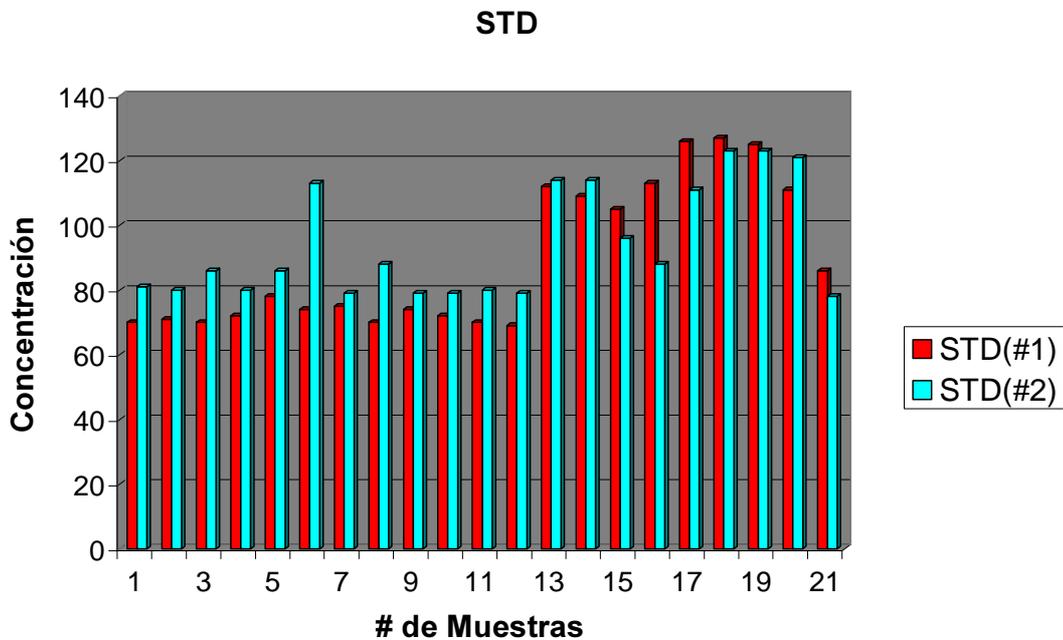


Gráfico # 9: sólidos totales disueltos

pH: El pH del agua de consumo humano debe estar entre 7 y 8, y en la ciudad de moa el pH no tiene grandes variaciones, como lo muestra la gráfica # 10.

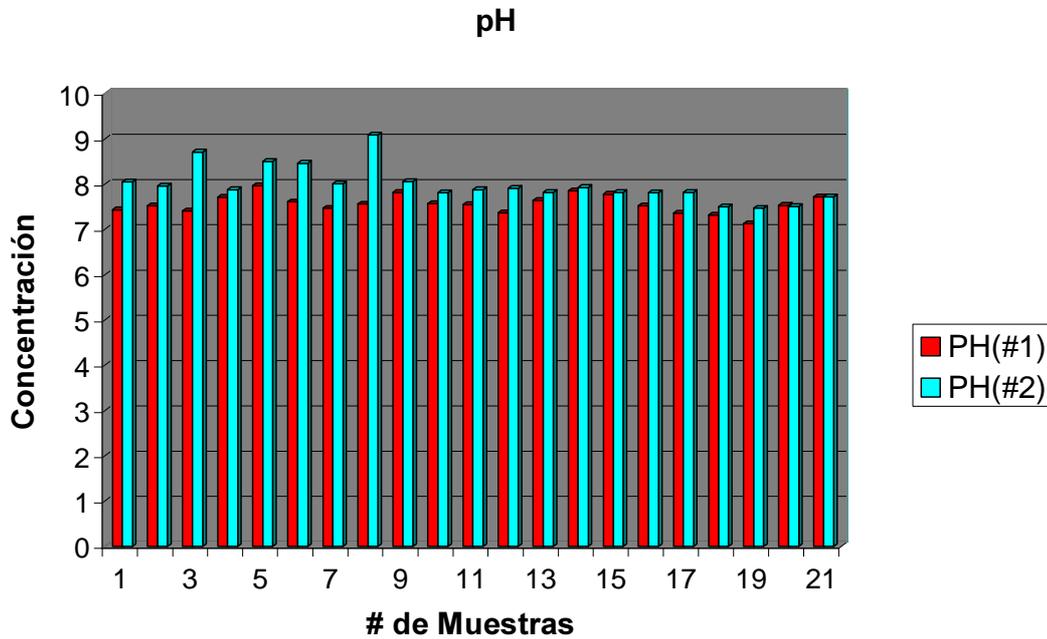


Gráfico #10: pH

Calcio: la entrada de calcio baja puede ser relacionado con hipertensión y desórdenes (trastornos) cardiovasculares. Hay un eslabón entre entrada de calcio baja y osteoporosis. Con un nivel bajo de calcio en la dieta, el agua potable puede proporcionar una parte significativa del calcio diario. Los valores de calcio están dentro de la norma recomendada con un valor elevado en la muestra A 17 (ver gráfica # 11).

Magnesio: un adulto medio ingiere como mucho como 480 mg de magnesio diariamente. Cualquier cantidad de exceso rápidamente es expulsada por el cuerpo. Ningún límite superior ha sido puesto para este metal en el agua potable. Ello sin embargo, puede crear un problema para la gente con la enfermedad de riñón (ver gráfica # 12). Las concentraciones de Mg están entre 13 y 36 mg/l debido a la litología

de la zona por la cual circulan las aguas como la serpentina y la peridotita.

Calcio

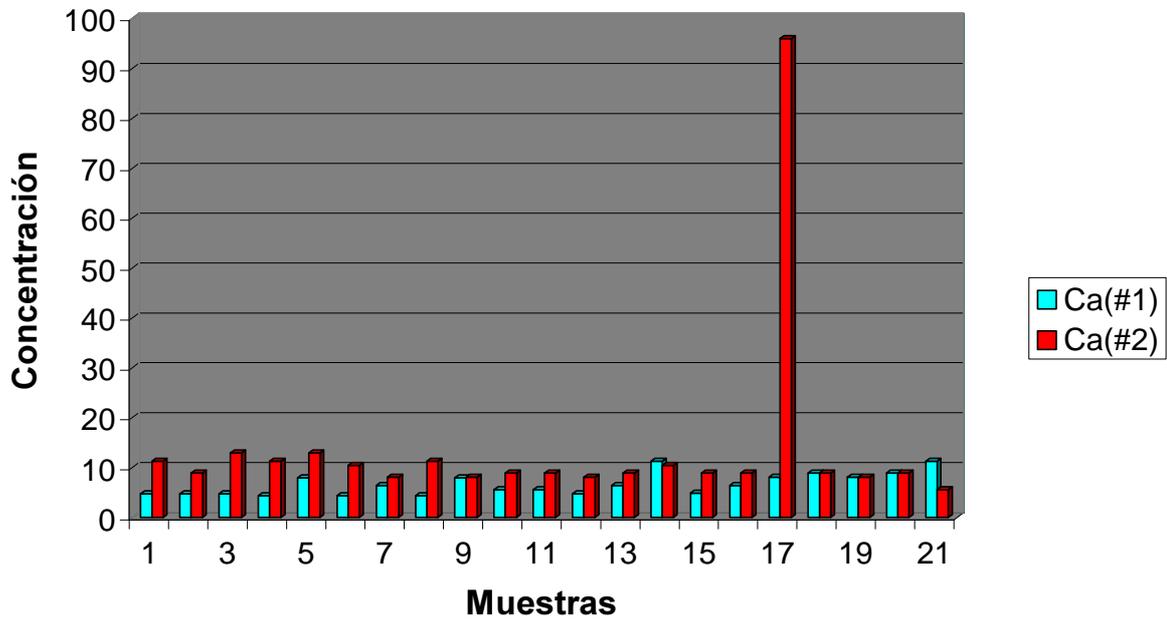


Gráfico #11: concentración de calcio

Magnesio

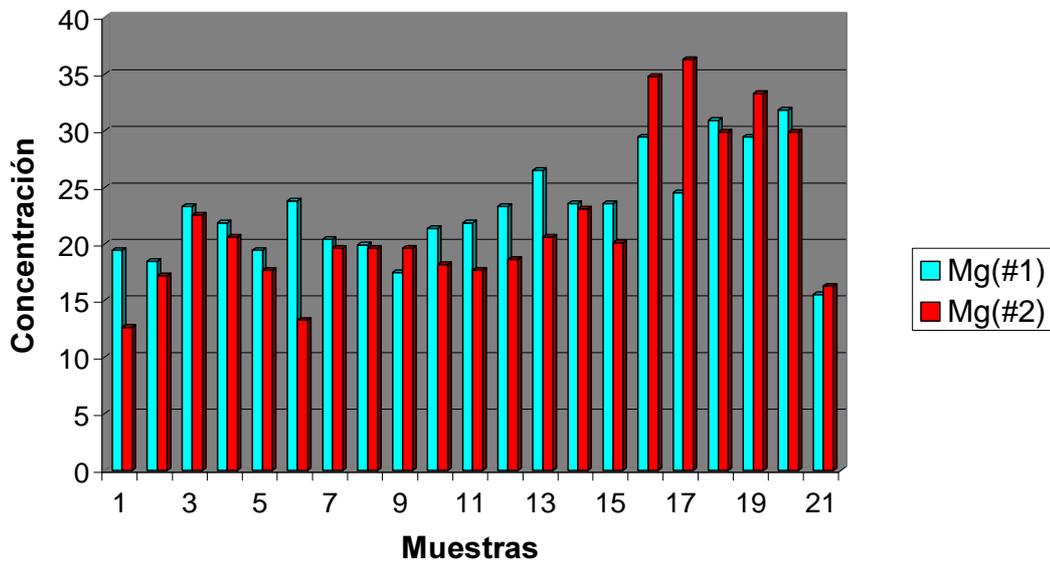


Gráfico # 12: concentración de Magnesio

Sodio: El hecho de que algunos pacientes de problema cardíaco tienen la dificultad en excretar el sodio y es puesto un sodio bajo la dieta, ha conducido a la idea que el sodio

es malo para el corazón. Sin embargo, estudios no muestran ninguna correlación entre la concentración de sodio y la enfermedad cardiovascular. Al contrario, correlaciones beneficiosas para el sodio han sido relatado. Áreas donde el agua es sumamente mineralizada, y también alto en el sodio tiende a tener índices de mortalidad cardiovasculares más abajo. Esto no contradice el hecho que en algunos individuos la bajada de sodio en una dieta es eficaz en bajada de la tensión arterial. Dependiendo de edad, salud general, y el sexo, el sodio puede presentar un problema en el agua potable. Si el sodio en el agua excede 20 mg/l, es aconsejable ponerse en contacto con el médico de familia para una opinión. En la ciudad de moa el sodio varía entre 4 y 10 mg/l estando dentro de la norma deseada.

Potasio: El potasio esta en muy pequeñas concentraciones como lo muestra la gráfica #13, sus valores varían entre 1 y 4 mg/l.

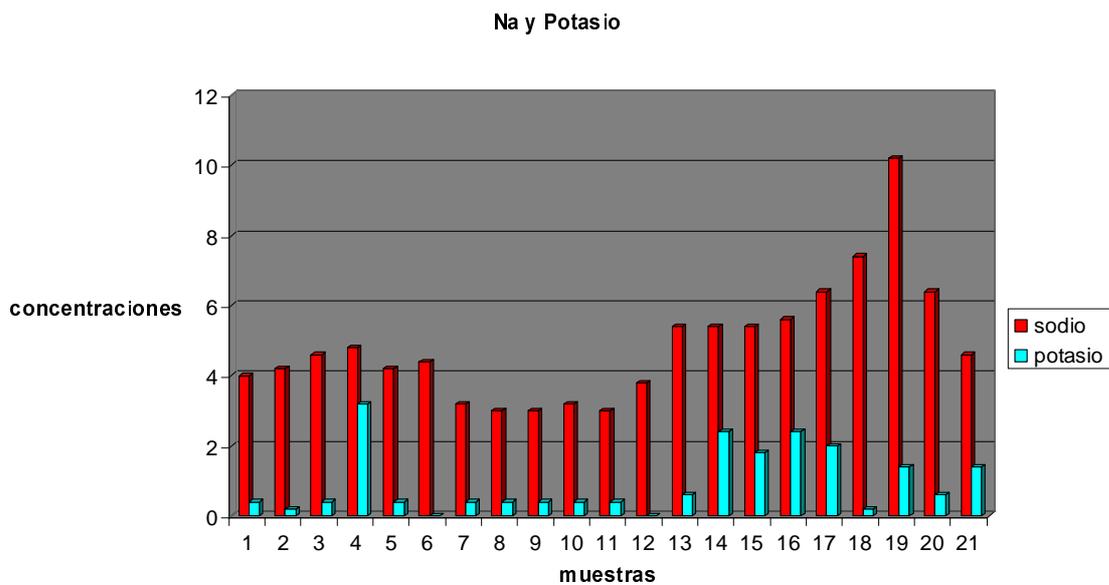


Gráfico # 13: concentraciones de Na y K

Cloruros: los cloruros normalmente son asociados con el agua salada. El cloruro de sodio es común la sal de mesa y también es la sal encontrada en el agua de mar. Altos niveles de cloruro puede afectar el crecimiento de plantas en niveles superior 1000 mg/l. El umbral de gusto es aproximadamente 250 mg/l para la mayoría de la gente. En la ciudad de moa los valores de cloruro están entre 12 y 17 mg/l.

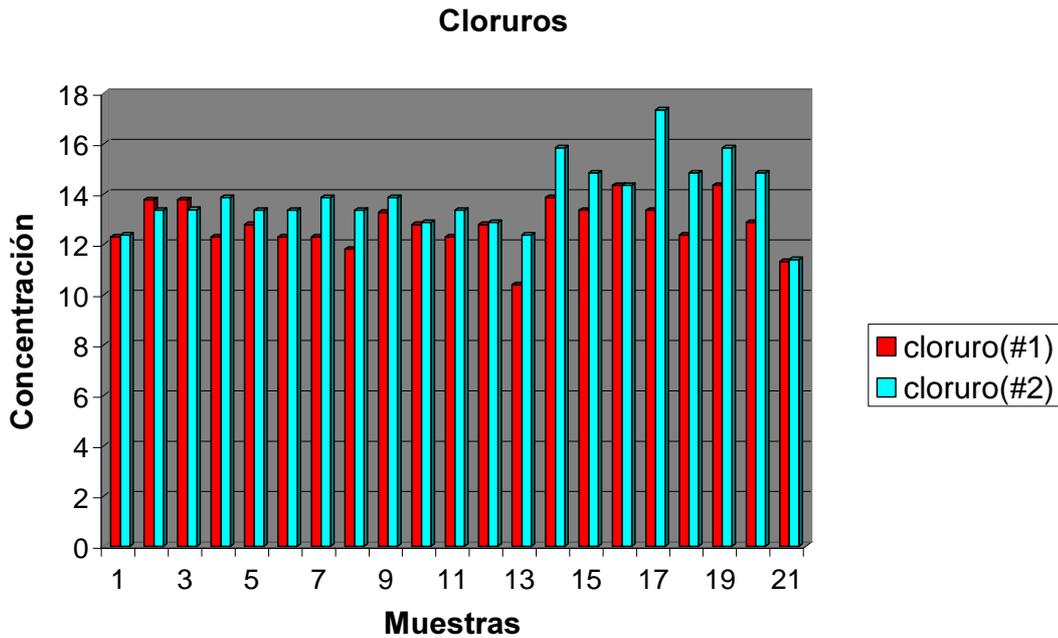


Gráfico #14: concentración de Cloruros

Sulfatos: los sulfatos son asociados formaciones de yeso. Alto sulfato en el agua puede causar la diarrea, y de hecho comercialmente fue vendida como un laxante en el pasado. En moa las concentraciones de sulfato varían entre 5 y 35 mg/l, mostrando un incremento en el reparto Rolo con valores que están entre 60 y 85 mg/l diluido en 5/100 de la muestra (esto significa que como la muestra se fue de curva hubo que diluir el 5 % de la muestra en agua destilada para darle un valor al sulfato), que puede estar relacionado a que cuando se oxidan los sulfuros de níquel, hierro etc, forman los sulfatos y en períodos de lluvia estos son arrastrados hasta los pozos de la veguita que son los que abastecen el poblado de Rolo Monterrey. Esta agua no es recomendable para el consumo por los elevados contenidos de sulfato presente.

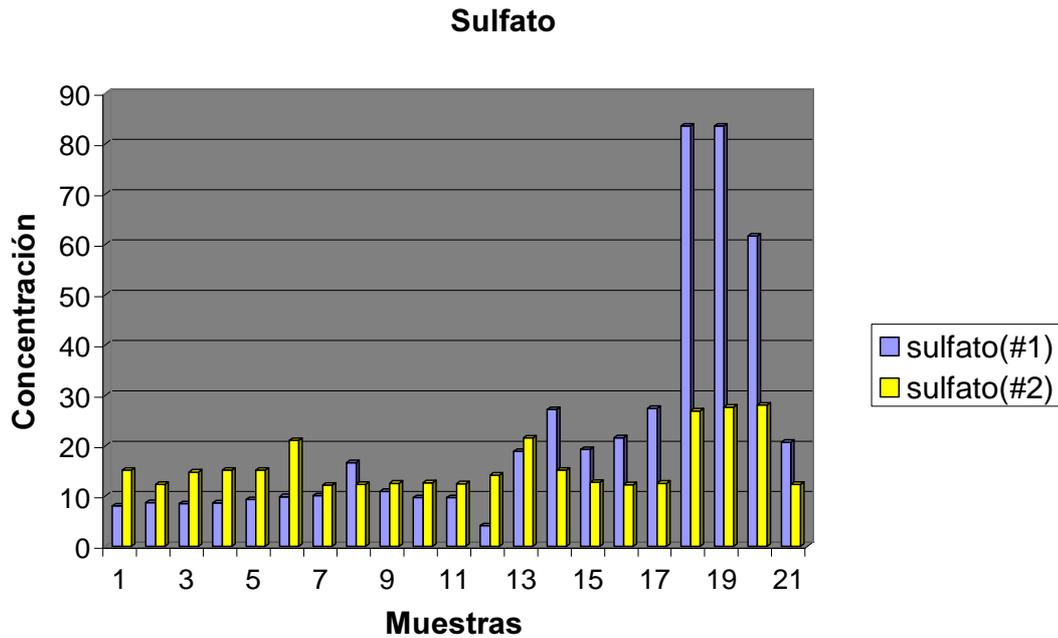


Gráfico # 15: concentración de sulfato

Nitritos: la norma para el nitrito es hasta 0.01mg/l, en las muestras A6 y A11 alcanzan valores de 0.21 y 0.27 mg/l respectivamente por lo que muestra una leve contaminación. Esto es un indicio de la contaminación bacteriológica del agua (ver gráfico # 16).

Hierro: los valores de hierro son mas elevados en los casos que se utilizan tanques de hierro o de latón para almacenar el agua (muestra 7, 8, 11) (ver gráfico # 17) por eso es recomendable utilizar tanques plásticos o de fibrocemento para almacenar el agua potable o utilizar estos tanques (de hierro y de latón) en buenas condiciones, con revestimiento de cemento o pintura para disminuir la velocidad de corrosión del tanque y con esto disminuir las concentraciones de hierro en el agua.

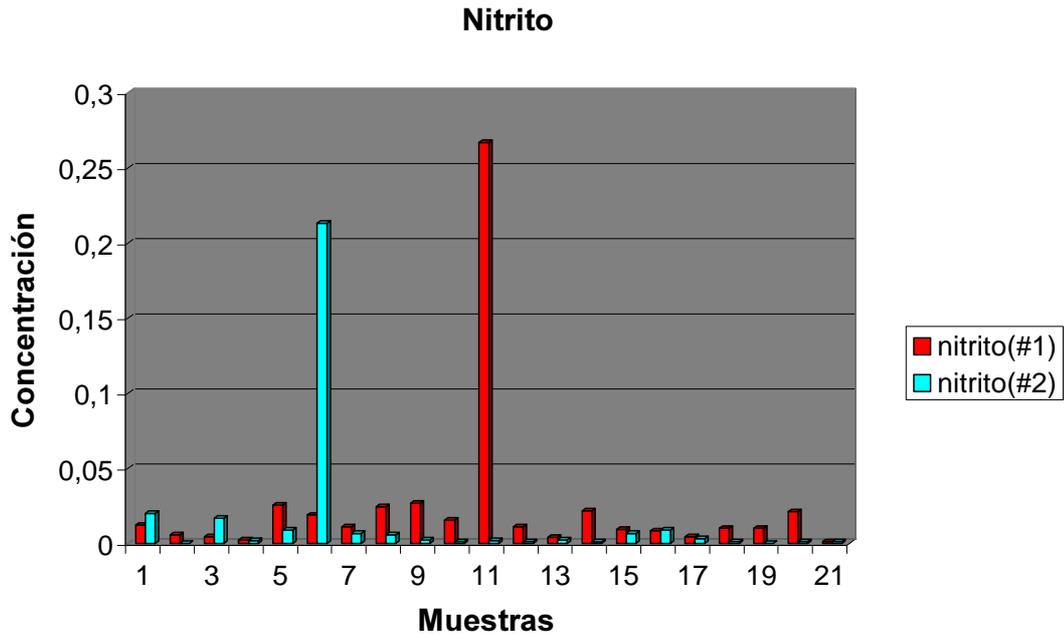


Gráfico #16: concentración de Nitrito

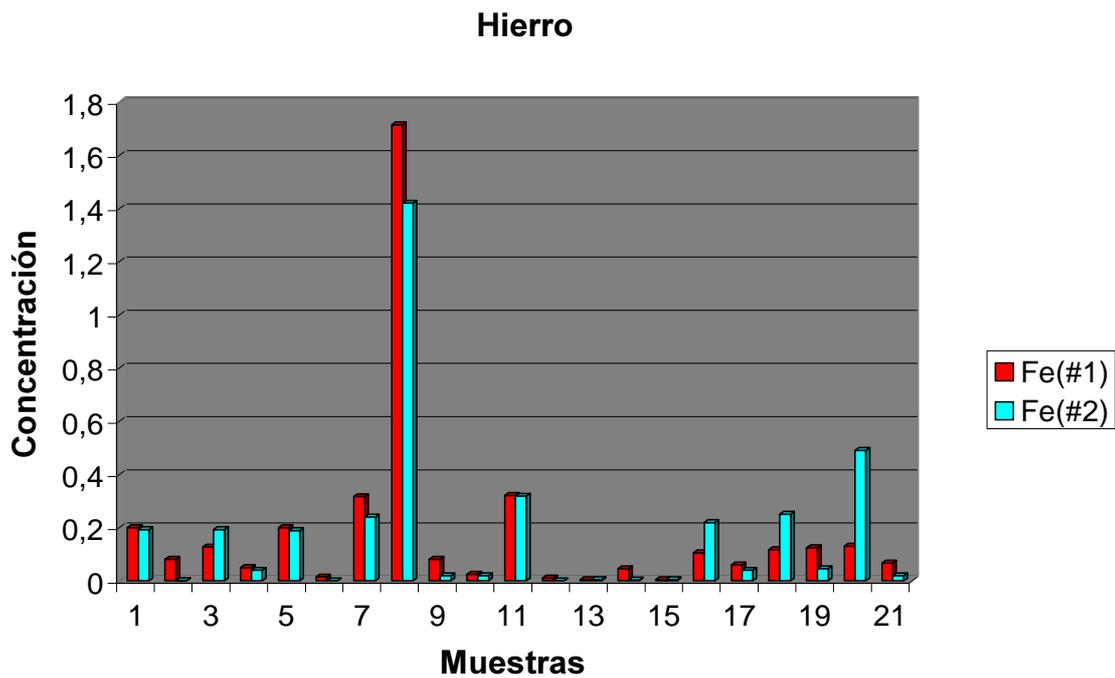


Gráfico #17: concentración de Hierro

Normas recomendadas por la OMS para Agua Potable (tabla # 8)

| Parámetros | VMP | unidad | observaciones |
|----------------------------------|--------------|--------|--|
| A características físicas | | | |
| color verdadero | 15 | Pt/Co | |
| olor | no objetable | | olor y sabor característicos, ausencia de olores extraños |
| PH | 6,5-8,5 | | |
| Temperatura | | grados | preferentemente menor de 25 grados |
| turbiedad agua tratada | 1 | NTU | para favorecer la adecuada remoción de microorganismos patógenos |
| agua distribuida | 3 | NTU | |
| B sustancias inorgánicas | | | |
| aluminio | 0,2 | mg/l | principal fuente de coagulante en procesos de potabilización |
| amonio | 1,5 | mg/l | solo para muestras con pH > 8.0 |
| cloro libre | 2,5 | mg/l | A concentraciones > 5 mg/l puede afectar la salud |
| cloruro | 250 | mg/l | |
| dureza total | 500 | mg/l | |
| hierro | 0,3 | mg/l | |
| sodio | 200 | mg/l | |
| STD | 1000 | mg/l | |
| sulfatos | 400 | mg/l | Según OMS a valores > 1000 mg/l puede tener efectos laxantes |

VMP (valor máximo permitido)

3.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL TRABAJO (TABLA # 9)

| | Análisis | costo del análisis CUC | total de análisis | costo CUC |
|----|----------------|------------------------|-------------------|-----------|
| 1 | pH | 0.47 | 42 | 19.74 |
| 2 | conduct | 0.35 | 42 | 14.7 |
| 3 | STD | 0.35 | 42 | 14.7 |
| 4 | nitrito | 1.25 | 42 | 52.5 |
| 5 | sulfato | 2.07 | 42 | 86.94 |
| 6 | hierro | 1.99 | 42 | 83.58 |
| 7 | M. Orgánica | 3.75 | 42 | 157.5 |
| 8 | Dureza calcica | 2.31 | 42 | 97.02 |
| 9 | cloruro | 0.46 | 42 | 19.32 |
| 10 | color | 0.45 | 42 | 18.5 |
| 11 | Na | 1.57 | 21 | 32.58 |
| | TOTAL | | | 597.47 |

| Tipo de trabajos | Normas | Precio(M.N) |
|-----------------------------|---------------|--------------------|
| Recopilación de información | 3.46 | 155.7 |
| Programa de investigación | 1.73 | 43.25 |
| Recorrido de Campo (rutas). | 14.59 | 1094.25 |
| Muestreo | 5.5 | 2497 |
| Trabajos de Gabinete | 11.54 | 807.8 |
| Informe final | 2.89 | 89.59 |
| Total | 39.71 | 4687.59 |

3.6 Medidas correctoras para evitar la contaminación del agua potable

- 1) Limpieza y control de las condiciones higiénicas sanitarias de los depósitos de aguas, ya sean en las viviendas o en las cisternas multifamiliares.
- 2) Control estricto y sistemático en la red de distribución del contenido de cloro residual en las aguas de consumo.
- 3) Lavar los depósitos de agua potable en las viviendas diariamente y las cisternas multifamiliares por lo menos de dos a tres veces al año.
- 4) Concienciar a los consumidores de los daños que causan un agua que no este apta para el consumo.

3.7 Como contribuyen los trabajos hidrogeológico con la Defensa Nacional.

La hidrogeología se proyecta en tiempo de paz a realizar los estudios que propicien la apertura de todo tipo de pozos donde el manto freático lo permita y prioritadamente en aquellas zonas donde el agua a suministrar no llegue por gravedad. . Prever en el diseños de las redes la posibilidad de organización y planificación del suministro de agua por gravedad con los mayores volúmenes y abarcando la mayor cantidad de áreas en las zonas residenciales preferiblemente y mas de un punto de bombeo. Garantizar el incremento de depósito para reservas por 72 horas como cisternas y

tanques elevados priorizando las áreas o lugares destinados a la concentración de personal en caso de catástrofe o emergencias.

Del abastecimiento de agua en tiempo de paz debemos estar previstos de:

- Existencias de la reserva y posibilidades para su abastecimiento y potabilización.
- Vulnerabilidad al desastre probable de las estaciones de bombeo, potabilización y conductoras.
- Vulnerabilidad de la fuente de agua a la salinización o contaminación por infiltración posibilidad para su conservación.
- Reservas de aguas y autonomía para garantizar el servicio en situaciones excepcionales.

CONCLUSIONES

Durante todo el período de investigación y con los resultados obtenidos en el laboratorio se llegó a las conclusiones siguientes:

- 1) El 53 % de los consumidores no están tomando el agua con la cantidad necesaria de cloro residual. Lo que conlleva a aumentar el riesgo de contraer enfermedades como: la gastroenteritis, la desintaría, la hepatitis, el tifus, el cólera y la giardias. Además en el reparto miraflores se necesita elevar los niveles de cloro, ya que por ser el reparto mas alejado de la potabilizadora el cloro no esta llegando en las concentraciones requeridas.
- 2) Los consumidores deben utilizar tanques con tapas y cambien el agua de tomar diariamente para consumirla con el cloro requerido y evitar la presencia de materia orgánica en el agua. En el reparto Haití Chiquito muchas veces no se esta cumpliendo con medidas higiénico sanitarias para la conservación del agua potable.
- 3) Garantizar la eficacia de la desinfección: cuando al menos durante 30 minutos al día se mantengan unos niveles de cloro libre residual de al menos 0.5 pm, con un PH inferior a 8 y como máximo una turbidez de 1UNF.
- 4) Las aguas de consumo son hidrocarbonatadas magnésicas y de acuerdo a su PH son débilmente básicas, de acuerdo a la contaminación salina las aguas son normales y con respecto a la dureza se caracterizan, ligera y moderadamente duras.

RECOMENDACIONES

1. Realizar los análisis frecuentemente, por lo menos una vez al año, por la importancia que tiene para la salud la calidad del agua de consumo humano.
2. Hacerle un seguimiento a los valores de cloro residual por periodos más largos para obtener resultados aún más eficaces.
3. Utilizar tanques plásticos para almacenar el agua potable o de lo contrario utilizar los tanques de hierro y de latón en buen estado o revestidos con pintura o cemento.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WEF. *Standard methods for examination of wastewater descrii*. I.S.A.E. Greenberg y A.D.S. Eaton (editors). 9 ed., 1995.
- BEVERLY L., H. *Hidrogeology and Graundwater Availability in Southestmclen and Sauthest Tazeuell Counties*. Part 1: Aquifer Characterization. Illinois: Illinois State Water Survery, 1995. 70p.
- CHACON, I. *Características hidrogeológicas, hidroquímicas, y bacteriológicas de la ciudad de Moa*. Trabajo de Diploma. ISMMM, 1991.
- BRASSINGTON, R. *Field Hydrogeology*. London: Geological Society of London, 1996. 175 p.
- *Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Tema11. Contaminación del agua*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-09]. Disponible en: <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecología/Hipertexto/00General/Glosario.html#0D>.
- *Diccionario enciclopédico del agua*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-09]. Disponible en: <http://www.aguamarket.com/diccionario/resultados>.
- *FAQ de los contaminantes del agua*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-11]. Disponible en: <http://www.lenntech.com/español/FAQ-contaminantes-del-agua.htm>
- *El agua y su distribución en la naturaleza*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-11]. Disponible en: <http://www.google.es/search?q=cache:vcDiGmGEm4YJ:www.segam.gob.mx/formatos/manual>
- INRH (Instituto Nacional de Recursos Hidráulico). *Informe hidrogeológico sobre las terrazas del río Moa*. 1986. 14 p.
- HERRERA, D. *Evaluación preliminar de las características físico-químicas y contaminación ambiental de las aguas del río Cabañas*. Tesis de Diploma. ISMMM, 2000.
- *Glosario del agua* [en línea]. [Consultado: 2009-02-10]. Disponible en: http://icarito.aconcagua1.copesa.cl/especiales/día_agua/glosario.htm
- MIGUEL FERNÁNDEZ, C DE. *Hidrogeología Aplicada*. 1999. 453p.
- *Monografía sobre la contaminación del agua*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-15]. Disponible en: <http://alipso.com/monografias/contaminaciondelagua>

- 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.
- NC -93-02: 1985 (Cuba). *Higiene comunal, Agua potable. Requisitos Sanitarios y muestreo*. Aprobada Octubre 1985. Vigente Marzo 1986.
- PEÑA, A. y A. ESTUPIÑAN. *Caracterización físico-química de las aguas subterráneas que sirven de abasto a los repartos: La Playa, Haití Chiquito, Los Mangos, Joselillo y Pueblo Nuevo de la ciudad de Moa*. Trabajo de Diploma. ISMMM, Facultad de Geología-Minería, 2002.
- PÉREZ, A. *Caracterización de las aguas de consumo humano en los asentamientos rurales del suroeste de Moa*. Trabajo de diploma. ISMMM, Facultad de Minería y Geología, 1999. 43p.
- SERRET HERNÁNDEZ, D. y C. M. SUÁREZ CALA. *Evaluación de la calidad natural de las fuentes de abasto de agua a los asentamientos rurales del municipio Moa*. Trabajo de diploma. ISMMM, Facultad de Minería y Geología, 2000. 56 p.
- Aguilar, M. *Evaluación de la Materia Orgánica y el Cloro residual en el municipio Moa*. Trabajo de diploma. 2004. ISMM. Moa.
- *Sustancias contaminantes del agua*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-15]. Disponible en: <http://www.1.ceit.es/asignaturas/Ecologia/hipertexto/lcagua>
- *Aguas superficiales*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-05]. Disponible en: <http://www.ayto.zaragoza.es/azar/ciudad/rogouz/memoria/memoinfo/territo/medio/1agua.pdf>.
- *Análisis de aguas y residuos industriales*. [en línea]. [Consultado: 2009-02-05]. Disponible en: <http://lauca.usach.cl/ima/givovic.htm#norma 2280>
- ALMAGUER, Y. *Análisis de estabilidad de taludes a partir de la evaluación geomecánica del macizo serpentinitico de Moa*. Tesis de Maestría. ISMMM, 2003. 88p
- OSCAR, A y C. GOMEZ. *Valoración Preliminar sobre la calidad de las aguas subterráneas y superficiales y la erosión hídrica en la cuenca del río Moa*. Trabajo de Diploma. ISMMM, Facultad de Geología-Minería. 1993.
- TURRO NAVARRO, E. *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. 48p.

- VELAZQUEZ, A. *Estudio sobre la calidad natural del recurso hídrico en el entorno de la zona minera de Moa, provincia de Holguín*. Tesis de Doctorado, ISMMM, 1999.
- CARMENATE FERNÁNDEZ, J. *Evaluación de las condiciones ingeniero-geológicas para la zonificación de los fenómenos geológicos en áreas urbanas y suburbanas de la ciudad de Moa*. Tesis de Maestría. ISMM. Moa, 1996.
- DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ, L. *Potencial geológico-geomorfológico de la región de Moa para la propuesta de un modelo de gestión de los sitios de interés patrimonial*. Tesis de maestría. Universidad internacional de Andalucía, Sede Santa María de la Rábida. España. 2005
- FERNANDEZ, M. *Evaluación de la calidad de las aguas de consumo humano en la zona urbana del municipio de Moa*. Tesis de Maestría. ISMM. Moa.2003
- MUÑOZ, JOSÉ N. *Geoquímica y Mineralogía de la Mineralización Cromífera Asociada al Complejo Ofiolítico en la Región de Moa-Baracoa, Cuba*. Tesis en opción al grado Científico de Doctor. ISMM. Moa, 2001
- RODRÍGUEZ PACHECO, R. L. *Estudio experimental de flujo y transporte de Cr, Ni y Mn en residuos de la zona minera de Moa (Cuba): Influencia del comportamiento hidromecánico*. Tesis de doctorado. Universidad de Barcelona. España. 2002
- VERA, ORTELIO. *Procedimiento para la determinación de las redes racionales de exploración de los yacimientos lateríticos de níquel y cobalto en la región de Moa*. Tesis Doctoral. 2001. ISMM. Moa
- VILLARROLLA GIL, F. *La gestión de las aguas superficiales y el medio ambiente*. Madrid. 2001. Disponible en: <http://pelatia.pntic.mec.es/~cmarti3/2000/sesion/aguas.htm>.

Anexo # 1. Tablas de los análisis realizados

Primer muestreo (miércoles 25 de febrero)

| Muestra | CL(ppm) | M.O(mg/l) | pH | T(°C) | Cond($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) | Turb(UNT) | STD($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) | AP(mg/l) | AT(mg/l) |
|---------|---------|-----------|------|--------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|----------|----------|
| A1 | 0.2 | 1.2 | 7.43 | 23 | 155.5 | 1 | 70 | 0 | 54 |
| A2 | 0.1 | 1.5 | 7.52 | 23 | 157.2 | 1 | 71 | 0 | 54 |
| A3 | 0.4 | 1 | 7.41 | 23 | 155.5 | 1 | 70 | 0 | 52 |
| A4 | 0.2 | 1.2 | 7.71 | 22 | 161 | 1 | 72 | 0 | 56 |
| A5 | 0.08 | 1.5 | 7.97 | 23 | 173.2 | 1 | 78 | 5 | 56 |
| A6 | 0.3 | 5 | 7.61 | 23 | 165 | 2 | 74 | 0 | 56 |
| A7 | 0.6 | 1.1 | 7.47 | 23 | 164.6 | 2 | 75 | 0 | 56 |
| A8 | 0.5 | 1.6 | 7.56 | 23 | 156.5 | 46 | 70 | 0 | 56 |
| A9 | 0.3 | 0.9 | 7.82 | 24 | 164.5 | 1 | 74 | 0 | 56 |
| A10 | 0.4 | 0.8 | 7.57 | 24 | 160.4 | 2 | 72 | 0 | 56 |
| A11 | 0.5 | 0.9 | 7.55 | 24 | 158.1 | 2 | 70 | 0 | 56 |
| A12 | 0.3 | 0.9 | 7.37 | 22 | 152.1 | 3 | 69 | 0 | 64 |
| A13 | 0.3 | 12.1 | 7.64 | 19 | 249 | 1 | 112 | 0 | 92 |
| A14 | 0 | 10.1 | 7.85 | 19 | 244 | 3 | 109 | 0 | 80 |
| A15 | 0 | 2.7 | 7.78 | 19 | 234 | 1 | 105 | 0 | 80 |
| A16 | 0.1 | 3.1 | 7.52 | 20 | 252 | 1 | 113 | 0 | 88 |
| A17 | 0 | 0.9 | 7.36 | 20 | 286 | 1 | 126 | 0 | 92 |
| A18 | 0.5 | 2.8 | 7.32 | 20 | 283 | 1 | 127 | 0 | 92 |
| A19 | 0.5 | 1 | 7.13 | 20 | 280 | 1 | 125 | 0 | 88 |
| A20 | 0.2 | 2.7 | 7.53 | 20 | 298 | 2 | 111 | 0 | 80 |
| A21 | 0.6 | 1.2 | 7.72 | 23 | 192 | 1 | 86 | 0 | 56 |

| Muestra | Color(Pt/Co) | Ca(mg/l) | Mg(mg/l) | Cl-(mg/l) | DCa(mg/l) | D Mg(mg/l) | D T(mg/l) | NO ₂ (mg/l) | Fe(mg/l) | SO ₄ (mg/l) |
|---------|--------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------------------|----------|------------------------|
| A1 | 5 | 4.82 | 19.44 | 12.3 | 12 | 80 | 92 | 0.0122 | 0.2 | 8.022 |
| A2 | 0 | 4.82 | 18.46 | 13.77 | 12 | 76 | 88 | 0.0056 | 0.082 | 8.655 |
| A3 | 3 | 4.82 | 23.32 | 13.77 | 12 | 96 | 108 | 0.0044 | 0.128 | 8.474 |
| A4 | 3 | 4.34 | 21.87 | 12.3 | 18 | 90 | 108 | 0.0022 | 0.051 | 8.564 |
| A5 | 2 | 8.04 | 19.44 | 12.79 | 20 | 80 | 100 | 0.0255 | 0.2 | 9.293 |
| A6 | 9 | 4.34 | 23.81 | 12.3 | 18 | 98 | 116 | 0.0189 | 0.015 | 9.846 |
| A7 | 10 | 6.43 | 20.41 | 12.3 | 16 | 84 | 100 | 0.0111 | 0.317 | 10.031 |
| A8 | 202 | 4.34 | 19.92 | 11.8 | 18 | 82 | 100 | 0.0244 | 1.715 | 16.576 |
| A9 | 2 | 8.04 | 17.49 | 13.28 | 20 | 72 | 92 | 0.0267 | 0.082 | 10.871 |
| A10 | 6 | 5.62 | 21.38 | 12.79 | 14 | 88 | 92 | 0.0155 | 0.026 | 9.661 |
| A11 | 7 | 5.62 | 21.87 | 12.3 | 14 | 82 | 92 | 0.267 | 0.321 | 9.65 |
| A12 | 7 | 4.82 | 23.32 | 12.79 | 12 | 96 | 108 | 0.0111 | 0.01 | 4.092 |
| A13 | 5 | 6.46 | 26.5 | 10.39 | 16.16 | 109.88 | 125.24 | 0.0039 | 0.005 | 18.828 |
| A14 | 21 | 11.31 | 23.56 | 13.86 | 28.28 | 96.96 | 125.24 | 0.0217 | 0.046 | 27.138 |
| A15 | 8 | 4.84 | 23.56 | 13.36 | 12.22 | 96.96 | 109.08 | 0.0094 | 0.005 | 19.216 |
| A16 | 6 | 6.46 | 29.45 | 14.35 | 16.16 | 121.2 | 137.36 | 0.0083 | 0.105 | 21.53 |
| A17 | 15 | 8.08 | 24.54 | 13.36 | 26.2 | 101 | 121.2 | 0.0044 | 0.059 | 27.391 |
| A18 | 6 | 8.88 | 30.92 | 12.37 | 22.22 | 127.2 | 149.48 | 0.01 | 0.118 | 83.54 |
| A19 | 3 | 8.08 | 29.45 | 14.35 | 20.2 | 121.2 | 141.4 | 0.01 | 0.125 | 83.54 |
| A20 | 4 | 8.88 | 31.85 | 12.87 | 22.22 | 131.1 | 153.32 | 0.0211 | 0.131 | 61.62 |
| A21 | 3 | 11.27 | 15.55 | 11.32 | 28 | 64 | 92 | 0.0011 | 0.067 | 20.64 |

Segundo muestreo (martes 31 de marzo)

| Muestra | CL(mg/l) | M.O(mg/l) | pH | T (°C) | Cond($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) | Turb(UNT) | STD($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) | AP(mg/l) | AT(mg/l) | Color(Pt/Co) |
|---------|----------|-----------|------|--------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|----------|----------|--------------|
| A1 | 0.1 | 1.9 | 8.05 | 24 | 181 | 4 | 81 | 4 | 44 | 37 |
| A2 | 0 | 1.2 | 7.96 | 24 | 175 | 1 | 80 | 4 | 96 | 4 |
| A3 | 0.1 | 1.6 | 8.71 | 24 | 191 | 3 | 86 | 8 | 44 | 15 |
| A4 | 0.1 | 1 | 7.88 | 22 | 178 | 1 | 80 | 8 | 56 | 10 |
| A5 | 0.1 | 1.5 | 8.5 | 25 | 190 | 2 | 86 | 8 | 64 | 20 |
| A6 | 0.3 | 5.1 | 8.46 | 24 | 251 | 2 | 113 | 4 | 52 | 15 |
| A7 | 0.1 | 2.2 | 8.01 | 27 | 175.3 | 3 | 79 | 4 | 72 | 32 |
| A8 | 0.1 | 1.6 | 9.09 | 27 | 194.7 | 1 | 88 | 24 | 60 | 7 |
| A9 | 0.2 | 1 | 8.06 | 27 | 175.7 | 1 | 79 | 4 | 64 | 12 |
| A10 | 0.75 | 1 | 7.81 | 26 | 176.6 | 1 | 79 | 4 | 64 | 6 |
| A11 | 0.5 | 1.2 | 7.88 | 27 | 175.5 | 1 | 80 | 4 | 60 | 8 |
| A12 | 0 | 1.2 | 7.91 | 27 | 175 | 1 | 79 | 4 | 60 | 10 |
| A13 | 0.3 | 10.3 | 7.82 | 26 | 217 | 1 | 114 | 0 | 124 | 0 |
| A14 | 0.3 | 2 | 7.93 | 26 | 253 | 1 | 114 | 0 | 132 | 0 |
| A15 | 0.2 | 2.4 | 7.82 | 27 | 213 | 1 | 96 | 0 | 92 | 0 |
| A16 | 0 | 2 | 7.81 | 27 | 195.7 | 1 | 88 | 0 | 106 | 0 |
| A17 | 0 | 2.1 | 7.82 | 27 | 247 | 1 | 111 | 0 | 104 | 0 |
| A18 | 0.75 | 1.7 | 7.5 | 26 | 274 | 1 | 123 | 0 | 108 | 0 |
| A19 | 0.5 | 1.5 | 7.47 | 26 | 273 | 0 | 123 | 0 | 112 | 0 |
| A20 | 0.2 | 0.7 | 7.51 | 27 | 269 | 1 | 121 | 0 | 96 | 1 |
| A21 | 0.6 | 1 | 7.72 | 22 | 173 | 1 | 78 | 8 | 68 | 4 |

| Muestra | Ca(mg/l) | Mg(mg/l) | Cl-(mg/l) | D Ca(mg/l) | DMg(mg/l) | DT(mg/l) | NO ₂ (mg/l) | Fe(mg/l) | SO ₄ (mg/l) |
|---------|----------|----------|-----------|------------|-----------|----------|------------------------|----------|------------------------|
| A1 | 11 | 12.65 | 12.37 | 28.28 | 76.76 | 105.04 | 0.02 | 0.193 | 15.149 |
| A2 | 8.9 | 17.18 | 13.36 | 22.22 | 70.7 | 97.92 | 0 | 0.002 | 12.296 |
| A3 | 13 | 22.56 | 13.38 | 32.32 | 92.88 | 125.2 | 0.0167 | 0.193 | 14.747 |
| A4 | 11 | 20.61 | 13.86 | 28.28 | 84.84 | 113.12 | 0.002 | 0.04 | 15.149 |
| A5 | 13 | 17.67 | 13.36 | 32.32 | 72.72 | 105.04 | 0.0089 | 0.19 | 15.149 |
| A6 | 11 | 13.25 | 13.36 | 26.26 | 54.54 | 80.8 | 0.213 | 0 | 20.975 |
| A7 | 8.1 | 19.63 | 13.86 | 20.2 | 80.8 | 101 | 0.0067 | 0.24 | 12.104 |
| A8 | 11 | 19.63 | 13.36 | 28.28 | 80.8 | 109.08 | 0.0056 | 1.42 | 12.296 |
| A9 | 8.1 | 19.63 | 13.86 | 20.2 | 80.8 | 101 | 0.0022 | 0.02 | 12.489 |
| A10 | 8.9 | 18.16 | 12.87 | 22.2 | 74.76 | 96.96 | 0.0011 | 0.02 | 12.585 |
| A11 | 8.9 | 17.67 | 13.36 | 20.2 | 72.72 | 92.92 | 0.002 | 0.319 | 12.421 |
| A12 | 8.1 | 18.64 | 12.87 | 20.2 | 76.72 | 96.92 | 0.0011 | 0 | 14.15 |
| A13 | 8.9 | 20.6 | 12.37 | 20.2 | 101.2 | 125.2 | 0.0022 | 0.005 | 21.5 |
| A14 | 11 | 23.07 | 15.84 | 26.26 | 94.94 | 121.2 | 0.001 | 0.003 | 15.149 |
| A15 | 8.9 | 20.12 | 14.84 | 22.22 | 82.82 | 105.04 | 0.0067 | 0.005 | 12.682 |
| A16 | 8.9 | 34.8 | 14.35 | 22.22 | 143.38 | 165.6 | 0.0089 | 0.22 | 12.2 |
| A17 | 96 | 36.3 | 17.35 | 24.24 | 149.4 | 173.7 | 0.0033 | 0.04 | 12.489 |
| A18 | 8.9 | 29.9 | 14.84 | 22.22 | 123.18 | 145.9 | 0.0011 | 0.251 | 26.886 |
| A19 | 8.1 | 33.3 | 15.84 | 20.2 | 137.3 | 157.5 | 0 | 0.046 | 27.646 |
| A20 | 8.9 | 29.9 | 14.84 | 22.22 | 123.18 | 145.4 | 0.0011 | 0.491 | 28.03 |
| A21 | 5.6 | 16.28 | 11.39 | 14 | 67 | 81 | 0.0011 | 0.02 | 12.29 |