

EFICACIA DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA EMPRESA ERNESTO CHE GUEVARA.

Moraima Fernández Rodríguez. (1), Enildo Díaz Bisset, (2), Neybis Laurencio Ricardo, (3).

(1) Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Las Coloradas s/n, Moa, Holguín, Cuba. E-mail: mfernandezr@ismm.edu.cu

(2) Planta Potabilizadora Empresa Ernesto Che Guevara. Carretera del puerto Km 8 Moa. Holguín. Cuba. E-mail: ebissett@ecg.moa.minbas.cu

(3) Empresa Ernesto Che Guevara. Carretera del puerto Km 8 Moa. Holguín. Cuba. E-mail: nlaurencio@ecg.moa.minbas.cu

RESUMEN

Esta investigación brinda la posibilidad de conocer la eficacia del proceso de potabilización de las aguas que se realiza en la Planta Potabilizadora de la Empresa Ernesto Che Guevara (ECG). Se realiza una valoración de los diferentes procesos que tienen lugar durante el tratamiento de las aguas: captación, floculación, sedimentación, clarificación y filtrado, y desinfección. Se realizaron los ensayos a muestras de agua llegadas a la planta con el objetivo de comparar las dosis de reactivos químicos empleadas en la prueba de las Jarras, con las utilizadas en los diferentes procesos, logrando con esto arribar a conclusiones acerca de las dosis óptimas a emplear. Se evaluaron las principales características físico-químicas y se clasificaron las aguas según diferentes autores utilizando las normas nacionales e internacionales para agua potable. Además se valoró la calidad de la fuente de suministro, así como se realizó una evaluación del proceso de desinfección llevado a cabo en dicha planta. Se tuvieron en cuenta además los análisis físico-químicos realizados al agua en tratamiento durante cada proceso, así como los análisis microbiológicos. Se dan conclusiones y recomendaciones de interés para futuras investigaciones.

ABSTRACT

This investigation offers the possibility to know the effectiveness of the process of making drinkable the waters that is carried out in the Drinkable Water Plant of the Company Ernesto Che Guevara (ECG). It is carried out a valuation of the different processes that take place during the treatment of the waters: reception, flocculation, sedimentation, filtrate, clarification and disinfection. Here they take into account samples of water arrivals to the plant with the objective of comparing the doses of reagents chemical employees in the test of the Jars, with those used in the different processes, achieving with this to arrive to conclusions about the good doses to use. It was evaluated the main ones characteristic physical-chemical and the waters were classified according to different authors using the national and international standard for drinkable water. The quality of the supply source was also valued, as well as it was carried out an evaluation of the disinfection process carried out in this plant. There also kept in mind the physical-chemical analyses carried out to the water in treatment during each process, as well as the microbiological analyses are given conclusions and recommendations of interest for future investigations.

INTRODUCCIÓN

Para obtener un agua limpia y sana, potable, de un agua natural, es necesario el proceso de remoción de los sólidos suspendidos, aglomerar y decantar los coloides y desinfectarla de organismos patógenos.

El agua natural, cruda o impura, puede provenir de ríos, lagos, embalses o de fuentes subterráneas. El tratamiento de estas aguas suele constar de varias etapas sedimentación mediante el proceso físico-químico de coagulación-floculación, filtración por arena o zeolita y desinfección. Luego el agua

se hace pasar a otros estanques en los cuales coagulan las partículas muy finas, como las arcillas coloidales, mediante la adición de sulfato de aluminio o sulfato férrico, sales que producen la aglomeración de los coloides con formación de agregados coloidales o flóculos que pueden decantar debido a su mayor tamaño y peso.

El agua para beber debe cumplir con una serie de requisitos de calidad física, química y biológica. Desde el punto de vista físico el agua debe ser traslúcida, con una turbiedad y color mínimo -según normas de las autoridades de Salud, inodora e insípida. Los requisitos de calidad química implican que el agua potable no debe contener elementos o compuestos en concentraciones totales mayores que las indicadas por las Normas Nacionales (NC 93-01-210: 1987) y la Organización Mundial de la Salud. (OMS), y otras normas internacionales. (Norma oficial Mexicana Nro12-SSA1-1993)

En estos momentos nuestro país atraviesa por una gran sequía, lo que lo sumerge en una escasez aguda. La mayoría de sus provincias presentan los embalses por debajo de los niveles mínimos de reserva de agua. En este caso se encuentra la provincia Holguín como una de las más afectadas. Este trabajo está encaminado a la evaluación de la eficacia del proceso de tratamiento de las aguas superficiales que se lleva a cabo en dicha planta.

MATERIALES Y MÉTODOS.

En la Planta Potabilizadora de la ECG se ha establecido un gráfico de control analítico y de muestreo, que rige y establece los pasos a seguir en el control del agua procesada. En éste quedan definidos los diferentes tipos de muestras que se toman durante el proceso de control de la calidad de las aguas, así como los análisis que se deben realizar a cada una de ellas. Se especifica además el lugar donde es tomada cada muestra y el volumen de ésta. En este material se registra también, la frecuencia con que es tomada cada muestra la norma establecida para cada ensayo que se le realiza, su unidad de medida y, el objetivo de cada uno de los análisis practicados a la distinta toma de agua

Las muestras fueron tomadas en el horario establecido por la planta, en envases plásticos con su respectiva codificación, se determinaron los parámetros: temperatura, cloro residual, pH, conductividad y salinidad in situ, posteriormente fueron llevadas al laboratorio tratándose con HNO₃; la porción de la muestra a utilizar para análisis de elementos pesados por el método de E.A.A, según lo establecido por las Normas Cubanas. 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 microcomponentes más comunes contenidos en las aguas estudiadas se tomaron un total de 6 muestras, correspondientes a los puntos de entrada de agua a la planta (PA-2), dosificador de Floculante y cloro (PA-3), campana de los filtros (PA-4), punto de salida del agua tratada (PA-5), y a muestras correspondientes a análisis de materia prima que se realizan en ocasiones. A estas se le realizaron las mediciones del cloro residual (mg/L) y la temperatura (°C), se les determinó por duplicado los análisis físicos-químicos, analizando: pH (adimensional), Conductividad (μcm^{-1}), Turbidez (NTU), Color (Es.Pt/Co), Salinidad (%), S.T.D (mg/L), DQO (mg/L), NO₂⁻ (mg/L) y NO₃⁻, (mg/L) y un determinado número los análisis bacteriológicos; con el objetivo de determinar los coliformes totales, fecales y valorar su uso desde el punto de vista higiénico-sanitario.

Se realiza un análisis del agua proveniente de la planta derivadora (PA-2), o estación de bombeo y el agua potable de salida de los tanques de la planta potabilizadora (PA-7). En los mismos se realizaron los análisis mencionados anteriormente, así como algunos elementos pesados tales como: Ni, Co, Mn, Cu, Al, Fe, Zn, Cr⁶⁺ y SiO₂; y componentes naturales Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, CO₃⁼, SO₄²⁻, Cl⁻, y elementos indicadores de contaminación NO₂⁻, NO₃⁻, todos se expresaron en (mg/L). La Dureza Total, Dureza Cálcica y Dureza Magnésica expresados como mg/l de CaCO₃, Estos análisis se

realizaron con el objetivo conocer las características de las aguas que salían del proceso. Se determinó el cloro residual mediante el método de la ortotolidina y se realizaron análisis bacteriológicos a la muestra filtrada de los tanques de almacenamiento.

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

- Para las determinaciones relacionadas con la conductividad, salinidad y sólidos totales disueltos se empleó el conductímetro WTWLF – 330 UNICAM.
- Determinaciones de pH, el potenciómetro WTW UNICAM.
- Por el método de Análisis Colorimétrico fueron determinados el color, la turbidez, Cr^{6+} , SiO_2 , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^- , Fe, y Al, apoyándose en el espectrofotómetro DR–2000 y el espectrofotómetro ultravioleta visible Helios λ UNICAM.
- Para las determinaciones del Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- y para los restantes elementos se empleó el método de valoración volumétrica.
- El método de Espectrofotometría de Absorción Atómica se empleó para los elementos: Ni, Co, Cu, Zn, Mn, Na^+ y K^+ .

La fuente de agua determina su calidad inherente. Las sustancias no deseadas contenidas en el agua natural se separan o se transforman en sustancias aceptables o ambas cosas. La mayor parte de los procesos de tratamiento de aguas originan cambios en la concentración de un compuesto específico. Calidad final.

Debido a lo anterior es importante realizar ensayos de jarras que permitan mediante mediciones de las características físicas, químicas del agua optimizar las variables químicas de los diferentes procesos unitarios para asegurar que en la Planta Potabilizadora de la ECG se han realizado algunas pruebas de la jarra en días que las condiciones de turbidez se encuentran por encima de los 20 NTU, con el objetivo de determinar dosis óptimas para ser empleadas en el tratamiento del agua y controlar la calidad y efectividad de dicho proceso. A continuación se relacionan algunos de los ejemplos más representativos de los ensayos realizados durante el año 2004 y la única prueba realizada en este año 2005.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valoración de la calidad de las aguas que entran al proceso de potabilización (agua cruda).

Para la evaluación de las aguas se ha seguido la metodología establecida para agua potables y fundamentalmente EL Método Standard Internacional (A.P.H.A., 1995), y las normas cubanas (NC 93-01-210: 1985); (NC 93-03: 1985)

El agua de entrada a la planta es un agua de montaña proveniente del río Moa. Esta tiene un comportamiento estable en cuanto a sus propiedades físico-químicas en tiempo de seca y refiere el mayor rango de variaciones de estas en el tiempo de lluvia debido a la gran cantidad de minerales y otros materiales que se le añaden como consecuencia del arrastre incrementado durante este período. La misma, en general según estudios anteriores (Fernández, M. 2003) y (Montero, R. 2004), es *dulce* según la clasificación de Aliokin y *normal* según Simpson, en cuanto a su mineralización. En cuanto a su pH es un agua *débilmente básica*, según la clasificación de E.B. Pasovox. En lo que respecta a la clasificación de Aliokin desde el punto de vista de su dureza total, esta ha sido identificada como un agua *algo dura*. Es además un agua rica en su contenido de magnesio (magnesiana), razón que está directamente relacionada con la composición del tipo de rocas (serpentinitas) que componen el lecho sobre el cual corre el río Moa.

Principales procesos que intervienen en la potabilización del agua:

-  Captación y conducción.
-  Coagulación y Floculación.
-  Sedimentación.
-  Filtración.
-  Desinfección.

Valoración del proceso de potabilización del agua a escala de laboratorio.

Se muestran los datos de casos que fueron realizados a escala de laboratorios, estos ensayos de floculación en el laboratorio con cambios de la turbidez del agua cruda en cuanto a la dosificación de los reactivos químicos para el proceso de floculación a la escala real del proceso de tratamiento de la planta en cuestión.

Estos datos brindan la posibilidad de apreciar los cambios en las propiedades del agua de entrada una vez que se inicia su tratamiento con reactivos químicos. Además permiten valorar para cada caso cuál de las dosis empleadas en estos análisis a escala de laboratorio es más eficaz para ser aplicada posteriormente en el proceso.

Pruebas de las jarras.

1ra prueba.

Tabla Ia. Propiedades físicas del agua cruda.

Agua cruda	
Turbidez (NTU)	33
Color	189
pH	7.84

Tabla Ib. Dosis de reactivos en la prueba de la jarra.

Jarras	1	2	3	4	5	6
AlSO ₄ (mg/l)	15	18	20	25	30	35
Cal (mg/l)	10	12	15	10	12	15
Floculante A-130 (mg/l)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Turbidez NTU	29	4	16	7	4	16
Color Esc.Pt/Co	155	16	84	38	18	15
pH	8.02	7.37	7.62	7.76	7.77	7.94

En esta prueba las menores dosis fueron empleadas en la jarra No.2. Para estas dosis pequeñas, los valores de la disminución de la turbidez y el color son notables con respecto a los del agua de entrada. Se observa que la jarra No.5 reportó resultados similares, ésta no fue escogida debido a las altas dosis de reactivos empleadas (AlSO₄), para lograr los cambios en los parámetros antes referidos. (Tabla Ib)

Correlación de los resultados de la prueba de la jarra con los obtenidos en el proceso.

Las dosis empleadas en el proceso de la Planta Potabilizadora, para el tratamiento del agua de entrada se corresponden con los determinados por el laboratorio a través de la prueba de las jarras realizada.

Los valores de floculante empleados en el proceso, se corresponden con los utilizados para la prueba de las jarras. En los experimentos realizados por el laboratorio el floculante se mantuvo estable en un valor igual a los 0.2 mg/l. En el caso de las dosis empleadas en el proceso a escala normal varían en un rango (0.14-0.18 mg/l) que se acerca a ese valor considerablemente.

Tabla Ic. Valores promedio del agua filtrada.

Muestra	Análisis	Valor promedio.
PA-7	Color	14.33
	Turbidez (NTU)	2.67
	Aluminio	0.213
	pH	7.51
	Cloro	0.33

Estos resultados permiten concluir que las pruebas de la jarra realizadas pueden ser empleadas como referencia para dosificar los reactivos químicos en días que el agua de entrada presente características similares a los parámetros turbidez, color y pH. (Tabla Ic)

2da Prueba.

Tabla IIa. Propiedades físicas del agua cruda.

Agua cruda	
Turbidez (NTU)	44
Color	235
pH	7.26

Tabla IIb. Dosis de reactivos en la prueba de la jarra.

Jarra	1	2	3	4	5	6
AlSO ₄	15	18	20	22	24	26
Cal	10	12	15	10	12	15
Floculante A-130 (mg/l)	0.15	0.18	0.2	0.15	0.18	0.2
Turbidez	4	3	2	1	1	1
Color	23	8	3	2	2	0
pH	7.52	7.45	7.48	7.30	7.27	7.20

Esta prueba de la jarra fue realizada con dosis de sulfato, cal y floculante diferentes para cada recipiente, con la característica de que éstas aumentan a medida que va aumentando el número de la jarra empleada. (Tabla IIb). Los resultados obtenidos en cada uno de los casos difieren en cuanto a

los parámetros evaluados y permiten arribar a conclusiones acerca de cual de las dosis empleadas es la más ideal para proceder en la dosificación del proceso a escala industrial. En este caso, aunque en la jarra No.1 es en la que se han empleado las menores cantidades de reactivos, no es precisamente la que brinda resultados positivos. No obstante las dosis empleadas en la jarra No.3 aunque son superiores a la jarra No. 1, son inferiores a las dosis de las jarras restantes y es en esta donde, en proporción con los valores de reactivos empleados, los índices de color y turbidez disminuyen.

En el proceso de la planta se procedió al suministro de los reactivos de acuerdo con los valores determinados en el ensayo de la mesa de floculación. Todas las dosis suministradas este día se encuentran en un rango de valores muy similares a los determinados por el laboratorio. Aunque no son exactamente iguales, las variaciones de las cantidades empleadas pueden estar dadas a las fluctuaciones que tienen lugar en las condiciones de los parámetros del agua de entrada a medida que transcurre el tiempo de tratamiento. Este punto quedó referenciado en la Tabla IIb donde se muestran las dosis empleadas en el proceso las que a su vez fueron comparadas con las empleadas por el laboratorio para la determinación de la eficacia de la prueba de jarra efectuada en esta fecha.

Correlación de los resultados de la prueba de la jarra con los obtenidos en el proceso.

Tabla IIc. Dosis empleadas en el proceso.

Hora mg/l	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	Final.
Sulf.	22.1	24.0	21.8	23.9	23.2	24.2	24.13	23.7	23.2	24.0	24.3	24.5	22.32
Floc.	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15
Cal.	5.1	5.6	5.7	5.5	5.4	5.6	5.6	5.5	5.4	5.6	5.6	5.7	5.53
Cloro.	1.93	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0

Tabla II d . Valores promedio del agua filtrada.

Muestra	Análisis	Valor promedio.
PA-7	Color	16
	Turbidez (NTU)	0
	Aluminio (mg/l)	0.412
	pH	7.80
	Cloro (mg/l)	0.35

La Tabla 2d muestra los valores de los parámetros analizados para el agua filtrada y existe correspondencia con los obtenidos en la prueba de la jarra. Esto deja ver que en efecto, la prueba realizada por el laboratorio cumple el objetivo de poder establecer una dosis óptima para el tratamiento del agua para el consumo humano. En este caso específico puede verse como la turbidez se mantuvo con un valor promedio de cero; lo que permite concluir que para las condiciones del agua de entrada de esa fecha, el procedimiento llevado a cabo respaldado por los ensayos de la mesa de floculación, reportan valores que permiten declarar, junto a los demás parámetros controlados por la planta, el agua filtrada como potable.

3ra Prueba

Tabla IIIa. Propiedades físicas del agua cruda.

Agua cruda	
Turbidez (NTU)	77
Color (Pt/Co)	414
pH	7.60

Tabla III b. Dosis de reactivos

en la prueba de la jarra.

Jarra	1	2	3	4	5	6
AlSO ₄ (mg/l)	18	22	25	28	33	35
Cal (mg/l)	15	15	15	15	15	15
Floculante A-130 (mg/l)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Turbidez (NTU)	58	17	10	6	2	4
Color (Pt/Co)	327	88	52	33	8	14
pH	8.59	7.38	7.68	7.50	7.70	7.57

La prueba de la jarra realizada el día 16 mayo del 2005, se efectuó para unas condiciones de turbidez de 77 N.T.U., y un índice de color de 414. (Pt/Co). Se aplicaron 6 ejemplos, con diferentes dosis de sulfato, floculante y de cal, fueron tomadas dosis iguales para cada jarra. Para determinar la dosis de reactivos, se tuvo en cuenta que esta fuera capaz de mitigar los valores de la turbidez y el color en el agua tratada, con un empleo mínimo de sustancias añadidas. Con la base de este principio, resultó seleccionada la jarra No. 5, la cual reportó valores de turbidez y color bajos, que aunque fueron obtenidos con la adición de altas cantidades de reactivos, son los que se encuentran dentro de las normas de estos parámetros para aguas potables.

Correlación de los resultados de la prueba de la jarra con los obtenidos en el proceso.

Con los valores determinados por el laboratorio en la prueba de la jarra, se dosificó el agua de entrada a la planta en la fecha citada en el proceso a escala normal (Tabla IIIb). Los valores de los reactivos empleados no se mantuvieron de forma estable debido a los cambios de las propiedades del agua durante ese día. Aunque el comportamiento de las dosis no fue el mismo para cada una de las horas de duración del proceso, si se puede observar que los cambios de los valores se desarrollaron dentro de un rango que se corresponde con las dosis determinadas en la mesa de floculación.

Tabla III c. Propiedades físicas del agua filtrada.

Muestra	Análisis	Valor promedio.
PA-7	Color(Pt/Co)	2.66
	Turbidez (NTU)	1
	Aluminio (mg/l)	0.175
	pH	7.23
	Cloro (m g/l)	0.466

Como resultado del empleo de las porciones predeterminadas para las características del agua de entrada, resultó que los valores de turbidez y color se mantuvieron por debajo incluso, de los obtenidos en el agua tratada durante la realización de la prueba de la jarra este día. Al lograrse estos efectos en el agua filtrada, puede concluirse que los ensayos efectuados en esta fecha para las condiciones de color, turbidez y pH, descritas en la Tabla IIIc, fueron llevados a cabo con tal efectividad que permite emplear el método de la prueba de la jarra como un controlador del proceso de floculación y regulador de las dosis a emplearse para circunstancias similares con el agua de entrada.

Análisis físicos y químicos correspondientes a cada proceso durante la potabilización de las aguas.

El control permanente de la calidad del proceso de potabilización de las aguas en la Planta Potabilizadora es una necesidad de carácter inmediato. Esta tarea está amparada en los análisis que se le practican constantemente lo mismo al agua de entrada a la planta (PA-2), como al agua clarificada (PA-7).

Las muestras tomadas son llevadas al laboratorio donde son evaluadas. Al agua cruda se le realizan análisis de dureza, turbidez, color, pH y metales disueltos. Tal como se muestra en el gráfico analítico representado en los anexos. Por otra parte, al agua clarificada se le realizan los análisis mencionados más aquellos que comprenden el control del cloro.

Diariamente son analizados los parámetros siguientes: Alcp, Alcm, pH, Dca, Dmg, DT, Fe, MO, Cl⁻, Zn, SO₄, Al, Mn, SiO₂, ST, Conductividad eléctrica, Ni, Ca, Mg, Cr⁶⁺, Temperatura, Crt, NO₂, NO₃, NH₄, CO₃, HCO₃, Hg, Na, Cu, S.S, Turb, Color.

Esta operación se realiza para cada turno de trabajo, manteniendo de este modo un control estricto sobre las condiciones físico-químicas del agua de entrada (PA-2), del agua de salida (PA-7) y por consecuencia de la calidad del proceso de tratamiento que se lleva a cabo en la Planta Potabilizadora.

Los valores de color, conductividad, STD y % de salinidad se mantienen en los valores admisibles para ser utilizada para el consumo humano.

Tabla IV. Propiedades físicas del agua filtrada.

Mes	pH	Conductividad (µs/cm ⁻¹)	Turbidez NTU	Color Esc.Pt/Co	Salinidad %	S.T.D (mg/l)	M.Org (mg/l)
Marzo	7.562	177.7	1.097	2.462	0.00	71.85	0.97
Abril	7.55	165.72	1.509	2.391	0.00	67.698	0.91
Mayo	7.42	129.25	1.25	4.415	0.00	53	1.05

Tabla V. Propiedades químicas del agua filtrada.(mg/l)

Mes	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	D.total mg/l	D.Calc mg/l	D.Mag. mg/l	M. Orgánica
Marzo	4.94	17.13	0.4	0.2	85.77	0	0.002	0.001	14.66	8.543	72.08	12	70	0.972
Abril	4.86	16.89	0	0	67.92	0	0.001	0.002	14.21	9.84	78.19	12.23	66.64	0.9
Mayo	5.99	13.36	0	0	33.15	0	0.0049	0.001	13.22	14.03	70.0	15.17	54.9	1.05

Los elementos naturales de las aguas se mantienen dentro de límites admisibles para consumo, los elementos indicadores de contaminación como nitrito y nitrato se encuentran en concentraciones trazas. (Tabla V),

El origen de la presencia de los metales pesados en las aguas superficiales se puede asumir como consecuencia de la litología de la zona y el arrastre de sedimentos ricos en estos elementos frecuentes en las áreas de minería a cielo abierto durante los períodos de precipitación, influencia de las aguas residuales de la Planta de Preparación de Pulpa de la Empresa Pedro Soto Alba, aumentando la turbidez y los sólidos en suspensión de las aguas del río que trae aparejado un aumento en las propiedades del agua. (Tabla VI).

Tabla VI. Propiedades químicas del agua Filtrada.

Mes	Elementos minoritarios (mg/l)								
	Ni	Co	Fe	Mn	Cu	Al	Zn	SiO ₂	Cr ⁶⁺
Marzo	0.001	0.001	0.118	0.00	0	0.149	0	14.45	0.017
Abril	0.006	0.0012	0.103	0.00	0	0.163	0	14.24	0.015
Mayo	0.008	0.001	0.102	0.00	0	0.252	0	8.15	0.043

Evaluación del Cloro Residual

La cloración es una alternativa para la desinfección del agua ampliamente difundida en diferentes países, dado que constituye la tecnología más conocida por su eficacia, costos de su aplicación, por ser histórica y epidemiológicamente comprobada.

El cloro se utiliza continuamente en la desinfección del agua. Está ampliamente comprobado que la aplicación del cloro en los procesos de desinfección, ha tenido un efecto positivo en la salud humana. Enfermedades como la tifoidea, el cólera, la disentería, amebiasis salmonellosis, shigelliosis y hepatitis A, han decrecido en los últimos 80 años por efecto de la cloración. (Aguilar, M. 2004).

Las concentraciones de cloro residual en la Planta Potabilizadora durante el muestreo varían desde 0.2-0.7 mg/l en el mes de Marzo, desde 0.3-0.5 mg/l en el mes de Abril y desde, en el mes de Mayo, mostrando así, la inestabilidad durante el proceso de dosificación de cloro

Análisis Bacteriológicos.

Existe un grupo de enfermedades conocidas como enfermedades hídricas, pues su vía de transmisión se debe a la ingestión de agua contaminada.

Es entonces conveniente determinar la potabilidad desde el punto de vista bacteriológico.

Los coliformes fecales y E. Coli son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. (García Jhon, E. 1996). Los microbios que provocan enfermedades (patógenas) y están presentes en las heces, causan diarreas, cólicos, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estas representan un riesgo para la salud de los bebés, niños pequeños y personas con sistema inmunológico gravemente comprometido. En las aguas tratadas desde el punto de vista bacteriológico, según los resultados obtenidos, no existe la presencia de Bacilo Coli en las muestras analizadas, los NMP x 100 ml son de -2.2.

Las aguas analizadas se clasifican según O. A. Aliokin. (De Miguel F.C. 1999)

Por su pH en estas muestras oscila entre 7.4-7.7, caracterizándose por ser un agua neutra débilmente básica.

Por su dureza. Marzo y Abril: Blandas y en el mes de mayo aguas muy blandas.

Contaminación Salina: Agua Normal.

Por su mineralización: Agua Dulce.

Por su composición química: Hidrocarbonatadas magnésicas de tercer tipo.

Medidas de control de la calidad en el proceso de tratamiento.

Para obtener un agua filtrada con calidad en la Planta Potabilizadora se toman una serie de medidas como son:

- ✚ Optima dosificación de reactivos químicos (Aluminato de Sodio, Sulfato de Aluminio y Cloro) en el proceso de tratamiento de agua.
- ✚ Control y periodicidad en el lavado de los filtros.
- ✚ Muestreo y control de las propiedades del agua en cada proceso.
- ✚ Estrecha relación del laboratorio con el turno de trabajo para la dosis optima utilizar en el proceso
- ✚ Control estricto de la dosificación del cloro en las aguas tratadas y cloro residual en las aguas filtradas de los tanques de almacenamiento.

CONCLUSIONES.

Una vez analizados todos los resultados obtenidos y realizada su correspondiente interpretación se arribó a las siguientes conclusiones:

1. Las condiciones de pH, turbidez y color en el agua de entrada al proceso de potabilización (agua cruda), se mantienen generalmente equilibradas durante el periodo de seca y sufren las mayores variaciones en el tiempo lluvioso, alcanzando valores que exigen un consumo elevado de reactivos para mitigar sus efectos.
2. La dosificación óptima y la eficiencia de los diferentes procesos de tratamiento (coagulación, floculación, sedimentación, filtrado y desinfección) son controlados por el laboratorio y el personal de operación de la Planta.
3. Según los resultados bacteriológicos el agua potabilizada cumple con los parámetros requeridos para el consumo de la población, con resultados negativos de Coliformes totales y fecales x 100 ml de agua. (-2.2 NMP X 100 ml).

El proceso de desinfección llevado a cabo en la Planta consta de dosis establecidas capaces de eliminar los organismos patógenos en el agua tratada sin provocar efectos dañinos a la salud humana. Los índices del cloro residual en el agua filtrada se mantienen dentro de los límites para agua potable (Fernández, M. 2003); (Aguilar, M.2004) y (Norma oficial Mexicana Nro12-SSA1-1993)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, M. Evaluación del cloro residual en las aguas de consumo humano en el municipio de Moa. Trabajo de Diploma. 2004. ISMM. Moa.
- APHA, AWWA, WEF. Standard methods for examination of wastewaters descrii.I.S.A.E.Greeberg y A.D.S.Eaton (editors).9ed.1995.
- DE MIGUEL FERNANDEZ, CONSTANTINO. Hidrogeología Aplicada. La Habana, 1999.
- El uso del cloro en la desinfección del agua [2005-03-15]. Disponible en:
<http://www.edu.tatspr.com.proyectos/inv97-98-II-3-pdf>.

- FERNANDEZ, M. Evaluación de la calidad de las aguas de consumo humano en la zona urbana de la ciudad de Moa. Tesis de Maestría. 2003. ISMM. Moa.
- GARCIA JHON, ENRIQUE. Método biológico para la evaluación y control de la calidad de las aguas y vigilancia de vertidos. Tecnología del agua, noviembre 1996, 159: 41-47.
- MONTERO, R. Evaluación físico-química de la calidad de las aguas del río Moa desde la presa Nuevo Mundo hasta la desembocadura. Trabajo de Diploma. 2004. ISMM. Moa.
- NC -93-02: 1985 (CUBA). Higiene comunal, Agua potable. Requisitos Sanitarios y muestreo. Aprobada Octubre 1985. Vigente Marzo 1986.
- NC 93-03: 1985 (CUBA). Sistemas de abastecimiento de agua. Requisitos sanitarios. Aprobada Dic. 1985. Vigente Sept. 1986.
- Norma oficial Mexicana Nro12-SSA1-1993 [2005-04-4]. Disponible en:
<http://www.unanl.mx/publicaciones/respyn/ii/1/contexto/normao.12.html>