

**Informe acerca de la operación de la planta piloto y calidad del agua obtenida del embalse del río Verde y Santiago, así como del río Santiago.**

**Informe acerca de la operación de la planta piloto y  
calidad del agua obtenida del embalse del río Verde y  
Santiago, así como del río Santiago.**

**INDICE**

	Pág.
<b>OBJETIVOS</b>	3
<b>METODOLOGÍA</b>	3
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES PARCIALES</b>	5
EN PRIMERA ETAPA	6
EN SEGUNDA ETAPA	8
EN TERCERA ETAPA	14
<b>CONCLUSIÓN PARCIAL</b>	8
EN PRIMERA ETAPA	8
EN SEGUNDA ETAPA	12
EN TERCERA ETAPA	17
<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL</b>	17
<b>SUGERENCIAS</b>	19
<b>ANEXOS DE PRIMERA ETAPA</b>	20
A1, ANÁLISIS FÍSICOS	20
A2, ANÁLISIS PRUEBA DE JARRAS	24
B, ANÁLISIS QUÍMICO	30
C, NORMAS .....	32
<b>ANEXO DE SEGUNDA ETAPA</b>	34
E, ANÁLISIS FÍSICOS	34

F, ANÁLISIS QUÍMICO	38
G, ANÁLISIS DE METALES PESADOS	47
H, NORMAS .....	49
<b>ANEXOS DE TERCERA ETAPA</b>	<b>51</b>
J, ANÁLISIS FÍSICOS	51
K, ANÁLISIS QUÍMICO	53
<b>ANEXOS DE INFORMES Y RESULTADOS DE</b>	
<b>CENICA</b>	<b>63</b>
D, ETAPA UNO	63
I, ETAPA DOS	83
L, ETAPA TRES	109

## **Informe acerca de la operación de la planta piloto y calidad del agua obtenida del embalse del río Verde y Santiago, así como del río Santiago.**

### **OBJETIVOS**

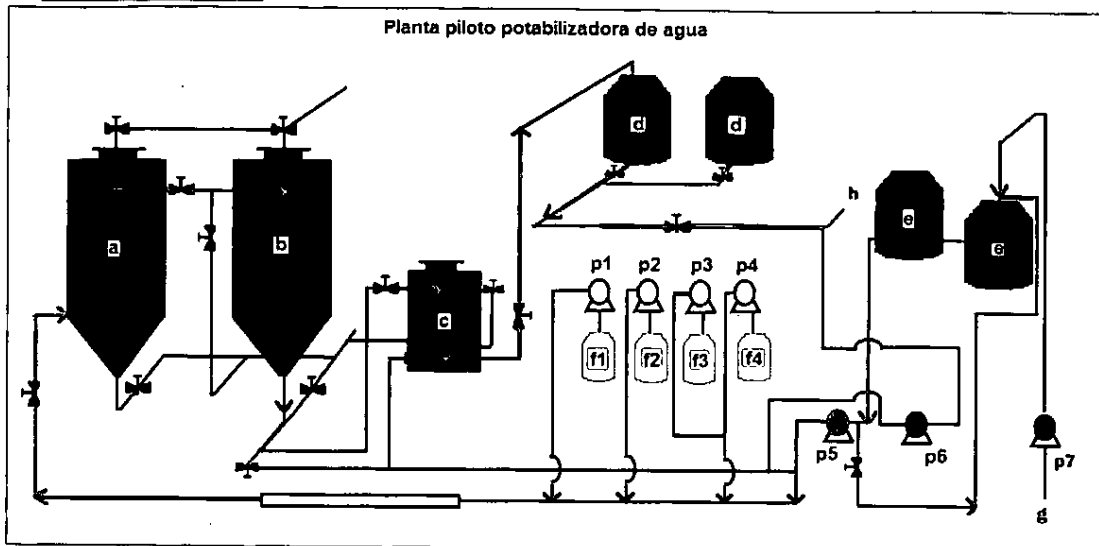
Determinar las condiciones de operación de la planta de tratamiento situada en Arcediano con agua proveniente de distintos puntos del río Verde y Santiago.

Realizar análisis fisicoquímico del agua antes y después del tratamiento para cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 modificada en el 2002.

### **METODOLOGÍA**

Para la realización de este proyecto se utilizó una planta piloto, la cual consistió de un tanque de floculación-coagulación-sedimentación, un filtro de arena y un tanque de carbón activado que fue alimentada con agua proveniente del embalse de los ríos Verde y Santiago, así como del río Santiago. Se empleó Sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) como floculante, un polielectrolito aniónico (magnafloc 919) como coagulante y permanganato de potasio ( $KMnO_4$ ) como agente oxidante.

La operación de la planta piloto tratando agua del embalse de los ríos Verde y Santiago contó con una bomba sumergible (p7) que alimentó agua del embalse a dos tanques sedimentadores conectados en serie para la etapa de arranque y mezcla Verde y Santiago, una segunda bomba (p5) permitió alimentar el agua proveniente de los sedimentadores al tanque de floculación-coagulación-sedimentación (a), por otra parte se contó con cuatro bombas dosificadoras (p1,p2,p3 y p4) de  $KMnO_4$ , Polímero y  $Al_2(SO_4)_3$  respectivamente, cada una de las corrientes provenientes de cada dosificador se unen con el flujo que alimenta al floculador, posteriormente el flujo de salida del floculador se envió a un filtro de arena (b), el agua filtrada se pasó a un tanque contenedor de carbón activado (c) para después mandarla a dos tanques receptores de agua potabilizada (e) en donde se lleva acabo la cloración, aunque, esto fue en ocasiones.(Ver Figura 1)



**Figura 1)** a.-Tanque de floculación-coagulación-sedimentación, b.-Filtro, c.-Carbón activado, d.-Tanques receptores, e.-Tanques sedimentadores, F1.-Contenedor de  $\text{KMnO}_4$ , F2.-Contenedor de polímero, F3 y F4.-Contenedores de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , P1.-Bomba dosificadora de  $\text{KMnO}_4$ , P2.-Bomba dosificadora de Polímero, P3 y P4.-Bombas dosificadoras de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , P5.-Bomba de alimentación al proceso, P6.-Bomba de retrolavado, P7.-Bomba de alimentación al sedimentador, h.-Corriente salida del proceso, g.-Corriente entrada al proceso.

Este proyecto se dividió en tres etapas: la primera abarcó del 21 de agosto al 9 de octubre de 2006 y consistió en el arranque de la planta piloto y el inicio de los análisis físicoquímicos, los cuales fueron: pH, conductividad, sólidos totales disueltos, turbidez, sulfatos, dureza, alcalinidad, cloruros totales, así como una prueba de jarras. La segunda abarcó del 18 de octubre al 10 de noviembre, ésta consistió en el monitoreo de la calidad del agua del embalse de los ríos Verde y Santiago, los análisis que se realizaron en este período fueron: pH, conductividad, sólidos totales disueltos, turbidez, sulfatos, dureza, alcalinidad, cloruros totales, cianuros, color, nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos y metales pesados (Zn, Cd, Pb, Cu). La tercera abarcó del 17 de noviembre al 10 de diciembre de 2006, en esta etapa solo se monitoreo el agua del río Santiago transportada del Puente Miraflores, del sitio Juanacatlan, y los análisis realizados fueron: pH, conductividad, sólidos totales disueltos, turbidez, sulfatos, dureza, alcalinidad, cloruros totales, cianuros, color, nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos, metales pesados (Zn, Cd, Pb, Cu) y análisis microbiológicos (coliformes totales y fecales). Cabe mencionar que todos los análisis se realizaron diariamente (tres veces al día).

## RESULTADOS, DISCUSIONES Y CONCLUSIONES PARCIALES

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada etapa del proyecto.

### Primera etapa.

Durante esta etapa se montaron técnicas para la determinación de sulfatos, turbidez, pH, sólidos disueltos, prueba de jarras, cloruros totales, dureza, alcalinidad entre otras,

El siguiente informe contiene los resultados de las pruebas realizadas durante el arranque de la planta piloto como son prueba de jarras que se realizó para determinar la cantidad de floculante ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) que se necesitó para el tratamiento del agua y esta cumpla con la norma 127, a estas pruebas se analizaron sulfatos, alcalinidad, nitratos y nitritos, así como pH, conductividad, turbidez, sólidos suspendidos totales para observar el comportamiento del agua. Una vez encontrado la cantidad óptima de floculante que fue de 160 ppm se procedió a la etapa de arranque de la planta piloto de potabilización de la Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento Jalisco (CEAS), la cual fue alimentada del embalse de los Ríos Verde y Santiago.

Las condiciones en las que trabajó la planta variaron con respecto a la concentración de floculante  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (Sulfato de Aluminio), adicionándose inicialmente 46 ppm; con esta concentración no se obtuvieron buenos resultados, por lo que se cambió a 160 ppm con un flujo de entrada y salida de agua de 1.68L/s y la concentración de Permanganato de Potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) fue de 1.67 ppm, posteriormente se cambio el flujo de entrada y salida de agua a 0.6L/s manteniendo la concentración de floculante de 160 ppm, mientras que la concentración de ( $\text{KMnO}_4$ ) cambió a 1.45 ppm

En el arranque de la planta se observó que el parámetro que no cumplió con la norma 127 antes del tratamiento es la turbidez con valores entre 20 y 140 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) y después del tratamiento se observó que el agua presenta un incremento en la concentración de sulfato con un valor máximo de 161 ppm, por lo que podemos decir que se encuentra dentro de norma y una disminución en el pH a un valor de 6.1 por lo que este parámetro se encuentra fuera de norma.

La prueba de jarras se realizó con la finalidad de encontrar la concentración óptima de floculante, que se utilizará en la planta piloto para mejorar la calidad del agua y cumpla así con los parámetros que establece la Norma Oficial Mexicana 127 (NOM-127), modificada el 22 de Noviembre de 2002; también se realizaron pruebas utilizando polímero Magnafloc 919 de

( $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$ ), para que el pH se encuentre dentro de los valores que establece la norma 127 (6.5-8.5). Para disminuir el manganeso se necesita agregar una concentración menor a la que se agregó hasta el momento de permanganato de potasio; así como la cloración del agua de manera adecuada para eliminar todos los coliformes totales y fecales.

Se realizaron pruebas de jarras, previo al arranque del proceso, para generar información que nos permitiera determinar las concentraciones óptimas de floculante y coagulante para el arranque de la planta piloto. La planta comenzó a operarse durante aproximadamente 12 horas continuas a partir del 22 de agosto, como se observa en los anexos A1, A2.

Después de haberse llevado a cabo las adecuaciones necesarias en el laboratorio se dio inicio a los análisis fisicoquímicos obteniendo como resultado que el agua a la entrada de la planta piloto se encontró dentro de los límites permisibles que establece la NOM-127-SSA1-1994 ( los cuales se presentan en el anexo C), en parámetros como: pH, sólidos totales disueltos, conductividad, sulfatos, dureza y alcalinidad, excepto en la turbidez que rebasaba las 5 Unidades Nefelométricas de Turbiedad (NTU) que establece la norma, debido a la cantidad de materia coloidal, sales orgánicas, etc., que contiene el agua cruda.

El agua después del tratamiento presentó un incremento en la concentración de sulfatos, aunque por debajo del límite permisible, debido a la cantidad de floculante que se adicionada. Por otro lado, los valores de la dureza disminuyeron, mientras que el pH se encontró fuera del intervalo que establece la norma, debido a que el sulfato de aluminio provoca que el pH disminuya (ver anexos A, B y D).

Es importante recalcar que durante toda esta etapa no se realizaron análisis microbiológico, debido a que aun no se contaba con un área adecuada para su realización.

En el reporte realizado por CENICA la calidad del agua reporta concentraciones fuera de los límites máximos permisibles, en los parámetros de coliformes totales y fecales, color, turbiedad, manganeso, SAAM y nitrógeno amoniacal como se observe en anexo D.

Después del tratamiento se reducen los valores de la mayor parte de los parámetros hasta quedar por debajo de los límites máximos, tal es el caso de la turbiedad, SAAM y color. Para los restantes analitos aunque también se presenta una disminución, las concentraciones continúan sobrepasando los límites.

Para el resto de los compuestos analizados de forma general se observa una disminución de las concentraciones después del tratamiento.

Sin embargo para el caso de manganeso, sólidos disueltos totales y sulfatos cuyas concentraciones antes de la planta cumplen con las especificaciones, posterior a ésta incrementan su valor y en el caso de manganeso rebasa lo

establecido por la NOM-127, esto puede explicarse como resultado de reacciones entre las sustancias utilizadas en el proceso de tratamiento.

Los resultados obtenidos hacen concluir que el proceso de tratamiento de agua no esta demostrando los efectos deseados de mejoramiento en la calidad de ésta.

Las muestras no presentaron efecto tóxico para el organismo de *Daphnia magna straus*, pues no se detectó concentración letal media en ninguna de las de muestras probadas y en las concentraciones incluidas.

Asimismo en las pruebas con semillas de Lechuga, amaranto y con nematodo *Panagrellus redivivus* no se observa efecto significativo en ninguno de los parámetros medidos



## Segunda etapa.

El presente informe contiene las condiciones de operación de la planta piloto y los resultados obtenidos en el análisis de la calidad del agua, la cual fue alimentada del embalse del río Verde y Santiago, las condiciones que se tomaron en cuenta para operar la planta piloto son: los flujos de entra y salida, las concentraciones de permanganato de potasio, polímero Magnafloc 919, así como de Sulfato de Aluminio. Los parámetros que se analizaron para determinar la calidad del agua son: pH, conductividad, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, sulfatos, cloruros, dureza, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, cianuros y color.

El periodo que comprende este informe es del 18 de octubre de 2006 al 10 de noviembre de 2006. Se realizó el cambio del carbón activado antes de comenzar esta etapa.

Durante este se operó la planta piloto con una concentración de 160 ppm de floculante (sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), 0.5 ppm de polímero Magnafloc 919 y 1.45 ppm de permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ). El flujo de salida y entrada de agua a la planta piloto fue de 0.6 L/s, bajo estas condiciones de operación se realizaron los análisis, para cumplir con los parámetros que establece la norma 127-SSA1-1994.

Los parámetros que en esta etapa que presentaron eventos en los que estuvieron por encima de la norma son: el nitrógeno amoniacal que obtuvo un valor mayor de 4 ppm, Manganeseo (Mn) con un valor mayor de 0.88 ppm, Coliformes totales y fecales que obtuvieron un valor mayor de 8 NMP/100ml, los cuales fueron evaluados por el CENICA.

Los análisis de la calidad del agua se basaron en las normas de la secretaria de economía (ver anexo C).

Para determinar las condiciones adecuadas para la operación de la planta piloto es necesario conocer la cantidad ideal de floculante ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) y de polímero (Magnafloc 919) que se requiere para el tratamiento del agua, para lo cual se realizó previamente una prueba de jarras, en donde se encontró que la concentración óptima de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  es de 160 ppm, para el polímero es de 0.5 ppm y la concentración de  $\text{KMnO}_4$  fue de 1.45 ppm.

## Resultados y discusiones parciales

Todos los resultados obtenidos de los análisis físicos realizados al agua tratada se encontraron por debajo de los límites que establece la norma 127, sin embargo se observó que en ocasiones el pH fue bajo (pH 6.1), esto pudo deberse a la concentración de floculante que se agregó en el proceso. Para poder mejorar la operación de la planta piloto se sugirió a la CEAS implementar un puerto donde se dosificara hidróxido de sodio o silicato de sodio para así poder controlar el pH, observado en el anexo E.

En los resultados de los análisis químicos del agua obtenida después del tratamiento, se observó (anexo F, I), que el parámetro que no estaba dentro de la norma era el nitrógeno amoniacal, lo cual pudo deberse a la presencia de materia coloidal y sales inorgánicas en el agua cruda. Con respecto a los demás parámetros analizados (dureza, cloruros totales, sulfatos, cianuros, nitritos, nitratos y color) tomaron valores por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-127.

En este lapso de tiempo los análisis y el tratamiento de agua se realizaron en época de lluvias, donde se observó que el influente variaba por las descargas que existen en ambos ríos al abrirse las compuertas de las presas que desembocan al río, así como los desechos industriales, afectando la saturación del filtro y del carbón activado en un periodo mas corto, en comparación con el periodo en que no hay descargas como puede apreciarse en los anexos F, G, I, J y K.

En este periodo se instaló el equipo de análisis computrace 979, de la marca Metrohm, que determina concentraciones pequeñas (ppm o ppt) de metales pesados, y se capacitó en su manejo al personal que opera la planta y analiza la calidad del agua como se observa en el anexo G.

En el anexo F, se muestran los resultados de los análisis químicos, se observa que el parámetro que no está dentro de la norma es el nitrógeno amoniacal, esto pudo deberse a la presencia de materia coloidal, sales inorgánicas, etc., en el agua. Con respecto a los demás parámetros analizados (dureza, cloruros totales, sulfatos, cianuros, nitritos, nitratos y color) toman valores por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-127.

Comparando los resultados obtenidos en el laboratorio ubicado en Arcediano con el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) se observa que ambos tienen similitud en los parámetros analizados y coinciden en que ciertos parámetros están fuera de norma. Estos son el nitrógeno amoniacal que se encuentra en un valor mayor de 4

mg/L, el manganeso así como los coliformes totales y fecales. Cabe mencionar que en el laboratorio ubicado en arcediano no se analizaron los análisis de manganeso, coliformes totales y fecales ya que no se contaba con el equipo necesario para la realización de estos. Solo se pudieron analizar algunos metales pesados como son Zinc, Cobre, Cadmio y Plomo, los cuales no rebasan la norma 127, ya que el agua tratada registra Zn en un intervalo de 0.3 a 1.8 ppm y el Pb 0.009 ppm, los demás metales analizados no se encuentran presentes como se muestra en los anexos F, G, I.

Con respecto a los parámetros de coliformes totales y fecales estos rebasaron los límites máximos permisibles de la norma, esto puede deberse a que en este periodo el agua que se tomó para los análisis del laboratorio y de CENICA, fue tomado del puerto de salida del tanque de carbón activado y no se tomaron muestras del agua clorada que se encuentra en los tanques de almacenamiento en la salida del proceso; se tomó la decisión de tomar el agua en ese punto debido a que esta no tiene un flujo continuo en los tanque de almacenamiento, ocasionando la acumulación de residuos de cloro los que originan la formación de trihalometanos, cabe mencionar que esta agua era utilizada para el proceso de retrolavado de la planta piloto así como para el arranque del proceso.

Se sugiere para mejorar el tratamiento del agua y por lo tanto la calidad de la misma, colocar un dosificador de cloro localizado a la salida del carbón activado (en la tubería que sale del tanque de carbón activado hacia los tanques de almacenamiento) con la finalidad de que el agua sea clorada en su totalidad y no se acumule el cloro en los tanques que se encuentran al final del proceso, cabe destacar que se necesita una mejor instalación en los tanques de almacenamiento con el propósito de hacer que el agua fluya de manera continua y no se tengan residuos de ningún tipo.

Los análisis de metales pesados no se pudieron llevar a cabo de manera continua, ya que la calidad del agua destilada que se adquirió en Guadalajara no fue la adecuada puesto que contenía pequeñas trazas de metales que afectaron las mediciones realizadas en el laboratorio. El sistema de análisis de metales resultó ser muy sensible a la presencia de polvo, pero desafortunadamente el espacio de laboratorio acondicionado tenía ranuras en el techo que dificultaban su control. Por ello, se propuso a la CEAS colocar el equipo en un área cerrada, libre de polvo y humedad.

Los datos obtenidos por CENICA de las muestras provenientes de la planta piloto de tratamiento de agua el "ARCEDIANO" reflejan las siguientes particularidades (ver anexo I).

La calidad del agua reporta concentraciones fuera de los límites máximos permisibles, en los parámetros de coliformes totales y fecales, color, turbiedad, manganeso, SAAM y nitrógeno amoniacal.

Después del tratamiento se reducen los valores de la mayor parte de los parámetros hasta quedar por debajo de los límites máximos, tal es el caso

de la turbiedad, SAAM y color. Para los restantes analitos aunque también se presenta una disminución, las concentraciones continúan sobrepasando los límites.

Para el resto de los compuestos analizados de forma general se observa una disminución de las concentraciones después del tratamiento. Sin embargo para el caso de manganeso, sólidos disueltos totales y sulfatos cuyas concentraciones antes de la planta cumplen con las especificaciones, posterior a ésta incrementan su valor y en el caso de manganeso rebasa lo establecido por la NOM-127, esto puede explicarse como resultado de reacciones entre las sustancias utilizadas en el proceso de tratamiento.

Los resultados obtenidos hacen concluir que el proceso de tratamiento de agua no esta demostrando los efectos deseados de mejoramiento en la calidad de ésta.

Las muestras no presentaron efecto tóxico para el organismo de *Daphnia magna straus*, pues no se detectó concentración letal media en ninguna de las concentraciones de muestra utilizadas.

En las pruebas con semillas de Lechuga no se observa efecto significativo en la elongación radicular y germinación de las muestras, solamente la muestra 4701/06 que tuvo una elongación radicular mayor con respecto al control.

Para la evaluación de toxicidad con semillas de amaranto se observa efecto significativo en la elongación radicular con respecto al control.

Y por último para la prueba con Nemátodo *Panagrellus redivivus*, durante la exposición de estos organismos a dichas muestras no se detectó efecto significativo en las etapas de sobrevivencia, crecimiento y maduración.

### **Conclusión parcial**

En esta etapa de análisis podemos decir que meter en norma(NOM-127-SSA1-1994 modificada el 22 de noviembre de 2002), el agua de la mezcla de los ríos Verde y Santiago , debido a que algunos parámetros aun se encuentran en concentraciones altas como es el caso de nitrógeno amoniacal, manganeso y los coliformes totales y fecales.

### Tercera etapa.

Para la realización de este evento se llevó a cabo el acondicionamiento de la planta piloto, el cual consistió en drenar toda el agua contenida en los tanques de sedimentación, coagulación-floculación, filtro y carbón activado, seguido de un lavado.

Después de haber efectuado las actividades antes mencionadas se hizo cambio de carbón activado utilizándose ocho sacos cada uno de 25 Kg y se procedió a cargar la planta piloto con el agua extraída del río Santiago para el arranque del proceso.

Se realizó prueba de jarras para determinar cual era la concentración adecuada de  $Al_2(SO_4)_3$  para iniciar el proceso de potabilización con el agua cruda proveniente del río Santiago; los datos que se obtuvieron de dicha prueba se muestran en el Anexo A Tabla 1A; por lo que se decidió utilizar una concentración de coagulante de 140 ppm para arrancar el proceso ya que a esta se obtuvo un valor mínimo de 1.5 NTU con respecto a la turbidez y un pH de 7.59 indicando que nos encontramos por debajo de los límites bajos permisibles con respecto a estos parámetros.

El día 17 de Noviembre de 2006 se inició el proceso de potabilización fijando un flujo de agua tratada de 0.6 L/s con el cual se trabajo anteriormente y las condiciones iniciales se presentan en la siguiente tabla.

Reactivo	Sulfato de aluminio [ $Al_2(SO_4)_3$ ]	Permanganato de potasio [ $KMnO_4$ ]	Polímero aniónico Macnafloc919
Concentración inicial en ppm	140	1.45	0.5
Flujo inicial L/s	$3.85 \cdot 10^{-3}$	$3.5 \cdot 10^{-4}$	$9.4 \cdot 10^{-4}$

: **Tabla 1.-** Concentraciones y flujos iniciales.

En cuanto a los reactivos que se utilizaron en este apartado se decidió utilizar  $Al_2(SO_4)_3$ , Magnafloc 919 y  $KMnO_4$  como coagulante, floculante y oxidante de metales pesados respectivamente como se venia trabajando anteriormente, con la finalidad de comparar los resultados que se obtuvieron al analizar el embalse del los ríos Verde y Santiago.

Por Objetivos se tuvo en determinar las condiciones adecuadas en las que debe operara la planta para tratar el agua proveniente del río Santiago aguas arriba, así como analizar la calidad del agua tratada para determinar diariamente algunos de los parámetros generales de la NOM-127-SSA1-1994 y la presencia de metales pesados que señala dicha norma.

Los métodos analíticos fisicoquímicos que se efectuaron para determinar la calidad del agua del río Santiago fueron: pH, conductividad, turbidez, color, sólidos disueltos totales, alcalinidad, sulfatos, cloruros, dureza, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, cianuros. Además se determinó la cantidad de metales pesados en las muestras como zinc, cadmio, cobre y plomo. En cuanto a los análisis microbiológicos algunos fueron realizados por personal de la CEAS

### Resultados, discusiones parciales

De acuerdo a los resultados fisicoquímicos se observó que a la entrada de la planta piloto, el color y nitrógeno amoniacal se encontraron fuera de la norma. Después del tratamiento, se pudo apreciar que el color se encontró dentro de la norma excepto algunos días, debido a la desestabilización del sistema ya que se saturó el carbón activado como se observa en los anexos K y L.

En esta etapa de operación, el agua cruda siempre se encontró dentro del intervalo de pH que establece la norma, pero se observó que al inicio este tomó valores de 9, este aumento se debió a que se realizó cambio de carbón activado y conforme transcurrió el proceso, el pH se mantuvo dentro de la norma y al final del periodo este tomó valores de 6, debido al aumento en la concentración de sulfato de aluminio.

Por otra parte el nitrógeno amoniacal incrementó su concentración, esto se atribuyó a la oxidación del  $\text{KMnO}_4$  con la materia orgánica contenida en el agua cruda, dando como producto  $\text{NH}_3$ .

Para las pruebas microbiológicas que se realizaron en este periodo se capacitó al personal de la Universidad Autónoma Metropolitana por el personal de CENICA.

Los resultados obtenidos de las pruebas microbiológicas realizadas en el laboratorio mostraron que la presencia de coliformes totales y fecales, tanto en la entrada como en la salida de la planta piloto; cabe resaltar que las muestras que se analizaron fueron tomadas en un punto de muestreo antes de la adición del cloro (ver tabla A).

Fecha	Coniformes totales NMP/100 mL)	Coniformes fecales (NM/100 mL)
17/Nov/06	>23	<9.2
18/Nov/06	>23	<9.2
24/Nov/06		6.9
28/Nov/06		6.9

Tabla A. Resultados obtenidos de pruebas microbiológicas realizadas por la UAM.

Es importante mencionar que la CEAS realizó pruebas microbiológicas de agua que fue clorada obteniendo como resultado la ausencia de coliformes fecales y totales, tanto en el agua cruda como en el agua tratada puede apreciarse en el anexo L.

En comparación con los resultados obtenidos por el CENICA y nuestros resultados podemos apreciar que el contenido de nitrógeno amoniacal en las muestras toma valores por encima del límite permisible, así como en coliformes fecales y totales,

Los análisis realizados para la detección de metales pesados únicamente se llevaron a cabo la determinación de Zn Cd, Pb y Cu; con el equipo computrace 979 de la marca metrohm, podemos apreciar un incremento en la concentración de cadmio en el agua tratada del día 28, en cuanto a los demás metales se encuentran dentro de la norma. Aun falta por implementa más métodos que nos permitan determinar el análisis de Hg, Al, Mn, Cr, As, Fe, Ni, Ba. Se realizaron análisis de metales pesados (Cd, Pb, Zn, Cu), obteniendo resultados por debajo de los límites permisibles que establece la norma 127 como se muestra en tabla B.

		Salida (agua potabilizada)			
		(mg/L)			
		Zn	Cd	Pb	Cu
17/11/2006	14:00	2.375	0.000	0.000	0.000
18/11/2006	12:20	1.920	0.000	0.000	0.000
18/11/2006	14:20	1.203	0.000	0.000	0.000
19/11/2006	12:00	0.155	0.000	0.000	0.000
21/11/2006	15:00	0.095	0.002	0.010	0.000
22/11/2006	12:00	0.000	0.000	0.000	0.000
22/11/2006	14:00	0.153	0.393	0.003	0.000
22/11/2006	14:00	0.153	0.001	0.003	0.000
25/11/2006	12:00	0.110	0.003	0.000	0.000
26/11/2006	11:30	0.136	0.000	0.004	0.000
26/11/2006	11:30	0.149	0.000	0.004	0.000
28/11/2006	12:00	0.000	0.020	0.000	0.000
28/11/2006	14:00	0.000	0.020	0.000	0.000
02/12/2006	12:00	0.140	0.000	0.005	0.006
03/12/2006	08:30	0.112	0.000	0.003	0.009
03/12/2006	10:30	0.091	0.000	0.000	0.007
04/12/2006	11:00	0.000	0.000	0.000	0.000
04/12/2006	17:00	0.000	0.000	0.002	0.000
04/12/2006	17:00	0.000	0.000	0.014	0.004
05/12/2006	17:00	0.000	0.000	0.002	0.000
06/12/2006	11:00	0.000	0.001	0.005	0.000

Tabla B. Concentración de metales pesados, principalmente zinc, cadmio, plomo y cobre del agua tratada

Es importante mencionar que el CENICA realizó estudios sobre manganeso y aluminio, en los que se obtuvieron valores fuera del límite permisible que establece la norma, en el caso del aluminio antes del tratamiento y para el manganeso después del tratamiento (anexo L).

De acuerdo a los datos fisicoquímicos obtenidos por los análisis realizados se pudo observar que a la entrada de la planta piloto, parámetros como color y nitrógeno amoniacal se encuentran fuera de la norma. Después de haber tratado el agua se puede apreciar que el color toma valores por arriba de los límites permisibles como en el caso de los días 22,23, 25, 26,27,28 de Noviembre y 2 de Diciembre ver Anexo K L, este aumento se debe a la desestabilización del sistema ya que durante los primeros cinco días no se efectuó retrolavado al filtro hasta el día 22 de Noviembre, después de este retrolavado se percató que el sistema presentaba caídas de presión como en el caso del día 25 de Noviembre en donde el flujo disminuyó hasta 0.4 L/s provocando un aumento en el color. A pesar de realizar purga de lodos y lavado de filtro en los días 26, 27 y 28 de Noviembre disminuyó el color del agua tratada por lo que se tomó la decisión de realizar nuevamente prueba de jarras para saber si se tendría que modificar la dosis de coagulante para estar de nuevo por debajo del límite permisible; los resultados obtenidos de la prueba Ver Anexo K (Tabla 2A) mostraron que había que aumentar la concentración de  $Al_2(SO_4)_3$  a 180 ppm.

Durante el periodo en que se operó la planta el agua cruda siempre se encontró dentro del intervalo de pH que establece la norma, pero una vez tratada se encontró fuera de esta, tomando un máximo de 9.63 como en el caso del día 17 de Noviembre que corresponde al inicio del proceso, este aumento en el pH se presentó siempre que se realizó el cambio de carbón activado; también ocurre una disminución de pH a partir del 07 de Noviembre como resultado de haber aumentado la dosis de coagulante como anteriormente se mencionó.

Los datos obtenidos por CENICA, en el estudio aplicado a las muestras provenientes de la planta piloto de tratamiento de agua el "ARCEDIANO" reflejó que la calidad del agua reporta concentraciones fuera de los límites máximos permisibles, en los parámetros de coliformes totales y fecales, color, aluminio, manganeso y nitrógeno amoniacal.

Después del tratamiento se reducen los valores de color y aluminio hasta quedar por debajo de los límites máximos. Para coliformes totales y fecales las concentraciones están fuera tanto antes como después de la planta.

Para el resto de los parámetros analizados se aprecia una disminución en la concentración después del tratamiento excepto en los sólidos disueltos totales y los sulfatos (Ver Anexo L), los cuales aumentan pero no rebasan los límites permisibles.

Para el resto de los compuestos analizados de forma general se observa una disminución de las concentraciones después del tratamiento, no así, para el caso de manganeso y nitrógeno amoniacal cuyas concentraciones antes de la planta cumplen con las especificaciones, posterior a ésta incrementan su valor hasta rebasar lo establecido por



la NOM-127, este comportamiento se ha venido observando durante todo el periodo de monitoreo de la calidad de agua y la evaluación de la operación de la planta.

Los resultados obtenidos hacen concluir que el proceso de tratamiento de agua no esta demostrando los efectos deseados de mejoramiento en la calidad de ésta.

No se observaron efectos significativos en los organismos probados para ninguna de las muestras

### **Conclusión parcial**

Hasta el momento el proceso convencional empleado para colocar dentro de la NOM-127- SSA1 1994 modificada en 2002 el agua tratada del río Santiago no se logró debido a los niveles altos registrados en aluminio, manganeso, nitrógeno amoniacal, coliformes totales y fecales

Se sugiere que el nitrógeno amoniacal se pueda disminuirse por medio del tratamiento previo de la materia orgánico por medio de procesos biológicos aerobios. Para que el color no varíe y se encuentre siempre dentro de norma se recomienda hacer retrolavado continuamente al carbón activado y realizar pruebas para determinar el tiempo de saturación. Realizar pruebas de jarras que nos permitan optimizar las dosis adecuadas de  $KMnO_4$ . Implementar un sistema de cloración continua para evitar la presencia de coliformes totales y fecales. Y por último implementar un sistema de controlador de pH.

### **DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL**

La utilización de sulfato de aluminio como floculante fue adecuada durante el tratamiento, al igual que el polímero Magnafloc 919 puesto que permitió reducir algunos parámetros. Las concentraciones utilizadas fueron de 160 ppm de floculante para el caso del embalse del río Verde y Santiago, y de 180 ppm para el río Santiago y 0.5 ppm de polímero en ambos casos.

El incremento de manganeso se atribuyó al tratamiento empleado, debido al uso de concentraciones elevadas de permanganato de potasio; por lo que se sugiere un análisis de prueba de jarras para determinar el efecto de estas concentraciones en la producción de manganeso.

Las muestras analizadas por el CENICA reportan concentraciones altas de coliformes totales y fecales ya que estas fueron tomadas de un puerto de salida, antes de la cloración, por lo que se recomienda colocar un puerto de adición (dosificador) de cloro (en forma gaseosa o en solución) con la finalidad de adicionar un flujo continuo de cloro, logrando la desinfección del

agua tratada o en su caso otro método de desinfección como la ozonización, UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

En el reporte CENICA/176/2006 de CENICA que se realizó para la primera etapa se detectaron concentraciones altas de trihalometanos totales, ya que el agua de los tanques de almacenamiento contenía un exceso de cloro, una parte de este reaccionó con el amonio que contenía el agua cruda promoviendo la formación de cloraminas inorgánicas, las cuales tienen un efecto desinfectante en el agua y a la vez una menor reactividad con la materia orgánica, el cloro restante reaccionó con la materia orgánica formando los trihalometanos, cabe mencionar que con el agua de los tanques se realizaba el retrolavado de los filtros (carbón y arenas), por lo que se disminuyó la cantidad de cloro el agua de estos, antes de efectuar el retrolavado de los filtros.

En la primera etapa de arranque y mantenimiento se observó la presencia de color como se muestra en el reporte CENICA/176/2006; esto se debió a la dosificación de sulfato de aluminio y la saturación del tanque de carbón activado, con el análisis de prueba de jarras se determinó la dosis de sulfato de aluminio requerida.

Por último, el nitrógeno amoniacal siempre fue superior a los límites establecidos por la norma 127, posiblemente se atribuyó a las múltiples reacciones ocurridas con el permanganato de potasio y la materia orgánica presente, la cual puede tener un alto contenido de nitrógeno en forma de proteína lo que ocasiona la presencia de nitrógeno amoniacal.

Por lo que puede concluirse que

La operación y arranque de la planta piloto de CEAS fue llevado a cabo en el periodo 21 agosto al 12 de diciembre durante 12 horas en promedio bajo las condiciones antes mencionadas de manera detallada y con los resultados también mencionados.

Se llevaron a cabo los análisis de parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad, turbidez, color, sólidos disueltos totales; parámetros químicos como alcalinidad, sulfatos, cloruros, dureza, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, cianuros; y parámetros biológicos como coliformes totales y fecales. Además se determinó la cantidad de metales pesados en las muestras de agua tratada como zinc, cadmio, cobre y plomo. Todo esto fue llevado a cabo en función de las adecuaciones de la planta y el laboratorio

## SUGERENCIAS GENERALES

Esto con la finalidad de poder cumplir con la norma NOM-127.

- ◆ Realizar prueba de jarras para encontrar la concentración adecuada de permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) para el tratamiento de potabilización.
- ◆ Realizar un buen sistema de desinfección, lo que implica su construcción, (cloración, UV,  $\text{H}_2\text{O}_2$  u ozonización).
- ◆ Construcción de un puerto para el control de pH con la adición de cloruro de sodio ( $\text{NaOH}$ ) o silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$ ).
- ◆ Llevar a cabo un análisis de los lodos que se obtiene de la planta, realizar el tratamiento y definir que tipo o clase lodo según norma, deseando que este puede ser apta para la agricultura o en su defecto a confinamiento.
- ◆ En cuanto al nitrógeno amoniacal se recomienda realizar un proceso de nitrificación previo al sistema de tratamiento fisicoquímico.
- ◆ Se estima que llevando a cabo estas modificaciones se podrá cumplir con la norma antes mencionada en los rubros citados.

# ANEXO DE PRIMERA ETAPA A1 Análisis Físicos



Unidad 3, Valpoles

Tabla 1. Resultados del los análisis físicos del agua del embalse de los ríos Verde y Santiago.

Identificación de Muestra		Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto				Muestra de agua a la salida de la Planta Piloto			
Fecha	Hora Toma de Muestra	pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS (mg/L)	pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS (mg/L)
11/09/2006		8.03	686	55.8	334	7.09	681	1.19	332
18/09/2006	16:00	8.16	583	83.7	283	7.15	598	2.84	290
19/09/2006	13:47	8.19	613	55.2	298	7.29	622	1.2	302
19/09/2006	15:20	8.15	590	73	286	7.31	615	1.69	298
19/09/2006	20:00	7.8	590	65.3	287	7.14	690	5.17	335
20/09/2006	12:45	8.35	401	46.9	193.6	7.34	654	3.93	318
20/09/2006	18:20	7.98	591	71.7	287	7.27	624	4.54	303
21/09/2006	18:40	6.91	644	118	313	7.66	627	7.34	304
22/09/2006	11:00	8.21	558	63.3	270	7.66	583	31.2	282
22/09/2006	14:30	8.23	307	65	630	7.23	964	1.91	472
29/09/2006	14:00	7.85	812	38.8	396	7.23	796	0.66	388
23/09/2006	13:50	8.12	787	21.6	384	6.65	821	0.34	400
23/09/2006	17:45	8.26	655	76.5	319	6.65	762	0.41	372
24/09/2006	17:30	8.23	551	87.4	268	6.74	631	0.09	306
25/09/2006	10:00	8.04	800	26.9	391	6.56	752	0.29	366
25/09/2006	11:00	8.09	382	59.6	183.9	7.17	395	0.63	395
25/09/2006	12:15	7.89	435	60	209	6.79	576	0.8	279
25/09/2006	14:20	8.14	801	44	391	6.74	582	0.15	283
25/09/2006	15:45	7.99	423	100.1	204	6.57	627	0.21	305
25/09/2006	17:30	8.02	775	44.2	379	6.23	643	0.15	313
<b>Limite máximo permisible</b>		<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>	<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>

(NOM.-127-SSA1-1994

Modificada 22 de Nov de 2002



Tabla 2. Resultados del los análisis físicos del agua del embalse de los ríos Verde y Santiago.

Fecha	Hora Toma de Muestra	Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto				Muestra de agua a la salida de la Planta Piloto			
		pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS (mg/L)	pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS (mg/L)
27/09/2006	11:00	8.03	470	66.6	227	6.45	679	0.21	329
27/09/2006	12:30	8.02	437	57.2	211	6.34	681	0	331
27/09/2006	14:00	8.07	492	69.5	237	6.31	653	0.08	317
27/09/2006	15:06	7.94	502	66.6	242	6.17	632	2.3	307
27/09/2006	16:00	7.97	513	72.6	248	6.2	562	0.27	272
27/09/2006	17:00	7.92	513	60.6	248	6.29	557	0.86	269
27/09/2006	18:00	7.74	1067	135	523	6.27	559	0.26	271
28/09/2006	10:30	8.2	533	53.2	258	6.71	611	0.44	296
28/09/2006	12:00	8.2	604	42.8	292	6.67	625	0.4	303
28/09/2006	14:00	8.06	610	54.6	296	6.83	627	0.07	304
28/09/2006	16:00	7.88	612	50.3	297	7.43	628	0.23	305
28/09/2006	17:00	8.15	827	32.8	404	7.47	643	0.28	313
28/09/2006	18:00	8.15	812	34.5	396	7.73	720	0.36	351
02/10/2006	12:00	7.99	449	67	217	6.66	862	0.73	422
02/10/2006	14:00	8.04	516	84.8	250	6.54	671	0.38	322
02/10/2006	18:00	7.87	564	70.4	273	6.26	630	0.25	306
02/10/2006	19:00	7.93	570	68.5	277	6.28	644	0.18	314
03/10/2006	11:50	7.66	385	125	184.3	6.5	615	0.8	290
<b>Límite máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada 22 de Nov de 2002</b>		<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>	<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>



Tabla 3. Resultados del los análisis físicos del agua del embalse de los ríos Verde y Santiago.

Fecha	Hora Toma de Muestra	Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto				Muestra de agua a la salida de la Planta Piloto			
		pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS (mg/L)	pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS (mg/L)
04/10/2006	11:00	7.74	760	133	371	6.33	540	1.08	263
04/10/2006	13:00	7.99	576	138	276	6.4	606	0.56	292
04/10/2006	15:00	7.97	585	119	286	6.38	638	1.03	310
04/10/2006	17:00	8.01	573	115	279	6.27	653	0.51	316
04/10/2006	19:00	8.09	582	112	281	6.38	661	0.57	322
05/10/2006	11:30	7.9	611	48.6	295	6.38	642	0.5	313
05/10/2006	13:30	7.98	617	47.3	301	6.35	724	0.55	353
05/10/2006	16:00	7.86	632	31.8	303	6.64	736	0.51	359
05/10/2006	19:00	7.75	628	52.4	309	6.29	715	0.37	348
06/10/2006	12:00	7.87	424	80.4	204	6.23	683	0.45	338
07/10/2006	11:00	8.14	444	60.7	214	6.28	628	0.09	305
07/10/2006	14:00	8.07	489	69.6	236	6.27	608	0.05	295
07/10/2006	15:00	7.17	511	77.2	248	6.23	582	0.26	282
07/10/2006	17:00	7.08	666	71.5	257	6.18	585	0.1	284
09/10/2006	10:00	7.74	490	48.3	237	6.26	640	0.09	310
09/10/2006	12:00	8.12	502	43.8	244	6.16	567	0.12	274
09/10/2006	14:00	7.95	538	51.9	261	6.22	555	0.33	268
09/10/2006	16:00	7.88	553	48.8	268	6.19	580	0	281
09/10/2006	18:00	7.96	556	53.3	269	6.19	616	0.03	299
<b>Límite máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada 22 de Nov de 2002)</b>		<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>	<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>

# Anexo A2

# Prueba de

# Jarras



*Prueba de Jarras*

**Tabla 1. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$  y polímero.**

**Polímero Magnafloc 919**      **Hora de toma de muestra**      **01:00 p.m.**  
**Concentración 0.5 ppm**      **Fecha de toma de muestra**      **07/09/2006**  
**Fecha de análisis**      **07/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Nitratos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	48.1	-	-
2	40	69.1	4.4	188.6
3	60	83.2	4.4	167.9
4	80	92.3	4.4	170.2
5	100	103.9	6.6	151.8
6	120	111.1	4.4	151.8
7	140	121.4	2.2	138
8	160	123.4	2.2	163.3
9	180	128.4	2.2	131.1
10	200	133.9	2.2	121.9
11	220	143.1	2.2	89.7
12	240	158.8	2.2	98.9
13	260	171.1	2.2	87.4

**Tabla 2. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$ .**

**Hora de toma de muestra**      **01:00 p.m.**  
**Fecha de toma de muestra**      **07/09/2006**  
**Fecha de análisis**      **07/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	48.1	-	-	-
2	40	70.0	4.4	0.462	-
3	60	78.4	0	0.495	-
4	80	84.9	4.4	0.396	-
5	100	98.6	4.4	0.396	-
6	120	102.0	4.4	0.462	-
7	140	120.7	8.8	0.495	-
8	160	126.6	8.8	0.462	144.9
9	180	137.0	8.8	0.429	151.8
10	200	146.1	8.8	0.495	112.7
11	220	147.3	8.8	0.495	112.7
12	240	150.4	8.8	0.462	96.6
13	260	157.8	4.4	0.462	87.4

**Tabla 3. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$  y polímero.**

**Polímero Magnafloc 919**      **Hora de toma de muestra**      **06:00 a.m.**  
**Concentración 0.5ppm**      **Fecha de toma de muestra**      **08/09/2006**  
    **Fecha de análisis**      **08/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	39.4	167.9
2	40	75.7	143.75
3	60	79.0	132.25
4	80	84.4	125.35
5	100	91.8	110.4
6	120	102.2	140.3
7	140	100.3	98.9
8	160	112.9	92
9	180	116.7	81.65
10	200	139.4	71.3
11	220	148.7	64.4
12	240	154.1	54.05
13	260	165.8	46

**Tabla 4. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$ .**

**Hora de toma de muestra**      **06:00 a.m.**  
**Fecha de toma de muestra**      **08/09/2006**  
**Fecha de análisis**      **08/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Nitratos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	39.4	-	167.9
2	40	60.4	4.4	158.7
3	60	72.3	8.8	154.1
4	80	82.5	8.8	138
5	100	94.6	8.8	124.2
6	120	106.3	11	135.7
7	140	115.1	11	108.1
8	160	122.4	8.8	131.1
9	180	126.9	8.8	124.2
10	200	132.0	8.8	112.7
11	220	138.6	8.8	55.2
12	240	143.9	8.8	64.4
13	260	150.4	8.8	73.6

Tabla 5. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$  y polímero.

**Polímero Magnafloc 919**      **Hora de toma de muestra**      **06:30 a.m.**  
**Concentración 0.5ppm**      **Fecha de toma de muestra**      **09/09/2006**  
    **Fecha de análisis**                      **09/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	-	-
2	40	118.0	258.8
3	60	119.0	249.6
4	80	122.0	241.5
5	100	128.7	233.5
6	120	131.3	225.4
7	140	135.9	213.9
8	160	139.8	209.3
9	180	135.9	200.1
10	200	142.3	193.2
11	220	146.1	180.6
12	240	153.6	172.5
13	260	163.2	165.6

Tabla 6. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$ .

**Hora de toma de muestra**                      **06:30 p.m.**  
**Fecha de toma de muestra**                      **09/09/2006**  
**Fecha de análisis**                                      **09/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	-	-
2	40	93.1	216.2
3	60	109.2	216.2
4	80	113.2	207
5	100	116.1	195.5
6	120	121.0	184
7	140	126.6	179.4
8	160	129.1	202.4
9	180	140.6	193.2
10	200	141.9	186.3
11	220	143.9	177.1
12	240	146.9	158.7
13	260	147.8	167.9

Tabla 7. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$  y polímero.

**Polímero Magnafloc 919**      **Hora de toma de muestra**      **12:00 p.m.**  
**Concentración 0.5ppm**      **Fecha de toma de muestra**      **12/09/2006**  
    **Fecha de análisis**      **12/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	25.1	138
2	40	58.2	116.15
3	60	64.5	108.1
4	80	72.5	101.2
5	100	81.6	92
6	120	90.5	83.95
7	140	100.3	71.3
8	160	105.1	62.1
9	180	115.4	50.6
10	200	122.7	44.85
11	220	131.3	39.1
12	240	135.5	29.9
13	260	138.2	25.3

Tabla 8. Prueba con  $(Al_2(SO_4)_3)$ .

**Hora de toma de muestra**      **12:00 a.m.**  
**Fecha de toma de muestr:**      **12/09/2006**  
**Fecha de análisis**      **12/09/2006**

Número Muestra	$[Al_2(SO_4)_3]$ mg/L	Sulfatos mg/L	Nitratos mg/L	Alcalinidad mg/L
1	0	25.1	4.4	138
2	40	48.0	8.8	131.1
3	60	55.3	8.8	124.2
4	80	64.5	8.8	112.7
5	100	73.3	8.8	96.6
6	120	80.4	13.2	89.7
7	140	88.0	13.2	85.1
8	160	94.1	13.2	73.6
9	180	106.8	13.2	64.4
10	200	122.0	13.2	59.8
11	220	125.5	13.2	50.6
12	240	128.4	11	41.4
13	260	130.2	11	32.2



# Anexo B

# Análisis

# Químicos



Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	Cloruros totales mg/L	Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>
Muestra de agua a la entrada de la Planta	05/10/2006	13:00	56.06	138	54.09	90
Muestra de agua a la salida de la Planta	05/10/2006	13:00	148.28	130	45.66	200
Muestra de agua a la entrada de la Planta	05/10/2006	16:00	56.78	154	53.10	160
Muestra de agua a la salida de la Planta	05/10/2006	16:00	54.36	130	54.02	140
Muestra de agua a la entrada de la Planta	05/10/2006	19:00	161.35	146	54.59	70
Muestra de agua a la salida de la Planta	05/10/2006	19:00	64.29	142	54.09	206
Muestra de agua a la entrada de la Planta	09/10/2006	10:00	29.19	-	26.80	147
Muestra de agua a la salida de la Planta	09/10/2006	10:00	137.39	-	36.73	72
Muestra de agua a la entrada de la Planta	09/10/2006	12:00	36.45	-	31.76	160
Muestra de agua a la salida de la Planta	09/10/2006	12:00	136.66	-	29.78	64
Muestra de agua a la entrada de la Planta	09/10/2006	14:00	38.39	-	35.24	178
Muestra de agua a la salida de la Planta	09/10/2006	14:00	128.19	-	30.77	76
Muestra de agua a la entrada de la Planta	09/10/2006	16:00	39.84	-	30.27	178
Muestra de agua a la salida de la Planta	09/10/2006	16:00	132.79	-	31.27	74
Muestra de agua a la entrada de la Planta	09/10/2006	18:00	44.92	-	34.74	178
Muestra de agua a la salida de la Planta	09/10/2006	18:00	161.11	-	32.76	76
Muestra de agua a la entrada de la Planta	09/10/2006	20:00	48.31	-	-	-
Muestra de agua a la salida de la Planta	09/10/2006	20:00	157.96	-	-	-
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994)</b>			<b>400</b>	<b>500</b>	<b>250</b>	

Modificada el 22 Noviembre de 2002)

# Anexo C

# NORMAS



### **Métodos utilizados para el análisis de la calidad del agua**

NMX-AA-036-SCFI-2001. Determinación de la acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas Método de prueba.

NMX-AA-075-SCFI 2001. Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba.

NMX-AA-073-SCFI-2001. Determinación de Cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba.

NMX-AA-074-1981. Determinación del ión sulfato.

La determinación de Nitritos, Nitratos, se realizó mediante un Kit de la marca Hach.

Los análisis de pH, Sólidos Disueltos Totales y conductividad se realizaron mediante un potenciómetro.

El análisis de turbidez fue mediante un turbidímetro.

**ETAPA DOS**

**ANEXO**

**“E”**

**Análisis**

**Físicos**







# **ANEXO F**

## **Análisis**

## **Químicos**

**Tabla 1. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto en la conexión de los Ríos Verde y Santiago**

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	Cloruros Totales mg/L	Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>
Muestra de agua a la entrada de la Planta	18/10/2006	18:00	92.61	182	35.73	152
Muestra de agua a la salida de la Planta	18/10/2006	18:00	50.01	112	41.69	186
Muestra de agua a la entrada de la Planta	20/10/2006	10:30	86.56	108	31.27	152
Muestra de agua a la salida de la Planta	20/10/2006	10:30	105.44	182	37.22	142
Muestra de agua a la entrada de la Planta	20/10/2006	14:30	76.15	170	39.21	98
Muestra de agua a la entrada de la Planta	22/10/2006	12:00	34.03	116	28.79	130
Muestra de agua a la salida de la Planta	22/10/2006	12:00	107.86	135	37.22	106
Muestra de agua a la entrada a la Planta	22/10/2006	16:00	24.83	136	29.28	156
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	22/10/2006	16:00	79.29	134	33.25	80
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	22/10/2006	16:00	72.52	120	30.77	66
Muestra de agua a la entrada a la Planta	23/10/2006	12:00	32.58	114	37.72	192
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	23/10/2006	12:00	55.09	132	32.76	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	23/10/2006	12:00	58.48	114	34.24	98
Muestra de agua a la entrada a la Planta	23/10/2006	16:00	49.76	114	33.75	162
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	23/10/2006	16:00	126.49	126	35.24	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	23/10/2006	16:00	71.55	126	34.74	92
Muestra de agua a la entrada a la Planta	24/10/2006	12:00	48.80	106	39.21	158
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	12:00	132.30	112	45.16	78
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	12:00	86.31	130	41.69	83
Muestra de agua a la entrada a la Planta	24/10/2006	16:00	52.67	108	38.22	164
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	16:00	155.78	124	20.84	82
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	16:00	151.91	132	36.73	70
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>400</b>	<b>500</b>	<b>250</b>	

Continuación de la Tabla 1

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Nitrógeno Amomiacal mg/L	Cianuros mg/L	Color
Muestra de agua a la entrada de la Planta	18/10/2006	18:00	0.759	4.4	>3.6	-	-
Muestra de agua a la salida de la Planta	18/10/2006	18:00	0.495	2.2	>3.6	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta	20/10/2006	10:30	-	-	>3.6	0.023	-
Muestra de agua a la salida de la Planta	20/10/2006	10:30	1.023	4.4	>3.6	0.006	13
Muestra de agua a la entrada de la Planta	20/10/2006	14:30	0.726	4.4	>3.6	0.005	7
Muestra de agua a la entrada de la Planta	22/10/2006	12:00	-	-	>3.6	-	62
Muestra de agua a la salida de la Planta	22/10/2006	12:00	0.627	4.4	>3.6	0.006	2
Muestra de agua a la entrada a la Planta	22/10/2006	16:00	-	-	>3.6	-	-
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	22/10/2006	16:00	0.627	4.4	>3.6	0.004	5
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	22/10/2006	16:00	0.627	4.4	>3.6	0.003	0
Muestra de agua a la entrada a la Planta	23/10/2006	12:00	0.858	-	>3.6	0.017	22
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	23/10/2006	12:00	0.891	-	>3.6	-	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	23/10/2006	12:00	0.759	-	>3.6	0.003	3
Muestra de agua a la entrada a la Planta	23/10/2006	16:00	-	-	>3.6	-	122
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	23/10/2006	16:00	-	-	>3.6	-	24
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	23/10/2006	16:00	-	-	>3.6	-	3
Muestra de agua a la entrada a la Planta	24/10/2006	12:00	1.118	-	-	0.021	-
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	12:00	-	-	-	-	21
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	12:00	1.155	-	-	0.003	5
Muestra de agua a la entrada a la Planta	24/10/2006	16:00	-	-	-	-	-
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	16:00	-	-	-	-	17
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	16:00	-	-	-	-	4
Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994)			1	10	0.5	0.07	20

Modificada el 22 Noviembre de 2002)



**Tabla 2. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto en la conexión de los Ríos Verde y Santiago**

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	Cloruros totales mg/L	Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>
Muestra de agua a la entrada a la Planta	24/10/2006	19:00	46.13	110	42.19	174
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	19:00	78.08	130	42.19	69
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	19:00	129.64	152	39.21	71
Muestra de agua a la entrada a la Planta	25/10/2006	14:00	29.19	110	34.24	164
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	25/10/2006	14:00	-	-	-	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	25/10/2006	14:00	119.96	110	39.70	80
Muestra de agua a la entrada a la Planta	25/10/2006	17:00	103.01	170	72.46	307
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	25/10/2006	17:00	124.07	110	33.75	56
Muestra de agua a la entrada a la Planta	25/10/2006	18:00	60.17	128	48.64	202
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	25/10/2006	18:00	111.00	-	-	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	25/10/2006	18:00	104.22	114	29.28	62
Muestra de agua a la entrada a la Planta	26/10/2006	13:00	34.27	94	28.79	146
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	26/10/2006	13:00	103.26	-	-	-
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	26/10/2006	13:00	111.73	112	36.73	90
Muestra de agua a la entrada a la Planta	27/10/2006	13:00	34.03	95	29.28	124
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	27/10/2006	13:00	101.56	111	28.79	59
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	27/10/2006	13:00	109.79	106	28.79	65
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>400</b>	<b>500</b>	<b>250</b>	

**Continuación de la Tabla 2**

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Nitrógeno Amoniacal mg/L	Cianuros mg/L	Color
Muestra de agua a la entrada a la Planta	24/10/2006	19:00	1.089	-	>3.6	0.011	-
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	19:00	1.089	-	>3.6	0.007	14
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	24/10/2006	19:00	0.957	-	>3.6	0.004	0
Muestra de agua a la entrada a la Planta	25/10/2006	14:00	0.874	-	>3.6	0.006	-
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	25/10/2006	14:00	0.858	-	>3.6	-	10
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	25/10/2006	14:00	0.825	-	>3.6	0.002	0
Muestra de agua a la entrada a la Planta	25/10/2006	17:00	0	-	>3.6	0.017	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	25/10/2006	17:00	0.594	-	>3.6	0.001	2
Muestra de agua a la entrada a la Planta	25/10/2006	18:00	1.485	-	>3.6	0.006	-
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	25/10/2006	18:00	-	-	>3.6	-	17
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	25/10/2006	18:00	0.627	-	>3.6	0.003	5
Muestra de agua a la entrada a la Planta	26/10/2006	13:00	0.66	-	>3.6	0.01	-
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	26/10/2006	13:00	-	-	>3.6	-	28
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón A	26/10/2006	13:00	0.66	-	>3.6	0.003	7
Muestra de agua a la entrada a la Planta	27/10/2006	13:00	0.66	-	2.6	0.011	68
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	27/10/2006	13:00	0.66	-	>3.6	0.004	7
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	27/10/2006	13:00	0.528	4.4	>3.6	0.002	0
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>1</b>	<b>10</b>	<b>0.5</b>	<b>0.07</b>	<b>20</b>

**Tabla 3. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto en la conexión de los Ríos Verde y Santiago**

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos mg/L $SO_4$	Dureza mg/L $CaCO_3$	Cloruros totales mg/L	Alcalinidad mg/L $CaCO_3$
Muestra de agua a la entrada a la Planta	30/10/2006	12:00	45.17	112	30.77	172
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	30/10/2006	12:00	-	-	-	-
Muestra de agua a la entrada a la Planta	30/10/2006	12:00	84.86	124	34.24	98
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	31/10/2006	16:30	52.06	115	-	173
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	31/10/2006	16:30	120.32	127	-	103
Muestra de agua a la entrada a la Planta	01/11/2006	13:00	53.03	113.5	-	186
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	01/11/2006	13:00	-	-	-	-
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	01/11/2006	13:00	104.10	117	-	113.2
Muestra de agua a la entrada a la Planta	01/11/2006	17:00	74.09	-	49.13	220
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	01/11/2006	17:00	-	-	-	-
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	01/11/2006	17:00	105.19	118	34.49	138
Muestra de agua a la entrada a la Planta	02/11/2006	11:00	44.68	0	30.77	163
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	11:00	-	-	-	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	11:00	100.59	-	42.93	161
Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)			400	500	250	

Continuación de la Tabla 3

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	Nitrógeno Amomiacal mg/L	Color Pt-Co	Cianuros mg/L
Muestra de agua a la entrada a la Planta	30/10/2006	12:00	-	0.462	10.92	-	0.013
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	30/10/2006	12:00	-	-	-	6	-
Muestra de agua a la entrada a la Planta	30/10/2006	12:00	-	0.33	11.7	1	0.003
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	31/10/2006	16:30	4.4	0.594	9	67	0.011
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón A	31/10/2006	16:30	-	0.396	9.6	0	0.004
Muestra de agua a la entrada a la Planta	01/11/2006	13:00	13.2	0.33	8.4	-	0.012
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón A	01/11/2006	13:00	-	-	-	8	-
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón A	01/11/2006	13:00	11	0.561	8.4	0	0.002
Muestra de agua a la entrada a la Planta	01/11/2006	17:00	13.2	1.65	6.6	-	0.006
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	01/11/2006	17:00	-	-	-	20	-
Muestra de agua a la salida del Tanque de Carbón Activado	01/11/2006	17:00	8.8	0.495	9	8	0.001
Muestra de agua a la entrada a la Planta	02/11/2006	11:00	6.6	0.40	7.2	-	0.011
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	11:00	-	-	-	46	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	11:00	8.8	0.92	9	29	0.003
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>10</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>20</b>	<b>0.07</b>

**Tabla 4. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto en la conexión de los Ríos Verde y Santiago**

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos $\text{mg/L SO}_4^{2-}$	Dureza $\text{mg/L CaCO}_3$	Cloruros totales $\text{mg/L}$	Alcalinidad $\text{mg/L CaCO}_3$
Muestra de agua a la entrada a la Planta	02/11/2006	14:45	57.51	—	36.73	183
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	14:45	—	—	—	—
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	14:45	86.31	—	35.98	133
Muestra de agua a la entrada a la Planta	02/11/2006	17:00	70.22	—	49.63	216
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	17:00	—	—	—	—
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	17:00	122.98	—	35.49	128
Muestra de agua a la entrada a la Planta	04/11/2006	13:00	64.41	—	39.70	185
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	04/11/2006	13:00	111.61	—	36.73	116
Muestra de agua a la entrada a la Planta	07/11/2006	12:30	59.93	127	40.20	191
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	07/11/2006	12:30	122.02	121	37.22	134
Muestra de agua a la entrada a la Planta	07/11/2006	16:30	73.61	120	42.43	203
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	07/11/2006	16:30	132.06	126	40.20	126
Muestra de agua a la entrada a la Planta	08/11/2006	12:00	52.06	126	38.46	210
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	08/11/2006	12:00	130.49	123	41.19	147
Muestra de agua a la entrada a la Planta	08/11/2006	16:00	71.19	140	41.94	177
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	08/11/2006	16:00	131.94	129	41.69	136
Muestra de agua a la entrada a la Planta	09/11/2006	12:00	64.65	130	—	205
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	09/11/2006	12:00	96.48	129	39.95	160
Muestra de agua a la entrada a la Planta	09/11/2006	16:00	77.72	144	—	206
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	09/11/2006	16:00	102.89	144	36.97	154
Muestra de agua a la entrada a la Planta	09/11/2006	19:00	74.45	130	—	217
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	09/11/2006	19:00	100.59	143	—	155
Muestra de agua a la entrada a la Planta	10/11/2006	12:00	72.15	141	—	203
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	10/11/2006	12:00	98.54	144	—	152
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>400</b>	<b>500</b>	<b>250</b>	

poliacrilamida aniónica, a una concentración de 0.5 ppm, las cuales se compararon con pruebas realizadas sin polímero para determinar su eficiencia. El floculante que se utilizó es el Sulfato de Aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) marca REASOL de 25kg de peso, grado técnico a una concentración de 160ppm, ya que este según bibliografía es el más eficaz y Permanganato de Potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) a una concentración de 1.67 ppm, el cual se emplea por ser un agente fuertemente oxidante, que reacciona rápidamente con impurezas tales como  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{CN}^-$ , fenoles, y otros productos que producen en el agua sabor y olor; destruye y previene el crecimiento de una variedad amplia de algas y microorganismos; es fácil de alimentar, por lo tanto es fácilmente adaptable a las plantas convencionales; al reducirse pasa de dióxido de manganeso hidratado, el cual presenta ciertas propiedades adsorptivas que a menudo son benéficas para la coagulación y sedimentación de aguas de baja turbidez además de que no proporciona sabor y olor al agua tratada.

### Resultados y discusiones parciales (etapa 1)

Realizando una comparación con los resultados obtenidos en el laboratorio ubicado en Arcediano y con el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) observamos que ambas tienen una similitud en los parámetros analizados y coinciden que algunos parámetros están fuera de norma como son la turbidez en el agua cruda con valores de hasta 140 NTU, que los sólidos disueltos aumentan después del tratamiento, al igual que los sulfatos; el CENICA también registró valores fuera de los límites permisibles en el agua cruda en aluminio (Al), hierro (Fe), nitrógeno amoniacal, color y coliformes totales y fecales y después del tratamiento los parámetros que no cumplen con lo establecido en la norma son nitrógeno amoniacal, color, Manganeso (Mn), Trihalometanos y coliformes totales y fecales, estos parámetros no fueron determinados en el laboratorio de Arcediano.

La concentración alta que presenta el agua tratada con respecto al manganeso que reporta CENICA se puede deber a la adición de concentraciones altas de  $\text{KMnO}_4$ . Mientras que los coliformes totales y fecales rebasan los límites máximos permisibles de la norma debido a que el agua que se tomó para los análisis provenía del puerto de salida del tanque filtro, por lo que el agua no contiene cloro; en el caso de los trihalometanos se debe a que el agua contenida en los tanques de almacenamientos era clorada y con esta agua se realizaban los retrolavados de la planta, como el agua no tiene un flujo continuo se acumulan residuos de cloro. El color y el nitrógeno amoniacal son altos debido a la gran concentración de materia orgánica.

Se sugiere para mejorar el tratamiento del agua, colocar un puerto en el cual se puede agregar Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ ) ó Silicato de Sodio

Continuación de la Tabla 4

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	Nitrógeno Amomiacal mg/L	Color Pt-Co	Cianuros mg/L
Muestra de agua a la entrada a la Planta	02/11/2006	14:45	6.6	0.63	9	-	0.009
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	14:45	-	-	-	20	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	14:45	8.8	0.59	9	12	0.005
Muestra de agua a la entrada a la Planta	02/11/2006	17:00	4.4	-	10.8	-	0.01
Muestra de agua a la entrada del Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	17:00	-	-	-	17	-
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	02/11/2006	17:00	8.8	0.43	9.6	11	0.004
Muestra de agua a la entrada a la Planta	04/11/2006	13:00	4.4	0.33	9.6	-	0.015
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	04/11/2006	13:00	4.4	0.33	10.2	0	0.004
Muestra de agua a la entrada a la Planta	07/11/2006	12:30	8.8	0.36	10.8	-	0.011
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	07/11/2006	12:30	4.4	0.33	8.4	6	0.002
Muestra de agua a la entrada a la Planta	07/11/2006	16:30	4.4	0.33	10.2	-	0.016
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	07/11/2006	16:30	6.6	0.40	9	13	0.002
Muestra de agua a la entrada a la Planta	08/11/2006	12:00	8.8	0.31	10.2	-	0.009
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	08/11/2006	12:00	4.4	0.23	9.6	20	0.003
Muestra de agua a la entrada a la Planta	08/11/2006	16:00	4.4	0.26	9	-	0.019
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	08/11/2006	16:00	4.4	0.33	9	16	0.002
Muestra de agua a la entrada a la Planta	09/11/2006	12:00	8.8	0.33	10.2	-	0.01
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	09/11/2006	12:00	4.4	0.26	9.6	21	0.003
Muestra de agua a la entrada a la Planta	09/11/2006	16:00	8.8	0.17	7.8	-	0.014
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	09/11/2006	16:00	6.6	0.33	10.8	19	0.002
Muestra de agua a la entrada a la Planta	09/11/2006	19:00	8.8	0.66	11.4	-	0.012
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	09/11/2006	19:00	4.4	0.43	10.8	23	0.004
Muestra de agua a la entrada a la Planta	10/11/2006	12:00	8.8	0.50	12	-	0.008
Muestra de agua a la salida de Tanque de Carbón Activado	10/11/2006	12:00	4.4	0.30	10.8	18	0.002
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>10</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>20</b>	<b>0.07</b>

# **ANEXO G**

## **Análisis de**

## **Metales**

## **Pesados**



En la siguiente tabla se muestran los datos analizados de metales pesados mediante el equipo de Metrohm

<b>Tabla 1 Datos del Análisis de metales pesados a la salida del tratamiento de agua</b>					
<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Zn ppm</b>	<b>Cd ppm</b>	<b>Pb ppm</b>	<b>Cu ppm</b>
09/10/2006	14:00	0.340969	0	0.009	0
08/11/2006	12:00	0.934635	0	0	0
09/11/2006	16:00	1.849098	0	0	0
<b>Limite máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada 22 de Nov de 2002</b>		<b>5</b>	<b>0.005</b>	<b>0.01</b>	<b>2</b>

# ANEXO H

# NORMAS

### **Métodos utilizados para el análisis de la calidad del agua**

NMX-AA-036-SCFI-2001. Determinación de la acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas Método de prueba.

NMX-AA-075-SCFI 2001. Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas Método de prueba.

NMX-AA-073-SCFI-2001. Determinación de Cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas Método de prueba.

NMX-AA-074-1981. Determinación del ión sulfato.

NMX-AA-112-SSA1-1995. Determinación de coliformes fecales por el método de número más probable

La determinación de Nitritos, Nitratos y Nitrógeno Amoniacal, se realizó mediante un Kit de la marca Hach.

La determinación de cianuros y color se realizó con un colorímetro de la marca Hach.

Los análisis de pH, Sólidos Disueltos Totales y conductividad se realizaron mediante un potenciómetro.

El análisis de turbidez fue mediante un turbidímetro.

El análisis de metales pesados se llevó a cabo mediante el equipo de la marca Metrohm

**ETAPA TRES**  
**ANEXO**  
**“J”**  
**PRUBA DE**  
**JARRAS**



### RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBA DE JARRAS.

Tabla 1A. Prueba de jarras previa al arranque de la planta utilizando agua cruda del río Santiago.

# prueba	[Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> (ppm)	Cond.(µs/cm)	pH	TDS (ppm)	NTU
1	40	799	7.73	389.5	5.4
2	60	805.5	7.82	393	4.72
3	80	808	7.66	394.5	3.37
4	100	814	7.62	397	2.42
5	120	818.5	7.53	399.5	1.97
6	140	822.5	7.59	402	1.5
7	160	817.5	7.39	399.5	5
8	180	813.5	7.34	397	5.2
Agua Cruda		794.5	7.89	388	13.1

Tabla 2A. Prueba de jarras realizada el 30 de Noviembre de 2006 utilizando agua cruda del río Santiago.

# prueba	[Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> (ppm)	Cond.(µs/cm)	pH	TDS (ppm)	NTU	Color Pt/Co
1	120	1201.5	7.4	592.5	6.97	82
2	140	1203	7.3	593	4.58	72
3	160	1209.5	7.27	597	3.48	68
4	180	1210.5	7.21	597.5	0.77	57
5	200	1212.5	7.13	598	0.37	49
Agua Cruda		1162	7.36	572.5	15.55	

# **ANEXO K**

## **ANALISIS**

### **FISICOQUÍMICO**



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.

Tabla 1 Análisis físicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto. Puente Miraflores del sitio Juanacatlan.

FECHA	HORA	pH	AGUA CRUDA			AGUA TRATADA			
			Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS ( $\text{mg}/\text{L}$ )	pH	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Turbidez NTU	TDS ( $\text{mg}/\text{L}$ )
17/11/2006	14:00	7.78	679	50.4	330	9.63	1481	0.88	735
18/11/2006	12:20	7.73	724	90.8	353	8.73	895	0.22	438
18/11/2006	14:20	7.73	724	90.8	353	8.29	876	0.07	429
19/11/2006	12:00	7.74	783	58.1	382	7.97	880	0.1	430
19/11/2006	14:30	7.74	783	58.1	382	7.34	867	0.17	424
21/11/2006	15:00	7.39	931	37.4	456	7.12	950	0.017	465
21/11/2006	17:00	7.39	931	37.4	456	6.94	985	0	483
22/11/2006	12:00	7.66	1373	31.4	680	7.33	1230	0.16	608
22/11/2006	14:00	7.66	1373	31.4	680	7.34	1414	0.85	701
25/11/2006	12:00	7.82	1713	23.3	856	6.95	1723	0.48	857
25/11/2006	13:00	7.82	1713	23.3	856	6.85	1748	0.24	874
25/11/2006	14:00	7.82	1713	23.3	856	6.99	1756	0.25	877
26/11/2006	11:30	7.35	1657	18.5	826	6.74	1694	0.08	845
27/11/2006	13:20	7.35	1657	18.5	826	6.83	1677	0.16	836
28/11/2006	12:00	7.45	1357	19.9	671	6.85	1456	0.17	722
28/11/2006	14:00	7.45	1357	19.9	671	6.77	1418	0.19	703
30/11/2006	14:45	7.41	1125	20	554	6.97	1202	0.08	593
02/12/2006	10:30	7.39	981	13.2	488	6.66	1149	0.31	566
02/12/2006	12:00	7.39	981	13.2	488	6.59	1114	0.07	549
03/12/2006	08:30	7.45	998	13.2	489	7.12	1123	0.46	552
03/12/2006	10:30	7.45	998	13.2	489	7.13	1369	0.79	678
04/12/2006	11:00	7.36	867	13.3	423	6.8	1105	0.4	544
04/12/2006	17:00	7.36	867	13.3	423	6.82	975	0.09	478
06/12/2006	11:00	7.47	845	3.7	415	6.54	961	0.05	442
07/12/2006	09:00	7.59	872	13.5	426	6.48	902	0	442
07/12/2006	11:00	7.59	872	13.5	426	6.55	910	0	446
08/12/2006	11:40	7.67	961	3.3	471	6.48	938	0.7	460
08/12/2006	13:40	7.66	961	3.3	471	6.46	963	0.25	473
08/12/2006	14:00	7.66	961	3.3	471	6.47	972	0	478
09/12/2006	09:50	7.39	977	13.9	479	6.42	1000	0.13	491
09/12/2006	11:50	7.39	977	13.9	479	6.53	1010	0.3	496
10/12/2006	08:30	7.5	974	10.5	478	6.47	979	0	480
10/12/2006	11:00	7.5	974	10.5	478	6.5	1010	0.05	496
11/12/2006	11:00	7.42	978	17.1	480	6.46	1003	0.07	492
11/12/2006	12:30	7.42	978	17.1	480	6.47	1023	0	503
<b>Límite máximo</b>	<b>NOM-127</b>	<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>	<b>6.5-8.5</b>		<b>5</b>	<b>1000</b>



Tabla 2. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto. Puente Miraflores del sitio Juancatlan.

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos mg/L $SO_4^{=}$	Dureza mg/L $CaCO_3$	Cloruros totales mg/L	Alcalinidad mg/L $CaCO_3$
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	17/11/2006	14:00	119.87	67	-	400
Muestra de agua a la entrada de la Planta Pilto	18/11/2006	10:30	35.73	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	18/11/2006	10:30	81.11	-	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Pilto	18/11/2006	12:20	43.47	97	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	18/11/2006	12:20	83.41	-	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Pilto	19/11/2006	12:00	-	123	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	19/11/2006	12:00	148.40	137	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	19/11/2006	13:30	142.83	135	-	147
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	21/11/2006	15:00	133.39	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	21/11/2006	15:00	181.20	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	21/11/2006	17:00	193.30	-	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	22/11/2006	12:00	173.81	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	22/11/2006	12:00	205.64	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	22/11/2006	14:00	231.18	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	23/11/2006	12:00	189.30	211	156.09	156
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	23/11/2006	13:00	222.59	220	164.52	151
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	23/11/2006	13:35	240.86	200	168.25	152
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	23/11/2006	14:15	195.23	176	177.68	193
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	23/11/2006	14:15	253.57	208	170.23	142
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	24/11/2006	12:00	185.55	198	174.20	147
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	24/11/2006	12:40	188.21	189	177.43	138
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	24/11/2006	14:25	210.60	185	173.71	139
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	25/11/2006	12:00	154.69	181	183.63	182
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	25/11/2006	12:00	191.12	173	179.66	157
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	25/11/2006	13:00	168.97	184	176.19	137
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	25/11/2006	14:00	165.22	186	181.40	460
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>400</b>	<b>500</b>	<b>250</b>	





Tabla 3. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto. Puente Miraflores del sitio Juancatlan.

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	Nitrógeno Amomiacal mg/L	Color Pt-Co	Cianuros mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	17/11/2006	14:00	4.4	0.297	8.4	5	0.002	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	18/11/2006	10:30	0	0.099	3.6	-	0.03	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	18/11/2006	10:30	0	0.165	7.8	4	0.003	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	18/11/2006	12:20	0	0.1155	6	-	0.025	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	18/11/2006	12:20	0	0.132	7.8	6	0.002	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	19/11/2006	12:00	-	-	3	-	0.011	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	19/11/2006	12:00	4.4	0.297	8.4	2	0.001	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	19/11/2006	13:30	4.4	0.165	7.8	5	0.002	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	21/11/2006	15:00	0	0.231	3	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	21/11/2006	15:00	0	0.132	8.4	15	0	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	21/11/2006	17:00	0	0.165	7.2	4	0.001	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	22/11/2006	12:00	0	0.231	3.6	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	22/11/2006	12:00	0	0.165	7.8	15	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	22/11/2006	14:00	0	0.231	7.2	21	0	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	23/11/2006	12:00	2.2	0.165	7.8	21	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	23/11/2006	13:00	2.2	0.165	7.8	23	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	23/11/2006	13:35	4.4	0.165	7.8	26	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	23/11/2006	14:15	0	0.198	5.4	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	23/11/2006	14:15	0	0.165	7.8	27	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	24/11/2006	12:00	0	0.099	7.8	13	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	24/11/2006	12:40	0	0.165	6	17	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	24/11/2006	14:25	0	0.165	7.2	14	-	0.5
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	25/11/2006	12:00	4.4	0.198	6	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	25/11/2006	12:00	0	0.165	7.2	35	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	25/11/2006	13:00	0	0.165	7.2	32	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	25/11/2006	14:00	0	0.165	6.6	25	-	1.5
Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)			10	1	0.5	20	0.07	1.5



Tabla 4. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto. Puente Miraflores del sitio Juanacatlan.

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos mg/L $SO_4 =$	Dureza mg/L $CaCO_3$	Cloruros totales mg/L	Alcalinidad mg/L $CaCO_3$
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	26/11/2006	11:30	135.21	162	175.44	179
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	26/11/2006	11:30	238.20	186	171.47	138
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	27/11/2006	01:20	160.98	166	174.70	176
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	27/11/2006	01:20	225.73	188	168.99	143
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	28/11/2006	12:00	214.11	208	178.17	138
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	28/11/2006	12:00	229.24	161	146.41	136
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	28/11/2006	14:00	230.33	184	169.98	146
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	30/11/2006	14:00	178.77	136	110.67	166
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	30/11/2006	14:00	234.69	156	108.69	120
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	30/11/2006	14:45	235.17	149	105.71	118
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	02/12/2006	10:30	147.31	142	90.82	167
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	10:30	233.48	163	101.74	112
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	10:30	240.50	169	107.70	114
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	12:00	236.38	149	92.56	97
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	12:00	234.45	158	96.28	103
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	03/12/2006	08:30	178.17	168	95.79	168
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	03/12/2006	08:30	195.11	243	100.25	243
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	03/12/2006	10:30	146.46	157	94.05	157
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	03/12/2006	10:30	189.06	200	106.21	200
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>400</b>	<b>500</b>	<b>250</b>	



Tabla 5. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto. Puente Miraflores del sitio Juancacatlan.

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	Nitrógeno Amoniacal mg/L	Color Pt-Co	Cianuros mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	26/11/2006	11:30	4.4	0.231	6	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	26/11/2006	11:30	0	0.165	4.8	26	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	27/11/2006	01:20	0	-	6	-	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	27/11/2006	01:20	4.4	0.132	7.2	28	-	1
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	28/11/2006	12:00	0	0.132	3.6	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	28/11/2006	12:00	4.4	0.297	6	38	-	0
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	28/11/2006	14:00	4.4	0.099	3	27	-	1
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	30/11/2006	14:00	6.6	0.726	2.4	-	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	30/11/2006	14:00	4.4	0.165	3	-	-	0.3
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	30/11/2006	14:45	4.4	0.165	3	17	-	0.3
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	02/12/2006	10:30	6.6	1.32	3	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	10:30	2.2	0.231	3.6	14	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	10:30	0	0.165	3	21	-	0.3
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	12:00	2.2	0.396	3	15	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	02/12/2006	12:00	2.2	0.264	3	7	-	< 0.3
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	03/12/2006	08:30	0	0.528	3	13.5	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	03/12/2006	08:30	4.4	0.33	3	12	-	< 0.3
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	03/12/2006	10:30	8.8	1.386	2.4	-	-	-
Muestra de agua Clorada a la Salida de la Planta Piloto	03/12/2006	10:30	4.4	0.33	3	18	-	1
Limite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)			10	1	0.5	20	0.07	1.5



Tabla 6. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto. Puente Miraflores del sitio Juancatlan.

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Sulfatos mg/L $\text{SO}_4^-$	Dureza mg/L $\text{CaCO}_3$	Cloruros totales mg/L	Alcalinidad mg/L $\text{CaCO}_3$
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	04/12/2006	11:00	111.49	124	75.44	163
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	04/12/2006	11:00	182.24	138	81.39	110
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	04/12/2006	17:00	193.14	136	77.42	106
Muestra de agua a la entrada de la Planta Pilto	06/12/2006	11:00	105.80	130	75.69	178
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	06/12/2006	11:00	155.42	137	76.93	111
Muestra de agua a la entrada de la Planta Pilto	07/12/2006	09:00	71.91	143	79.16	168
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	07/12/2006	09:00	93.94	141	72.21	93
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	07/12/2006	11:00	108.34	133	77.42	102
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	08/12/2006	11:20	133.39	144	88.09	172
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	08/12/2006	11:20	219.44	139	77.17	104
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	08/12/2006	14:00	173.45	139	78.66	97
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	09/12/2006	09:50	101.20	166	83.13	174
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	09/12/2006	09:50	340.34	165	83.63	100
Muestra de agua a la Salida de la Planta Pilto	09/12/2006	11:50	232.51	161	88.59	96
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	10/12/2006	08:30	134.84	159	95.04	175
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	10/12/2006	08:30	173.45	149	91.07	105
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	10/12/2006	11:50	182.16	166	89.33	98
<b>Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)</b>			<b>400</b>	<b>500</b>	<b>250</b>	



Tabla 7. Análisis fisicoquímicos de la calidad del agua de la Planta Piloto. Puente Miraflores del sitio Juamacatlan.

Identificación de la Muestra	Fecha	Hora Toma de Muestra	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	Nitrogeno Amoniacal mg/L	Color Pt-Co	Cianuros mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L
Muestra de agua a la entrada a la Planta Piloto	04/12/2006	11:00	4.4	0.825	1.8	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	04/12/2006	11:00	2.2	0.528	3	10	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	04/12/2006	17:00	2.2	0.495	3	14	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	06/12/2006	11:00	4.4	0.858	2.4	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	06/12/2006	11:00	2.2	0.33	3	11	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	07/12/2006	09:00	4.4	0.495	1.8	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	07/12/2006	09:00	0	0.099	2.7	3	-	0.3
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	07/12/2006	11:00	0	0.231	3	9	-	<0.3
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	08/12/2006	11:20	4.4	0.99	2.4	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	08/12/2006	11:20	0	0.33	2.7	9	-	<0.3
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	08/12/2006	14:00	0	0.495	3	10	-	<0.3
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	09/12/2006	09:50	6.6	0.726	2.4	-	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	09/12/2006	09:50	4.4	0.363	3	9	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	09/12/2006	11:50	4.4	0.429	3	12	-	-
Muestra de agua a la entrada de la Planta Piloto	10/12/2006	08:30	6.6	0.792	2.4	131	-	-
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	10/12/2006	08:30	4.4	0.363	3	14	-	<0.3
Muestra de agua a la Salida de la Planta Piloto	10/12/2006	11:50	4.4	0.495	1.2	19	-	<0.3
Límite Máximo permisible (NOM-127-SSA1-1994 Modificada el 22 Noviembre de 2002)			10	1	0.5	20	0.07	1.5

ANEXO  
ETAPA UNO  
D  
INFORME Y  
RESULTADOS  
DE CENICA

## **INFORME DEL MUESTREO Y ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA REALIZADO EN LA PLANTA PILOTO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL PROYECTO ARCEDIANO EN EL ESTADO DE JALISCO.**

### **1.0 Objetivo.**

Tomar y analizar muestras de agua, antes de la entrada y en la salida de la planta piloto de potabilización, para conocer analíticamente las condiciones del agua y la eficiencia de la planta.

### **2.0 Antecedentes.**

Uno de los problemas que ha existido en el estado de Jalisco y principalmente en la ciudad de Guadalajara y su Zona Conurbada es el suministro de agua potable.

La presencia de aproximadamente 30 a 40 días de lluvia anuales que presenta esta zona, así como los periodos históricos de sequías que se han presentado; han obligado a las autoridades del estado a planear y a ver a futuro con la finalidad de prever estados críticos respecto al suministro de agua potable a la Zona Conurbada de Guadalajara.

En el año 2000 y en base a sus atribuciones, la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), lanzó una convocatoria pública, para presentar propuestas para el abastecimiento de agua en la Zona Conurbada de Guadalajara, recibiendo 53 proyectos.

Actualmente se ha enfocado la atención en el proyecto de construcción de una presa en el sitio denominado Arcediano. La elección de dicho proyecto ha despertado toda clase de comentarios a favor y en contra del mismo.

Durante el periodo comprendido de 2004 hasta a mediados de 2005 se colocó una planta piloto de potabilización de agua con la finalidad de establecer los trenes de tratamiento adecuados y la evaluación de la viabilidad de potabilización del agua de los Rios Verde y el Santiago.

Actualmente se colocó otra planta piloto de potabilización para establecer los trenes de tratamiento más adecuados, hacer una evaluación económica para los diferentes tipos de tratamientos para definir los de menor costo y mejor calidad; y para obtener más información de las variaciones en la calidad del agua cruda y la calidad del agua a la salida de la planta piloto.

El proyecto actual incluye la toma de muestras y el análisis del agua cruda antes de la entrada a la planta piloto y a la salida de ésta en un periodo de nueve meses. Se realizará mensualmente 2 determinaciones de NOM-127-SSA1, 4 determinaciones de toxicidad, 2 análisis de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles en las muestras.

### 3.0 Datos del muestreo.

Fecha de realización del muestreo: 21 de septiembre de 2006.

Lugar del muestreo: Planta piloto de potabilización de agua de los ríos Verde y Santiago en el sitio denominado Arcediano en el Municipio de Tonalá, Estado de Jalisco.

Participantes en el muestreo:

Personal de la Universidad Autónoma Metropolitana: -I.Q. Ezri Abraham Sandoval.

Personal de CENICA: -Q.F.B. Alberto Téllez Girón Bravo.

### 4.0 Cantidad de Muestras tomadas:

Número de muestras tomadas: -Se tomaron dos muestras de agua, una antes de la entrada a la Planta piloto de potabilización de agua y otra a la salida de ésta.

Número de análisis a determinar: -Se realizarán las determinaciones establecidas en la Modificación de la NOM-127-SSA1-1994, toxicidad con Daphnia magna, Panagrellus redivivus, Amaranthus hipochondriacus, Lactuca sativa y determinación de compuestos orgánicos.

#### Identificación de las muestras:

Identificación de la muestra	Ubicación	Observaciones
ENTRADA a la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos.
SALIDA de la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	Agua clara, transparente, sin sólidos.

### 5.0 Toma de muestras.

#### Toma de muestra de agua.

La toma de muestra se llevo a cabo utilizando los contenedores respectivos que ya contienen los conservadores, según la determinación a realizar.

Se tomó directamente de dos llaves que se encuentran en la planta piloto. La toma de muestra consistió en la limpieza de la llave con solución de hipoclorito de sodio, después se abre la llave y se deja correr el agua de 2 a 3 minutos, finalmente se llenan los contenedores, previa identificación de ellos

Se realizaron registros de ubicación del sitio por coordenadas geográficas, hora de la toma, temperatura y pH de la muestra.



## Equipos.

Termómetro verificado de vidrio con escala de -10 a 110°C

Geoposicionador marca Garmin, modelo etrex

Cámara fotográfica marca Sony, modelo DSC-P92

## Material.

Contenedores.- Se utilizaron frascos de polietileno de boca ancha de 1 L, frascos de 1 L de vidrio transparente y boca ancha, viales de vidrio de 40 ml con septas, frascos ámbar de 4 litros de boca angosta, contenedores de plástico de boca angosta de 1 litro, 500 y 100 ml

Papel indicador pH

Guantes de nitrilo

Hielera de plástico

Papel absorbente

## 6.0 Identificación de las muestras y datos de campo obtenidos:

Identificación	Ubicación	Fecha y hora de muestreo	Temperatura ambiental °C	Cloro residual mg/L	pH de la muestra	Temperatura de la muestra (°C)
ENTRADA a la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	21-09-2006 12:20	29	< 0,4	8,0	26
SALIDA de la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	21-09-2006 13:05	29	< 0,4	7,0	25

## 7.0 Manejo de las muestras.

Las muestras se tomaron y se identificaron; posteriormente se colocaron dentro de una hielera plástica que contiene hielo para mantenerlas a 4°C. Las muestras se mantuvieron a la temperatura mencionada hasta su ingreso al laboratorio para su análisis.

## **8.0 Análisis de muestras.**

Las muestras se ingresaron al laboratorio para su análisis acompañadas de la cadena de custodia correspondiente.

Cada área del laboratorio recibió los contenedores respectivos acompañados de su Orden de Trabajo.

Se anexan los resultados de laboratorio.

## **9.0 Anexos.**

9.1 Fotografías ilustrativas del sitio y del muestreo.

FOLIO: CENICA/176/2006

PAG: 1 DE 134

Fecha de emisión 09/11/06

### INFORME DE RESULTADOS

**Solicitante:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

**Atención:** Dr. Leonardo Traversoni

**Domicilio:** Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col Vicentina Del Iztapalapa 09340 México, D. F.

**Identificación de la(s) muestra(s):** Muestras de agua procedentes de la planta piloto para tratamiento de agua ubicada en Río Verde y Santiago identificadas como se indica en la tabla de resultados y que corresponden a las claves de laboratorio de la 3975/06 y 3976/06 de las órden de trabajo No. 0254.

**Fecha de recepción:** 21 de septiembre de 2006.

**Periodo de análisis:** 16 al 24 de octubre 2006

**Preparación de muestras:**

**Métodos de análisis utilizados:**

DUTKA B. 1989.SHORT – TERM ROOT ELONGATION TOXICITY BIOASSAY. METHOD FOR TOXICOLOGICAL ANALYSIS OF WATERS, WASTEWATERS AND SEDIMENTS. NATIONAL WATERS RESEARCH INSTITUTE (NWRI). ENVIROMENT CANADA,  
M. R. SAMOILOFF, S. SCHULZ ET AL (1980)A RAPID SIMPLE LONG- TERM TOXICITY ASSAY FOR ACUATIC CONTAMINANTS USING THE NEMATODE *Panagrellus redivivus*. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 37:1167-1174.

NMX-AA-087-1995-SCFI-ANALISIS DE AGUA-EVALUACION DE TOXICIDAD AGUDA CON *Daphnia magna Straus* (Crustacea-cladocera)-METODO DE PRUEBA.

NOM-117-SSA1-1994/EPA6010B-1996, NMX-AA-058-SCFI-2001/EPA335.3-1978, NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-072-SCFI-2001, EPA-9066-1986, EPA-9214-1996, EPA 8260B-1996, NMX-AA-079-SCFI-2001/EPA-353.2-1983, NMX-AA-099-1987/EPA353.2-1983, NMX-AA-026-SCFI-2001/EPA-350.1-1978, NMX-008-SCFI-2000, EPA 8081A-1996, EPA-8151A-1996, NMX-AA-34-SCFI-2001, NMX-AA-074-1981/EPA-9036-1986, NOM-201-SSA1-2002, SM-20th-4500-I

**Procesamiento de muestra:**

El procesamiento de muestra fue de acuerdo a los métodos señalados

**Análisis de muestras:** Espectrometría de absorción y emisión atómica

**Procedimientos de muestreo:** El muestreo fue realizado por personal de CENICA la planta piloto. Se anexa Informe de muestreo.

**Equipo utilizado:** Balanza analítica, centrifuga, incubadora, microscopio, Espectrómetro de emisión atómica inductivamente acoplado/detector de masas, cromatografo de gase acoplado a espectrómetro de masas

**Observaciones:**

ND = No detectado.

Estos resultados amparan únicamente las muestras probadas, sin que éstas sean representativas de un universo o lote. El presente informe de prueba no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la aprobación por escrito del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.

F/PTA-22-01-03

Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col Vicentina Delegación Iztapalapa C.P. 09340 UAM-I Edif. Ciencia y Tecnología Ambiental "W" 2º. Piso

FOLIO: CENICA/176/2006  
PAG: 2 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L										
	Yodo Residual	Cianuro	Cloro residual	Cloruros totales	Coliformes fecales NMP/100 ml	Coliformes totales (NMP/100 ml)	Color (U Pt/Co)	Dureza Total (mg/L CaCO3)	Fenoles		
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia, sin sólidos (2 contenedores)	ND	0,0031	< 0,4	32,5	> 8 ▲	> 8 ▲	80 ▲	124	ND		
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	ND	ND	< 0,4	34	> 8 ▲	> 8 ▲	30 ▲	134	ND		
Limite de detección	0,03	0,0011	NA	9,0	1,1	1,1	2,5	23	0,0011		
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA-1994	0,2-0,5	0,07	0,2-1,5	250,0	Ausente	Ausente	20,0	500,0	0,3		

Realizó

Revisó

Autorizó

F/P/A-22-01-03

Q.F.B. Alberto Téllez Giron B.

Q.B.P. Ma. Teresa Oruña A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Fluoruros totales	Indice de intensidad de olor	Nitrogeno amoniacal	Nitrogeno de nitratos	Nitrogeno de nitritos	pH	SAAM	Solidos disueltos totales	Sulfatos	
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia, sin sólidos (2 contenedores)	0,971	5	4,379 ▲	2,392	0,262	7,34	0,266	328	33,11	
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	0,791	ND	3,949 ▲	1,929	0,248	7,06	0,272	346	55,88	
Limite de detección	0,011	NA	0,002	0,002	9x10 <sup>-4</sup>	NA	0,009	100	4,17	
Límite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA-1994	1,50	agradable	0,50	10,00	1,00	6,5-8,5	0,5	1000	400,00	

F/PTA-22-01-03

Realizó

Revisó

Autorizó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

**RESULTADOS ANALISIS DE AGUA**

FOLIO: CENICA/176/2006  
 PAG: 4 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Turbidez (UTN)	Aluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cobre	Cromo	Hierro	Manganeso	
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia , sin sólidos (2 contenedores)	380 ▲	0,37 ▲	0,01	0,076	ND	ND	ND	0,43 ▲	0,135	
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	2,6	0,18	ND	0,0123	ND	0,006	ND	0,06	0,308 ▲	
Limite de detección	0,05	0,018	0,004	0,0001	0,0003	0,002	0,0009	0,0004	0,0006	
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA-1994	5,0	0,20	0,025	0,70	0,005	2,00	0,05	0,3	0,15	

Realizó

Revisó

Autorizó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/PTA-22-01-03

RESULTADOS ANALISIS DE AGUA

FOLIO: CENICA/176/2006  
PAG: 5 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Mercurio	Plomo	Sodio	Zinc	Trihalo metanos totales	Benceno µg/L	Etilben ceno µg/L	Tolueno µg/L	Xilenos µg/L	Aldrin
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia, sin sólidos (2 contenedores)	ND	ND	54,76	0,025	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	ND	ND	55,80	0,032	3,02 ▲	ND	ND	ND	ND	ND
Limite de detección	0,0002	0,003	0,12	0,0029	0,024	0,12	0,14	0,12	0,22	9x 10 <sup>-6</sup>
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA-1994	0,001	0,01	200,00	5,0	0,2	10,00	300,00	700,00	500,00	0,03

Realizó

Revisó

Autorizó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/PTA-22-01-03

FOLIO: CENICA/176/2006  
PAG: 6 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Dieldrin	Clordano	DDT	Gamma-BHC	Hexacloro benceno	Heptacloro	Heptacloro epoxido	Metoxicloro	2,4 D	
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia, sin sólidos (2 contenedores)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Limite de detección	$9 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$9 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA-1994	0,03	0,20	1,00	2,0	1,0	0,03	0,03	20,00	30,00	

Realizó

Revisó

Autorizó

F/PTA-22-01-03

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.



FOLIO: CENICA/176/2006  
PAG: 7 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L								
	Cloruro de Vinilo	1,1-Dicloroetano	Disulfuro de Carbono	Cloruro de Metileno	Acrlonitrilo	Metiletil cetona	Cloroformo	1,1,1-Tricloro etano	
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia, sin sólidos (2 contenedores)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.006	ND	
Limite de detección									
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Realizó

Q.F.B. Ana María Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/P/T A-22-01-03

FOLIO: CENICA/176/2006  
PAG: 8 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L							
	Tetracloruro de carbono	Benceno	1,2-dicloroetano	tricloroetano	Tolueno	1,1,2-tricloroetano	Tetracloroetano	Clorobenceno
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia, sin sólidos (2 contenedores)	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Limite de detección								
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Q.F.B. Ana María Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/P/A-22-01-03

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L							
	1,1,1,2 tetracloro etano	1,1,1,2 tetracloro etano	1,4-Dicloro benceno	1,2- Dicloro benceno				
3975/06 Agua Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia, sin sólidos (2 contenedores)	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM				
3976/06 Agua Después de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM				
Limite de detección								
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA-1994	NA	NA	NA	NA				

Realizó

Q.F. B. Ana Maria Maldonado Contreras

Revisó

Q.F. B. Alberto Téllez Girón B.

N/PTA-22-01-03  
 Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño

## **Interpretación de resultados**

Los datos obtenidos en el estudio aplicado a las muestras provenientes de la planta piloto de tratamiento de agua el "ARCEDIANO" reflejan las siguientes particularidades.

La calidad del agua reporta concentraciones fuera de los límites máximos permisibles, en los parámetros de coliformes totales y fecales, color, turbiedad, aluminio, fierro y nitrógeno amoniacal.

Después del tratamiento se reducen los valores de algunos de los parámetros hasta quedar por debajo de los límites máximos, tal es el caso de la turbiedad, aluminio y fierro. Para los restantes analitos aunque también se presenta una disminución, las concentraciones continúan sobrepasando los límites.

Para el resto de los compuestos analizados de forma general se observa una disminución de las concentraciones después del tratamiento.

Sin embargo para el caso de manganeso, trihalometanos y sulfatos cuyas concentraciones antes de la planta cumplen con las especificaciones, posterior a ésta rebasan lo establecido por la NOM-127, esto puede explicarse como resultado de reacciones entre las sustancias utilizadas en el proceso de tratamiento, por ejemplo la reacción del cloro utilizado para la desinfección de agua, con la materia orgánica presente dando como subproducto cloroformo.

Los resultados presentados suponen que el proceso de tratamiento de agua no esta demostrando los efectos deseados de mejoramiento de la calidad de ésta.

## **Resultados de Pruebas de Toxicidad**

### Preparación de muestras

#### Agua

Las muestras de agua probadas no llevan ningún tratamiento, se analizaron en forma directa y en concentraciones de 100, 50, 25, 12 y 6 %. Se mantuvieron en refrigeración a 5°C hasta su análisis.

### Pruebas de toxicidad

#### **Prueba con *Daphnia magna straus***

Esta prueba se utiliza para evaluar toxicidad aguda en cuerpos de agua dulce, así como aguas residuales, industriales, efluentes agrícolas, municipales y sustancias puras, combinadas o lixiviados. Se realizó siguiendo los lineamientos de la norma NMX-AA-087-1995-SCFI.

La prueba básicamente consistió en la exposición de los organismos a diferentes concentraciones de la muestra, y el efecto a determinar fue la mortalidad de los organismos a las 24 y 48 horas.

Con los resultados obtenidos se determinó la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>), que es la concentración en la cual son afectados el 50% de los organismos.

**Resultados Toxicidad Aguda con *Daphnia magna***

Identificación muestra: 3975/06 Agua como Antes de la planta de tratamiento, ligeramente café, poco turbia, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. .

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	8	9	9	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de Toxicidad
No hay CL50	-----

Identificación muestra: 3976/06 Agua, Después de la planta de tratamiento transparente, clara, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L.

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	0	1	1	0	2
50	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	8	9	9	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de toxicidad
No hay CL50	-----

**Prueba con *Lactuca sativa* y *Amaranthus hypochondriacus*.**

Se utilizan semillas de lechuga y amaranto. Este tipo de prueba permite evaluar el efecto tóxico de compuestos solubles en agua, ya que la presencia de compuestos tóxicos en bajas concentraciones que no son suficientes para inhibir la germinación, pueden retardar o inhibir el crecimiento radicular.

Las semillas fueron colocadas en cajas de petri (20 semillas por muestra) con papel filtro y la muestra sin ninguna dilución (100%). Al cabo de 5 días de incubación, se midieron las radículas y se compararon con las del control para establecer si hay inhibición del crecimiento radicular. Se utilizó el método "Short-Term Root Elongation Toxicity Bioassay Propuesto por Dutka (1989) del National Water Research Institute.

**Resultados de Toxicidad Aguda con Semillas**

***Lactuca sativa***

Identificación de la muestra	Promedio de Elongación radicular de <i>Lactuca</i> (cm)	Desviación Estándar	Porcentaje de germinación de <i>Lactuca</i> (%)
Control	4,0	0,68	82,5
3975/06 Agua <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia , sin sólidos (2 contenedores)	5,0	0,57	85,0
3976/06 Agua <b>Después</b> de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	3,7	0,78	77,5

***Amaranthus hypochondriacus***

Identificación de la muestra	Promedio de Elongación radicular de <i>Lactuca</i> (cm)	Desviación Estándar	Porcentaje de germinación de <i>Lactuca</i> (%)
Control	2,8	0,59	70,0
3975/06 Agua <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia , sin sólidos (2 contenedores)	1,9	0,84	77,5
3976/06 Agua <b>Después</b> de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	2,1	0,63	70,0

**Prueba con *Panagrellus redivivus***

Esta prueba se lleva a cabo utilizando, un nemátodo extraído de sedimento con el que se evalúa el impacto de los contaminantes en muestras acuosas. La prueba proporciona tanto efectos letales (mortalidad) como efectos subletales (maduración y crecimiento). No evalúa mutagenicidad directamente pero puede ser utilizada para establecer la posibilidad de la utilización de alguna prueba de tipo mutagénico.

Consistió en monitorear una población de 100 organismos en una dilución de muestra 1:10 durante 96 horas. Después de ese tiempo se determinó mortalidad, maduración y crecimiento de los organismos comparándolos con el grupo control. El método utilizado fue "A Rapid Simple Long- Term Toxicity Assay for Acuatric Contaminants Using The Nematode *Panagrellus redivivus*".

**Resultados de Toxicidad Crónica con *Panagrellus redivivus*.**

Identificación de la muestra	Dilución de la muestra	Sobrevivencia (%)	Crecimiento (%)	Maduración (%)
Control	Sin dilución	100	100	98
3975/06 Agua <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia , sin sólidos (2 contenedores)	1:10	99	97	90,8
3976/06 Agua <b>Después</b> de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	1:10	99	100	98,9

**Evaluación de efectos significativos**

Identificación de la muestra	Sobrevivencia (%)	Crecimiento (%)	Maduración (%)
Control	0	0	0
3975/06 Agua <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1.8 L. ligeramente café, poco turbia , sin sólidos (2 contenedores)	0,01	0,97	1,23
3976/06 Agua <b>Después</b> de la planta de tratamiento, clara, transparente, sin sólidos. Aproximadamente 1.8 L. (2 contenedores)	0,01	0,01	1

Un valor mayor a 5 en cualquiera de los parámetros evaluados indica un efecto significativo

**Conclusiones e Interpretación de resultados:**

Las muestras no presentaron efecto tóxico para el organismo de *Daphnia magna straus*, pues no se detectó concentración letal media en ninguna de las de muestras probadas y en las concentraciones incluidas.

Asimismo en las pruebas con semillas de Lechuga, amaranto y con nematodo *Panagrellus redivivus* no se observa efecto significativo en ninguno de los parámetros medidos

**Realizó**

**Revisó**

**Autorizó**

**Biol. Isabel Romero Terán.  
Ortuño A.**

**Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.**

**Q.B.P. Teresa**



ETAPA DOS

ANEXO

“I”

INFORME Y  
RESULTADOS  
DE CENICA



Instituto Nacional de Ecología



Centro Nacional de Investigación y  
Capacitación Ambiental

## **INFORME DEL MUESTREO Y ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA REALIZADO EN LA PLANTA PILOTO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL PROYECTO ARCEDIANO EN EL ESTADO DE JALISCO.**

### **2.0 Objetivo.**

Tomar y analizar muestras de agua, antes de la entrada y en la salida de la planta piloto de potabilización, para conocer analíticamente las condiciones del agua y la eficiencia de la planta.

### **2.0 Antecedentes.**

Uno de los problemas que ha existido en el estado de Jalisco y principalmente en la ciudad de Guadalajara y su Zona Conurbada es el suministro de agua potable.

La presencia de aproximadamente 30 a 40 días de lluvia anuales que presenta esta zona, así como los periodos históricos de sequías que se han presentado; han obligado a las autoridades del estado a planear y a ver a futuro con la finalidad de prever estados críticos respecto al suministro de agua potable a la Zona Conurbada de Guadalajara.

En el año 2000 y en base a sus atribuciones, la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), lanzó una convocatoria pública, para presentar propuestas para el abastecimiento de agua en la Zona Conurbada de Guadalajara, recibiendo 53 proyectos.

Actualmente se ha enfocado la atención en el proyecto de construcción de una presa en el sitio denominado Arcediano. La elección de dicho proyecto ha despertado toda clase de comentarios a favor y en contra del mismo.

Durante el periodo comprendido de 2004 hasta a mediados de 2005 se colocó una planta piloto de potabilización de agua con la finalidad de establecer los trenes de tratamiento adecuados y la evaluación de la viabilidad de potabilización del agua de los Rios Verde y el Santiago.

Actualmente se colocó otra planta piloto de potabilización para establecer los trenes de tratamiento más adecuados, hacer una evaluación económica para los diferentes tipos de tratamientos para definir los de menor costo y mejor calidad; y para obtener más información de las variaciones en la calidad del agua cruda y la calidad del agua a la salida de la planta piloto.

El proyecto actual incluye la toma de muestras y el análisis del agua cruda antes de la entrada a la planta piloto y a la salida de ésta en un periodo de nueve meses. Se realizará mensualmente 2 determinaciones de la Modificación de la NOM-127-SSA1-1994, 4 determinaciones de toxicidad, 2 análisis de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles en las muestras.

### **3.0 Datos del muestreo.**



Instituto Nacional de Ecología



Centro Nacional de Investigación y  
Capacitación Ambiental

Fecha de realización del muestreo: 31 de octubre de 2006.

Lugar del muestreo: Planta piloto de potabilización de agua de los ríos Verde y Santiago en el sitio denominado Arcediano en el Municipio de Tonalá, Estado de Jalisco.

Participantes en el muestreo:

Personal de la Universidad Autónoma Metropolitana: -I.Q. Ezri Abraham Sandoval.

Personal de CENICA: -Q.F.B. Alberto Téllez Girón Bravo.

#### 4.0 Cantidad de Muestras tomadas:

Número de muestras tomadas: -Se tomaron dos muestras de agua, una antes de la entrada a la Planta piloto de potabilización de agua y otra a la salida de ésta.

Número de análisis a determinar: -Se realizarán las determinaciones establecidas en la Modificación de la NOM-127-SSA1-1994, toxicidad con Daphnia magna, Panagrellus redivivus, Amaranthus hipochondriacus, Lactuca sativa y determinación de compuestos orgánicos.

#### Identificación de las muestras:

Identificación de la muestra	Ubicación	Observaciones
ENTRADA a la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos.
SALIDA de la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	Agua clara, transparente, sin sólidos.

#### 5.0 Toma de muestras.

##### Toma de muestra de agua.

La toma de muestra se llevo a cabo utilizando los contenedores respectivos que ya contienen los conservadores, según la determinación a realizar.

Se tomó directamente de dos llaves que se encuentran en la planta piloto. La toma de muestra consistió en la limpieza de la llave con solución de hipoclorito de sodio, después se abre la llave y se deja correr el agua de 2 a 3 minutos, finalmente se llenan los contenedores, previa identificación de ellos

Se realizaron registros de ubicación del sitio por coordenadas geográficas, hora de la toma, temperatura y pH de la muestra.

### Equipos.

Termómetro verificado de vidrio con escala de -10 a 110°C

Geoposicionador marca Garmin, modelo etrex

Cámara fotográfica marca Sony, modelo DSC-P92

### Material.

Contenedores.- Se utilizaron frascos de polietileno de boca ancha de 1 L, frascos de 1 L de vidrio transparente y boca ancha, viales de vidrio de 40 ml con septas, frascos ámbar de 4 litros de boca angosta, contenedores de plástico de boca angosta de 1 litro, 500 y 100 ml

Papel indicador pH

Guantes de nitrilo

Hielera de plástico

Papel absorbente

### 6.0 Identificación de las muestras y datos de campo obtenidos:

Identificación	Ubicación	Fecha y hora de muestreo	Temperatura ambiental °C	Cloro residual mg/L	pH de la muestra	Temperatura de la muestra (°C)
ENTRADA a la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	31-10-2006 16:00	26	< 0,4	8,0	24
SALIDA de la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	31-10-2006 16:15	26	< 0,4	7,0	24

### 7.0 Manejo de las muestras.

Las muestras se tomaron y se identificaron; posteriormente se colocaron dentro de una hielera plástica que contiene hielo para mantenerlas a 4°C. Las muestras se mantuvieron a la temperatura mencionada hasta su ingreso al laboratorio para su análisis.

## **8.0 Análisis de muestras.**

Las muestras se ingresaron al laboratorio para su análisis acompañadas de la cadena de custodia correspondiente.

Cada área del laboratorio recibió los contenedores respectivos acompañados de su Orden de Trabajo.

Se anexan los resultados de laboratorio.

## **9.0 Anexos.**

9.1 Fotografías ilustrativas del sitio y del muestreo.

### INFORME DE RESULTADOS

**Solicitante:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

**Atención:** Dr. Leonardo Traversoni

**Domicilio:** Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col Vicentina Del Iztapalapa 09340 México, D. F.

**Identificación de la(s) muestra(s):** Muestras de agua procedentes de la planta piloto para tratamiento de agua ubicada en Río Verde y Santiago identificadas como se indica en la tabla de resultados y que corresponden a las claves de laboratorio de la 4478/06 y 4479/06, 4701/06 y 4702/06 de los órdenes de trabajo No. 0280 y 0297.

**Fecha de recepción:** 01 y 24 de noviembre de 2006.

**Periodo de análisis:** 01 y 24 de noviembre al 14 de diciembre de 2006.

**Preparación de muestras:** 01 y 24 de noviembre al 14 de diciembre de 2006.

**Métodos de análisis utilizados:**

DUTKA B. 1989.SHORT – TERM ROOT ELONGATION TOXICITY BIOASSAY. METHOD FOR TOXICOLOGICAL ANALYSIS OF WATERS, WASTEWATERS AND SEDIMENTS. NATIONAL WATERS RESEARCH INSTITUTE (NWRI). ENVIROMENT CANADA, M. R. SAMOILOFF, S. SCHULZ ET AL (1980)A RAPID SIMPLE LONG- TERM TOXICITY ASSAY FOR ACUATIC CONTAMINANTS USING THE NEMATODE *Panagrellus redivivus*. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 37:1167-1174.

NMX-AA-087-1995-SCFI-ANALISIS DE AGUA-EVALUACION DE TOXICIDAD AGUDA CON *Daphnia magna* Straus (Crustacea-cladocera)-METODO DE PRUEBA.

NOM-117-SSA1-1994/EPA6010B-1996, NMX-AA-058-SCFI-2001/EPA335.3-1978, NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-072-SCFI-2001, EPA-9066-1986, EPA-9214-1996, EPA 8260B-1996, NMX-AA-079-SCFI-2001/EPA-353.2-1983, NMX-AA-099-1987/EPA353.2-1983, NMX-AA-026-SCFI-2001/EPA-350.1-1978, NMX-008-SCFI-2000, EPA 8081A-1996, EPA-8151A-1996, NMX-AA-34-SCFI-2001, NMX-AA-074-1981/EPA-9036-1986, NOM-201-SSA1-2002, SM-20th-4500-I

**Procesamiento de muestra:**

El procesamiento de muestra fue de acuerdo a los métodos señalados

**Análisis de muestras:** Espectrometría de absorción y emisión atómica, Cromatografía de gases acoplado a Detector de Masas.

**Procedimientos de muestreo:** El muestreo fue realizado por personal de CENICA la planta piloto. Se anexa Informe de muestreo.

**Equipo utilizado:** Balanza analítica, centrífuga, incubadora, microscopio, Espectrómetro de emisión atómica inductivamente acoplado/detector de masas, cromatógrafo de gase acoplado a espectrómetro de masas

**Observaciones:**

< LDM = Menor al Limite de Detección

NA = No Aplica.

▲ : Rebasa el Limite Máximo Permisible especificado en la NOM

Estos resultados amparan únicamente las muestras probadas, sin que éstas sean representativas de un universo o lote.

El presente informe de prueba no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la aprobación por escrito del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.

F/PTA-22-01-

03

Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col Vicentina Delegación Iztapalapa C.P. 09340 UAM-  
I Edif. Ciencia y Tecnología Ambiental "W" 2º. Piso

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Yodo Residual	Cianuro	Cloro residual	Cloruros totales	Coliformes fecales NMP/100 ml	Coliformes totales (NMP/100 ml)	Color (U Pt/Co)	Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Fenoles	
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	0,004	NA	34,2	>8 ▲	>8 ▲	100 ▲	115	0,0126	
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	NA	30,8	>8 ▲	>8 ▲	10	116	0,014	
Limite de detección	0,03	0,0011	NA	9,0	1,1	1,1	2,5	23	0,0011	
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	0,2-0,5	0,07	0,2-1,5	250,0	Ausente	Ausente	20,0	500,0	0,3	

F/T/A-22-01-03

Realizó

Revisó

Autorizó

NA

Q.F.B. Alberto Tellez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Fluoruros totales	Indice de intensidad de olor	Nitrogeno amoniacal	Nitrogeno de nitratos	Nitrogeno de nitritos	pH	SAAM	Solidos disueltos totales	Sulfatos	
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	1,35	3	4,83 ▲	1,63	0,1007	8	1,265 ▲	342	35,8229	
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0,66	< LDM	4,35 ▲	0,81	0,1151	7,3	0,23	402	124,0081	
Limite de detección	0,011	NA	0,002	0,002	9x10 <sup>-4</sup>	NA	0,009	100	4,17	
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	1,50	agradable	0,50	10,00	1,00	6,5-8,5	0,5	1000	400,00	

E/PTA-22-01-03

Realizó

Revisó

Autorizó

NA

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.



RESULTADOS ANALISIS DE AGUA

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	Turbidez (UTN)	mg/L							
		Aluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cobre	Cromo	Hierro	Manganeso
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	53 ▲	0,1168	< LDM	0,0269	< LDM	0,0173	< LDM	0,1285	0,1051
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0,2	< LDM	< LDM	0,0211	< LDM	< LDM	< LDM	0,1035	0,8818 ▲
Limite de detección	0,05	0,018	0,004	0,0001	0,0003	0,002	0,0009	0,0004	0,0006
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	5,0	0,20	0,025	0,70	0,005	2,00	0,05	0,3	0,15

F/PTA-22-01-03

Realizó

NA

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

**RESULTADOS ANÁLISIS DE AGUA**

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/l									
	Mercurio	Plomo	Sodio	Zinc	Trihalo metanos totales	Benceno µg/l	Etilben ceno µg/l	Tolueno µg/l	Xilenos µg/l	Aldrin
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	68,915	0,0259	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	67,272	0,0546	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	0,0002	0,003	0,12	0,0029	0,024	0,12	0,14	0,12	0,22	9x 10 <sup>-6</sup>
Límite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	0,001	0,01	200,00	5,0	0,2	10,00	300,00	700,00	500,00	0,03

F/PTA-22-01-03

Realizó

Revisó

Autorizó

NA

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/l									
	Dieldrin	Clordano	DDT	Gamma-BHC	Hexaclorobenceno	Heptacloro	Heptacloro epoxido	Metoxicloro	2,4 D	
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	$9 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$9 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	0,03	0,20	1,00	2,0	1,0	0,03	0,03	20,00	30,00	

Realizó

NA

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

EP/TA-22-01-03

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	Clorometano	Bromometano	Cloroetano	Triclorofluorometano	2-Cloro-1-Propano	1,1-Dicloroetano	1,2-Dicloroetano	1,1-Dicloroetano
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	2,5	2,5	2,5	1,2	2,5	1,2	3	3
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Revisó

Autorizó

E/PTA-22-01-03

Ana María Maldonado Contreras

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	Tetracloro metano	1,1,Dicloro1 -Propeno	1,2 Dicloro propano	Dibromo metano	Bromodicio rometano	1,3 Dicloro-1- propeno	1,3 Dicloro propano	Dibromoclo rometano
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	2,5	2,5	1,2	1	1,2	2,1	1,2	2
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Revisó

Autorizó

I/PTA-22-01-03

Ana Maria Maldonado Contreras

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	1,2 Dibromoetano	2,3 Dicloro-1- propeno	Estireno	Bromo formo	Isopropil benceno	Bromo benceno	1,2,3 Tricloro propano	n-propil benceno
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	2,5	2,5	1	2,3	1,2	2,5	1,2	2
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Ana María Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/PTA-22-01-03

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	1-cloro-2-tolueno	1,3,5 Trimetilbenceno	1-cloro-4-tolueno	Tert-butil benceno	1,2,4, Trimetil benceno	Metiletil sec-butilbenceno	Isopropil tolueno	1,3 Dicloro benceno
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de deteccion	2,5	2,5	2,5	1,2	2,5	1,0	1	1
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Ana María Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/P/T.A-22-01-03

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	n- butilbenceno	1,2 Dibromo-3- propano	1,2,4 Tricloro benceno	Naftaleno	1,3,5 tricloro benceno	Cloroformo	Etilbenceno	Hexacloro 1,3 butadieno
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	0,75	5	2,5	2,5	2,5	1	2	2,5
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Revisó

Autorizó

Ana María Maldonado Contreras

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/PTA-22-01-03



CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	1,4-Dicloro benceno	Benceno	1,2-Dicloroetano	Tricloroetano	Tolueno	1,1,2-Tricloro etano	Tetracloro eteno	Clorobenceno
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de deteccion	1	1	1,2	2,5	1	1,2	1	1
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

F/PTA-22-01-03

Realizó

Ana María Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L				Cualitativo
	Cloruro de Metileno	1,1,1-Tricloro etano	1,1,1,2 Tetracloro etano		
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	Metil mercaptano, Disulfuro de metilo, Trisulfuro de metilo	
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	-----	
Limite de detección	1	2	2,5		
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA		

Realizó

Revisó

Autorizó

Ana Maria Maldonado Contreras

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/P/A-22-01-03

**Resultados Compuestos Organicos Semivolátiles.**

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	Unidades (mg/L)									
	piridina	Fenol	Bis(2 Cloro- etil) eter	2-metil fenol.	4-metil fenol	3-metil fenol	Nitro benceno	Hexacloro 1,3- butadieno		
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	2,86	< LDM	2,16	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de deteccion	0,45	0,023	0,018	0,021	0,009	0,01	0,017	0,047		
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-052-SEMARNAT-2005	5,0	NA	NA	200,0	200,0	200,0	2,0	0,0007		
<b>CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA</b>	<b>2,4,6- Triclorofen ol</b>	<b>2,4,5- Triclorofen ol</b>	<b>2,4- Dinitroflu eno</b>	<b>2,3,4,6- Tetracloro fenol</b>	<b>Hexacloro benceno</b>	<b>Pentacloro fenol.</b>	<b>Gama-BHC (lindano)</b>	<b>Heptacloro</b>		
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de deteccion	0,041	0,039	0,051	0,062	0,052	0,147	0,071	0,059		
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-052-SEMARNAT-2005	2,0	400,0	0,13	NA	0,13	100,0	0,4	0,008		

Realizó

Q.F.B. Daniel Gasca Hinojosa

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

F/PTA-22-01-03  
Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	Unidades (mg/L)			
	Heptaclor o epoxido	Endrin	Metoxicloro	Cualitativo
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como Antes de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	<LDM	<LDM	<LDM	Hexadecanal, ácido bencenoacético, Acido palmítico, ácido estárico, ácido oleico, octasulfuro, lanol
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	<LDM	<LDM	<LDM	No detectado
Limite de detección	0,057	0,237	0,016	
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-052-SEMARNAT-2005	0,008	0,02	10,0	

F/P/1 A-22-01-03

Realizó

Q.F.B. Daniel Gasca Hinojosa

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño

## Interpretación de resultados

Los datos obtenidos en el estudio aplicado a las muestras provenientes de la planta piloto de tratamiento de agua el "ARCEDIANO" reflejan las siguientes particularidades.

La calidad del agua reporta concentraciones fuera de los límites máximos permisibles, en los parámetros de coliformes totales y fecales, color, turbiedad, manganeso, SAAM y nitrógeno amoniacal.

Después del tratamiento se reducen los valores de la mayor parte de los parámetros hasta quedar por debajo de los límites máximos, tal es el caso de la turbiedad, SAAM y color. Para los restantes analitos aunque también se presenta una disminución, las concentraciones continúan sobrepasando los límites.

Para el resto de los compuestos analizados de forma general se observa una disminución de las concentraciones después del tratamiento.

Sin embargo para el caso de manganeso, sólidos disueltos totales y sulfatos cuyas concentraciones antes de la planta cumplen con las especificaciones, posterior a ésta incrementan su valor y en el caso de manganeso rebasa lo establecido por la NOM-127, esto puede explicarse como resultado de reacciones entre las sustancias utilizadas en el proceso de tratamiento.

Los resultados obtenidos hacen concluir que el proceso de tratamiento de agua no está demostrando los efectos deseados de mejoramiento en la calidad de ésta.

## Resultados de Pruebas de Toxicidad

### Preparación de muestras

#### Agua

Las muestras de agua probadas no llevan ningún tratamiento, se analizaron en forma directa y en concentraciones de 100, 50, 25, 12 y 6 %. Se mantuvieron en refrigeración a 5°C hasta su análisis.

### Pruebas de toxicidad

#### Prueba con *Daphnia magna straus*

Esta prueba se utiliza para evaluar toxicidad aguda en cuerpos de agua dulce, así como aguas residuales, industriales, efluentes agrícolas, municipales y sustancias puras, combinadas o lixiviados. Se realizó siguiendo los lineamientos de la norma NMX-AA-087-1995-SCFI.

La prueba básicamente consistió en la exposición de los organismos a diferentes concentraciones de la muestra, y el efecto a determinar fue la mortalidad de los organismos a las 24 y 48 horas.

Con los resultados obtenidos se determinó la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>), que es la concentración en la cual son afectados el 50% de los organismos.



Instituto Nacional de Ecología



Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental

### Resultados Toxicidad Aguda con *Daphnia magna*

4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como **Antes** de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	0	1	0	0	1
50	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	8	7	8	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de Toxicidad
No hay CL50	-----

4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como **Después** de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	0	0	0	1	1
50	0	0	0	0	0	1	1
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	8	7	8	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de toxicidad
No hay CL50	-----



Instituto Nacional de Ecología



Centro Nacional de Investigación y  
Capacitación Ambiental

4701/06 Agua color café claro, ligeramente turbia, con sólidos finos cafes  
Identificada como **Antes** de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH =  
7,59; Temp = 16°C

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	2	1	0	2	1	0	3
50	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	4	6	4	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de Toxicidad
No hay CL50	-----

4702/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como **Después** de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,01 ; Temp = 16°C

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	0	1	1	1	3
50	0	0	0	0	1	1	2
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	4	6	4	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de toxicidad
No hay CL50	-----

**Prueba con *Lactuca sativa* y *Amaranthus hypochondriacus*.**

Se utilizan semillas de lechuga y amaranto. Este tipo de prueba permite evaluar el efecto tóxico de compuestos solubles en agua, ya que la presencia de compuestos tóxicos en bajas concentraciones que no son suficientes para inhibir la germinación, pueden retardar o inhibir el crecimiento radicular.

Las semillas fueron colocadas en cajas de petri (20 semillas por muestra) con papel filtro y la muestra sin ninguna dilución (100%). Al cabo de 5 días de incubación, se midieron las radículas y se compararon con las del control para establecer si hay inhibición del crecimiento radicular. Se utilizó el método "Short-Term Root Elongation Toxicity Bioassay Propuesto por Dutka (1989) del National Water Research Institute.

**Resultados de Toxicidad Aguda con Semillas  
*Lactuca sativa***

Identificación de la muestra	Promedio de Elongación radicular de <i>Lactuca</i> (cm)	Desviación Estándar	Porcentaje de germinación de <i>Lactuca</i> (%)
Control	2,6	0,46	77,5
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,2	0,75	75,0
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,4	0,47	80
Control	1,7	0,44	65,0
4701/06 Agua color café claro, ligeramente turbia, con sólidos finos cafes Identificada como <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,59; Temp = 16°C	3,1	0,58	67,5
4702/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,01 ; Temp = 16°C	1,6	0,65	67,5

***Amaranthus hypochondriacus***

Identificación de la muestra	Promedio de Elongación radicular de <i>Lactuca</i> (cm)	Desviación Estándar	Porcentaje de germinación de <i>Lactuca</i> (%)
Control	3,7	0,69	70



4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,8	0,65	67,5
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,8	0,78	67,5
Control	2,6	0,43	60,0
4701/06 Agua color café claro, ligeramente turbia, con sólidos finos cafés Identificada como <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,59; Temp = 16°C	3,8	0,72	57,5
4702/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,01 ; Temp = 16°C	3,3	1,17	52,5

### Prueba con *Panagrellus redivivus*

Esta prueba se lleva a cabo utilizando, un nemátodo extraído de sedimento con el que se evalúa el impacto de los contaminantes en muestras acuosas. La prueba proporciona tanto efectos letales (mortalidad) como efectos subletales (maduración y crecimiento). No evalúa mutagenicidad directamente pero puede ser utilizada para establecer la posibilidad de la utilización de alguna prueba de tipo mutagénico.

Consistió en monitorear una población de 100 organismos en una dilución de muestra 1:10 durante 96 horas. Después de ese tiempo se determinó mortalidad, maduración y crecimiento de los organismos comparándolos con el grupo control. El método utilizado fue "A Rapid Simple Long-Term Toxicity Assay for Aquatic Contaminants Using The Nematode *Panagrellus redivivus*".

### Resultados de Toxicidad Crónica con *Panagrellus redivivus*.

Identificación de la muestra	Dilución de la muestra	Sobrevivencia (%)	Crecimiento (%)	Maduración (%)
Control	Sin dilución	100	100	100
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos Identificada como <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	1:10	100	100	98,9
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	1:10	100	100	101
Control	Sin dilución	100	100	95
4701/06 Agua color café claro, ligeramente turbia, con sólidos finos cafés Identificada como <b>Antes</b> de la planta de	1:10	100	100	100



Instituto Nacional de Ecología

**CENICA**

Centro Nacional de Investigación y  
Capacitación Ambiental

tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,59; Temp = 16°C				
4702/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,01 ; Temp = 16°C	1:10	99	99	96,84

### Evaluación de efectos significativos

Identificación de la muestra	Sobrevivencia a (%)	Crecimiento o (%)	Maduración n (%)
Control	0	0	0
4478/06 Agua ligeramente café, poco turbia , sin sólidos Identificada como <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0	1	0,01
4479/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0	1	0,01
4701/06 Agua color café claro, ligeramente turbia, con sólidos finos cafés Identificada como <b>Antes</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,59; Temp = 16°C	0	0	0
4702/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L. pH = 7,01 ; Temp = 16°C	0,01	0,01	0,09

Un valor mayor a 5 en cualquiera de los parámetros evaluados indica un efecto significativo



Instituto Nacional de Ecología



Centro Nacional de Investigación y  
Capacitación Ambiental

### Conclusiones e Interpretación de resultados:

Las muestras no presentaron efecto tóxico para el organismo de *Daphnia magna straus*, pues no se detectó concentración letal media en ninguna de las concentraciones de muestra utilizadas.

En las pruebas con semillas de Lechuga no se observa efecto significativo en la elongación radicular y germinación de las muestras, solamente la muestra 4701/06 que tuvo una elongación radicular mayor con respecto al control.

Para la evaluación de toxicidad con semillas de amaranto se observa efecto significativo en la elongación radicular con respecto al control.

Y por último para la prueba con Nemátodo *Panagrellus redivivus*, durante la exposición de estos organismos a dichas muestras no se detectó efecto significativo en las etapas de sobrevivencia, crecimiento y maduración.

**Realizó**

**Revisó**

**Autorizó**

**Biol. Isabel Romero Terán.  
Ortuño A.**

**Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.**

**Q.B.P. Teresa**

# ETAPA TRES

## ANEXO

### “L”

# INFORME Y RESULTADOS DE CENICA

## **INFORME DEL MUESTREO Y ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA REALIZADO EN LA PLANTA PILOTO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL PROYECTO ARCEDIANO EN EL ESTADO DE JALISCO.**

### **3.0 Objetivo.**

Tomar y analizar muestras de agua, antes de la entrada y en la salida de la planta piloto de potabilización, para conocer analíticamente las condiciones del agua y la eficiencia de la planta.

### **2.0 Antecedentes.**

Uno de los problemas que ha existido en el estado de Jalisco y principalmente en la ciudad de Guadalajara y su Zona Conurbada es el suministro de agua potable.

La presencia de aproximadamente 30 a 40 días de lluvia anuales que presenta esta zona, así como los periodos históricos de sequías que se han presentado; han obligado a las autoridades del estado a planear y a ver a futuro con la finalidad de prever estados críticos respecto al suministro de agua potable a la Zona Conurbada de Guadalajara.

En el año 2000 y en base a sus atribuciones, la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), lanzó una convocatoria pública, para presentar propuestas para el abastecimiento de agua en la Zona Conurbada de Guadalajara, recibiendo 53 proyectos.

Actualmente se ha enfocado la atención en el proyecto de construcción de una presa en el sitio denominado Arcediano. La elección de dicho proyecto ha despertado toda clase de comentarios a favor y en contra del mismo.

Durante el periodo comprendido de 2004 hasta a mediados de 2005 se colocó una planta piloto de potabilización de agua con la finalidad de establecer los trenes de tratamiento adecuados y la evaluación de la viabilidad de potabilización del agua de los Rios Verde y el Santiago.

Actualmente se colocó otra planta piloto de potabilización para establecer los trenes de tratamiento más adecuados, hacer una evaluación económica para los diferentes tipos de tratamientos para definir los de menor costo y mejor calidad; y para obtener más información de las variaciones en la calidad del agua cruda y la calidad del agua a la salida de la planta piloto.

El proyecto actual incluye la toma de muestras y el análisis del agua cruda antes de la entrada a la planta piloto y a la salida de ésta en un periodo de nueve meses. Se realizará mensualmente 2 determinaciones de la Modificación de la NOM-127-SSA1-1994, 4 determinaciones de toxicidad, 2 análisis de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles en las muestras.

### **3.0 Datos del muestreo.**



Instituto Nacional de Ecología



Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental

Fecha de realización del muestreo: 04 de diciembre de 2006.

Lugar del muestreo: Planta piloto de potabilización de agua de los ríos Verde y Santiago en el sitio denominado Arcediano en el Municipio de Tonalá, Estado de Jalisco.

El agua la trae una pipa de agua que la toma en un punto del río Santiago, antes que se junte con el río Verde. La descarga en las cisternas de la planta de tratamiento y se lleva a cabo la potabilización del agua.

Participantes en el muestreo:

Personal de CENICA:

-Q.F.B. Alberto Téllez Girón Bravo.

#### 4.0 Cantidad de Muestras tomadas:

Número de muestras tomadas: -Se tomaron dos muestras de agua, una antes de la entrada a la Planta piloto de potabilización de agua y otra a la salida de ésta.

Número de análisis a determinar: -Se realizarán las determinaciones establecidas en la Modificación de la NOM-127-SSA1-1994, toxicidad con Daphnia magna, Panagrellus redivivus, Amaranthus hypochondriacus, Lactuca sativa y determinación de compuestos orgánicos.

#### Identificación de las muestras:

Identificación de la muestra	Ubicación	Observaciones
ENTRADA a la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	Agua ligeramente café, poco turbia, sin sólidos.
SALIDA de la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	Agua clara, transparente, sin sólidos.

#### 5.0 Toma de muestras.

##### Toma de muestra de agua.

La toma de muestra se llevo a cabo utilizando los contenedores respectivos que ya contienen los conservadores, según la determinación a realizar.

Se tomó directamente de dos llaves que se encuentran en la planta piloto. La toma de muestra consistió en la limpieza de la llave con solución de hipoclorito de sodio, después se abre la llave y se deja correr el agua de 2 a 3 minutos, finalmente se llenan los contenedores, previa identificación de ellos

Se realizaron registros de ubicación del sitio por coordenadas geográficas, hora de la toma, temperatura y pH de la muestra.

### Equipos.

Termómetro verificado de vidrio con escala de -10 a 110°C

Geoposicionador marca Garmin, modelo etrex

Cámara fotográfica marca Sony, modelo DSC-P92

### Material.

Contenedores.- Se utilizaron frascos de polietileno de boca ancha de 1 L, frascos de 1 L de vidrio transparente y boca ancha, viales de vidrio de 40 ml con septas, frascos ámbar de 4 litros de boca angosta, contenedores de plástico de boca angosta de 1 litro, 500 y 100 ml

Papel indicador pH

Guantes de nitrilo

Hielera de plástico

Papel absorbente

### 6.0 Identificación de las muestras y datos de campo obtenidos:

Identificación	Ubicación	Fecha y hora de muestreo	Temperatura ambiental °C	Cloro residual mg/L	pH de la muestra	Temperatura de la muestra (°C)
ENTRADA a la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	04-12-2006 16:45	21	< 0,4	7,0	19
SALIDA de la planta piloto de potabilización	N 20° 17.107 W 102° 42.657	04-12-2006 17:05	21	< 0,4	6,0	20

### 7.0 Manejo de las muestras.

Las muestras se tomaron y se identificaron; posteriormente se colocaron dentro de una hielera plástica que contiene hielo para mantenerlas a 4°C. Las muestras se mantuvieron a la temperatura mencionada hasta su ingreso al laboratorio para su análisis.

## **8.0 Análisis de muestras.**

Las muestras se ingresaron al laboratorio para su análisis acompañadas de la cadena de custodia correspondiente.

Cada área del laboratorio recibió los contenedores respectivos acompañados de su Orden de Trabajo.

Se anexan los resultados de laboratorio.

## **9.0 Anexos.**

9.1 Fotografías ilustrativas del sitio y del muestreo.



FOLIO: CENICA/208/2006

PAG: 47 DE 134

Fecha de emisión 15/01/07

### INFORME DE RESULTADOS

**Solicitante:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

**Atención:** Dr. Leonardo Traversoni

**Domicilio:** Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col Vicentina Del Iztapalapa 09340 México, D. F.

**Identificación de la(s) muestra(s):** Muestras de agua procedentes de la planta piloto para tratamiento de agua ubicada en Río Verde y Santiago identificadas como se indica en la tabla de resultados y que corresponden a las claves de laboratorio de la 4758/06 y 4759/06, 44875/06 y 44876/06 de las órdenes de trabajo No. 0306 y 0317.

**Fecha de recepción:** 4 de diciembre de 2006.

**Periodo de análisis:** 5 al 14 de diciembre de 2006.

**Preparación de muestras:** 5 al 14 de diciembre de 2006.

**Métodos de análisis utilizados:**

DUTKA B. 1989.SHORT – TERM ROOT ELONGATION TOXICITY BIOASSAY. METHOD FOR TOXICOLOGICAL ANALYSIS OF WATERS, WASTEWATERS AND SEDIMENTS. NATIONAL WATERS RESEARCH INSTITUTE (NWRI). ENVIRONMENT CANADA,

M. R. SAMOILOFF, S. SCHULZ ET AL (1980)A RAPID SIMPLE LONG- TERM TOXICITY ASSAY FOR ACUATIC CONTAMINANTS USING THE NEMATODE *Panagrellus redivivus*. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 37:1167-1174.

NMX-AA-087-1995-SCFI-ANALISIS DE AGUA-EVALUACION DE TOXICIDAD AGUDA CON *Daphnia magna* Straus (Crustacea-cladocera)-METODO DE PRUEBA.

NOM-117-SSA1-1994/EPA6010B-1996, NMX-AA-058-SCFI-2001/EPA335.3-1978, NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-072-SCFI-2001, EPA-9066-1986, EPA-9214-1996, EPA 8260B-1996, NMX-AA-079-SCFI-2001/EPA-353.2-1983, NMX-AA-099-1987/EPA353.2-1983, NMX-AA-026-SCFI-2001/EPA-350.1-1978, NMX-008-SCFI-2000, EPA 8081A-1996, EPA-8151A-1996, NMX-AA-34-SCFI-2001, NMX-AA-074-1981/EPA-9036-1986, NOM-201-SSA1-2002, SM-20th-4500-I

**Procesamiento de muestra:**

El procesamiento de muestra fue de acuerdo a los métodos señalados

**Análisis de muestras:** Espectrometría de absorción y emisión atómica, Cromatografía de gases acoplado a Detector de Masas.

**Procedimientos de muestreo:** El muestreo fue realizado por personal de CENICA la planta piloto. Se anexa Informe de muestreo.

**Equipo utilizado:** Balanza analítica, centrífuga, incubadora, microscopio, Espectrómetro de emisión atómica inductivamente acoplado/detector de masas, cromatógrafo de gase acoplado a espectrómetro de masas

**Observaciones:**

< LDM = Menor al Limite de Detección

NA = No Aplica.

▲ : Rebasa el Límite Máximo Permisible especificado en la NOM

**Estos resultados amparan únicamente las muestras probadas, sin que éstas sean representativas de un universo o lote.**

**El presente informe de prueba no debe reproducirse, excepto en su totalidad, sin la aprobación por escrito del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.**

F/PTA-22-01-

03

**Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col Vicentina Delegación Iztapalapa C.P. 09340 UAM-  
I Edif. Ciencia y Tecnología Ambiental "W" 2º. Piso**

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Yodo Residual	Cianuro	Cloro residual	Cloruros totales	Coliformes fecales NMP/100 ml	Coliformes totales (NMP/100 ml)	Color (U Pt/Co)	Dureza Total (mg/L CaCO3)	Fenoles	
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés. Identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	0,003	NA	80,6	> 8 ▲	> 8 ▲	75 ▲	130	0,043	
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	0,003	NA	72,1	> 8 ▲	> 8 ▲	10	134	0,029	
Limite de detección	0,03	0,0011	NA	9,0	1,1	1,1	2,5	23	0,0011	
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	0,2-0,5	0,07	0,2-1,5	250,0	Ausente	Ausente	20,0	500,0	0,3	

Realizó  
NA

Revisó  
Q.F.B. Alberto Tellez Giron B.

Autorizó  
Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/PTA-22-01-03

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Fluoruros totales	Indice de intensidad de olor	Nitrogeno amoniacal	Nitrogeno de nitratos	Nitrogeno de nitritos	pH	SAAM	Solidos disueltos totales	Sulfatos	
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos café, identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0,38	< LDM	0,03	0,70	0,23	7,4	0,34	588	76,6	
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0,14	< LDM	1,22 ▲	0,18	0,11	7,3	0,26	644	149,9	
Limite de detección	0,011	NA	0,002	0,002	9x10 <sup>-4</sup>	NA	0,009	100	4,17	
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	1,50	agradable	0,50	10,00	1,00	6,5-8,5	0,5	1000	400,00	

Realizó

Revisó

Autorizó

NA

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

RESULTADOS ANALISIS DE AGUA

FOLIO: CENICA/208/2006

PAG: 50 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	Turbidez (UTN)	mg/L									
		Aluminio	Arsenico	Bario	Cadmio	Cobre	Cromo	Hierro	Manganeso		
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	4,9	1,28 ▲	< LDM	0,08	< LDM	0,06	< LDM	0,28	0,15		
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0,73	0,040	< LDM	0,03	< LDM	0,01	< LDM	0,07	1,56 ▲		
Limite de detección	0,05	0,018	0,004	0,0001	0,0003	0,002	0,0009	0,0004	0,0006		
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	5,0	0,20	0,025	0,70	0,005	2,00	0,05	0,3	0,15		

F/PT/A-22-01-03

Realizó

NA

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

**RESULTADOS ANALISIS DE AGUA**

FOLIO: CENICA/208/2006  
PAG: 51 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/l									
	Mercurio	Plomo	Sodio	Zinc	Trihalo metanos totales	Benceno µg/L	Etilben ceno µg/L	Tolueno µg/L	Xilenos µg/L	Aldrin
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 l.	< LDM	< LDM	127,8	0,02	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 l.	< LDM	< LDM	136,0	0,05	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	0,0002	0,003	0,12	0,0029	0,024	0,12	0,14	0,12	0,22	9x 10 <sup>-6</sup>
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	0,001	0,01	200,00	5,0	0,2	10,00	300,00	700,00	500,00	0,03

Realizó

Revisó

Autorizó

F/P/A-22-01-03

NA

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	mg/L									
	Dieldrin	Clordano	DDT	Gamma-BHC	Hexacloro benceno	Heptacloro	Heptacloro epoxido	Metoxicloro	2,4 D	
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	9 x 10 <sup>-6</sup>	2 x 10 <sup>-5</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	9 x 10 <sup>-6</sup>	9x10 <sup>-6</sup>	1,2 x 10 <sup>-5</sup>	1,4 x 10 <sup>-5</sup>	1x 10 <sup>-5</sup>	1x 10 <sup>-4</sup>	
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	0,03	0,20	1,00	2,0	1,0	0,03	0,03	20,00	30,00	

F/PT-A-22-01-03

Realizó

NA

Revisó

Q.F.B. Alberto Tellez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	Clorometano	Bromometano	Cloroetano	Triclorofluorometano	2-Cloro-1-Propano	1,1-Dicloroetano	1,2-Dicloroetano	1,1-Dicloroetano
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	2,5	2,5	2,5	1,2	2,5	1,2	3	3
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

F/PTA-22-01-03

Realizó

Ana María Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

FOLIO: CENICA/208/2006  
 PAG: 54 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	Tetracloro metano	1,1,Dicloro1-Propeno	1,2 Dicloro propano	Dibromo metano	Bromodicio rometano	1,3 Dicloro-1-propeno	1,3 Dicloro propano	Dibromocio rometano
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos café, Identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	2,5	2,5	1,2	1	1,2	2,1	1,2	2
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

F/P/T/A-22-01-03

Realizó

Revisó

Autorizó

Ana Maria Maldonado Contreras

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortúño A.



FOLIO: CENICA/208/2006  
PAG: 55 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	1,2 Dibrometano	2,3 Dicloro-1- propano	Estireno	Bromo formo	Isopropil benceno	Bromo benceno	1,2,3 Tricloro propano	n-propil benceno
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	2,5	2,5	1	2,3	1,2	2,5	1,2	2
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Revisó

Autorizó

F/P1A-22-01-03

Ana Maria Maldonado Contreras

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

FOLIO: CENICA/208/2006  
 PAG: 56 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L								
	1-cloro-2-tolueno	1,3,5-Trimetilbenceno	1-cloro-4-tolueno	Tert-butil benceno	1,2,4, Trimetil benceno	Metilati sec-butilbenceno	Isopropil tolueno	1,3 Diclora benceno	
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos café, Identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	
Limite de detección	2,5	2,5	2,5	1,2	2,5	1,0	1	1	
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Realizó

Ana Maria Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

1/PTA-22-01-03

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	n- butilbenceno	1,2 Dibromo-3- propano	1,2,4 Tricloro benceno	Naftaleno	1,3,5 tricloro benceno	Cloroformo	Etilbenceno	Hexacloro 1,3 butadieno
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	0,75	5	2,5	2,5	2,5	1	2	2,5
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

F/PTA-22-01-03

Realizó

Revisó

Autorizó

Ana Maria Maldonado Contreras

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	µg/L							
	1,4-Dicloro benceno	Benceno	1,2-Dicloroetano	Tricloroetano	Tolueno	1,1,2-Tricloro etano	Tetracloro eteno	Clorobenceno
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	1	1	1,2	2,5	1	1,2	1	1
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Realizó

Ana Maria Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/PTA-22-01-03

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	Hg/L				Cualitativo
	Cloruro de Metileno	1,1,1-Tricloroetano	1,1,1,2 Tetracloroetano		
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, identificada como Antes de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM		-----
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos identificada como Después de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM		-----
Limite de detección	1	2	2,5		
Límite Máximo Permissible Ref. NOM-127-SSA1-1994	NA	NA	NA		

Realizó

Ana Maria Maldonado Contreras

Revisó

Q.F.B. Alberto Tellez Girón B.

Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño A.

F/P/T/A-22-01-03

**Resultados Compuestos Organicos Semivolátiles.**

FOLIO: CENICA/208/2006

PAG: 60 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	Unidades (mg/L)															
	Piridina	Fenol	Bis(2 Cloro- etil) eter	2-metil fenol.	4-metil fenol	3-metil fenol	Nitro benceno	Hexacloro 1,3- butadieno	2,4,6- Triclorofen ol	2,4,5- Triclorofen ol	2,4- Dinitroflu eno	2,3,4,6- Tetracloro fenol	Hexacloro benceno	Pentacloro fenol.	Gama-BHC (lindano)	Heptacloro
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	0,45	0,023	0,018	0,021	0,009	0,01	0,017	0,047	5,0	NA	NA	200,0	200,0	2,0	0,0007	
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-052-SEMARNAT-2005	5,0	NA	NA	200,0	200,0	200,0	2,0	0,0007	2,4,6- Triclorofen ol	2,4,5- Triclorofen ol	2,4- Dinitroflu eno	2,3,4,6- Tetracloro fenol	Hexacloro benceno	Pentacloro fenol.	Gama-BHC (lindano)	Heptacloro
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM
Limite de detección	0,041	0,039	0,051	0,062	0,052	0,147	0,071	0,059	2,0	400,0	0,13	NA	0,13	100,0	0,4	0,008
Limite Máximo Permissible Ref. NOM-052-SEMARNAT-2005	2,0	400,0	0,13	NA	0,13	100,0	0,4	0,008								

Realizó

Q.F.B. Daniel Gasca Hinojosa

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Giron B.

F/PTA-22-01-03  
Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño

FOLIO: CENICA/208/2006  
 PAG: 61 DE 134

CLAVE/IDENTIFICACION MUESTRA	Unidades (mg/L)				Cualitativo		
	Hepclor o epoxido	Endrin	Metoxicloro				
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	<LDM	<LDM	<LDM	Limoneno, 2-metoxi-3,4,dioxano, Bencenosulfonamida,			
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	<LDM	<LDM	<LDM	No detectado			
Limite de detección	0,057	0,237	0,016				
Limite Máximo Permisible Ref. NOM-052-SEMARNAT-2005	0,008	0,02	10,0				

Realizó

Q.F.B. Daniel Gasca Hinojosa

Revisó

Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.

ET/TA-22-01-03  
 Autorizó

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño

## Interpretación de resultados

Los datos obtenidos en el estudio aplicado a las muestras provenientes de la planta piloto de tratamiento de agua el "ARCEDIANO" reflejan las siguientes particularidades.

La calidad del agua reporta concentraciones fuera de los límites máximos permisibles, en los parámetros de coliformes totales y fecales, color, aluminio, manganeso y nitrógeno amoniacal.

Después del tratamiento se reducen los valores de color y aluminio hasta quedar por debajo de los límites máximos. Para coliformes totales y fecales las concentraciones están fuera tanto antes como después de la planta.

Para el resto de los compuestos analizados de forma general se observa una disminución de las concentraciones después del tratamiento, no así para el caso de manganeso y nitrógeno amoniacal cuyas concentraciones antes de la planta cumplen con las especificaciones, posterior a ésta incrementan su valor hasta rebasar lo establecido por la NOM-127, este comportamiento se ha venido observando durante todo el periodo de monitoreo de la calidad de agua y la evaluación de la operación de la planta.

Los resultados obtenidos hacen concluir que el proceso de tratamiento de agua no esta demostrando los efectos deseados de mejoramiento en la calidad de ésta.

## Resultados de Pruebas de Toxicidad

### Preparación de muestras

#### Agua

Las muestras de agua probadas no llevan ningún tratamiento, se analizaron en forma directa y en concentraciones de 100, 50, 25, 12 y 6 %. Se mantuvieron en refrigeración a 5°C hasta su análisis.

### Pruebas de toxicidad

#### Prueba con *Daphnia magna straus*

Esta prueba se utiliza para evaluar toxicidad aguda en cuerpos de agua dulce, así como aguas residuales, industriales, efluentes agrícolas, municipales y sustancias puras, combinadas o lixiviados. Se realizó siguiendo los lineamientos de la norma NMX-AA-087-1995-SCFI.

La prueba básicamente consistió en la exposición de los organismos a diferentes concentraciones de la muestra, y el efecto a determinar fue la mortalidad de los organismos a las 24 y 48 horas. Con los resultados obtenidos se determinó la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>), que es la concentración en la cual son afectados el 50% de los organismos.



**Resultados Toxicidad Aguda con *Daphnia magna***

4758/06. Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como **Antes** de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	1	0	0	1	0	0	1
50	0	0	1	0	0	1	0
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	8	5	7	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de Toxicidad
No hay CL50	-----

4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como **Después** de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	1	0	0	1	1
50	0	1	0	0	1	0	1
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	8	5	7	10	10	10	30

Concentración Letal media %	Unidades de toxicidad
No hay CL50	-----

FOLIO: CENICA/208/2006

PAG: 64 DE 134

4875/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como **Antes** de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	7	8	5	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de Toxicidad
No hay CL50	-----

4876/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como **Después** de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA (%)	MORTALIDAD (Número de organismos)						TOTAL
	24 Horas			48 Horas			
100	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL POSITIVO (Dicromato de Potasio 0,1 %)	7	8	5	10	10	10	30
CONTROL NEGATIVO (AGUA RECONSTITUIDA)	0	0	0	0	0	0	0

Concentración Letal media %	Unidades de toxicidad
No hay CL50	-----

**Prueba con *Lactuca sativa* y *Amaranthus hypochondriacus*.**

Se utilizan semillas de lechuga y amaranto. Este tipo de prueba permite evaluar el efecto tóxico de compuestos solubles en agua, ya que la presencia de compuestos tóxicos en bajas concentraciones que no son suficientes para inhibir la germinación, pueden retardar o inhibir el crecimiento radicular.

Las semillas fueron colocadas en cajas de petri (20 semillas por muestra) con papel filtro y la muestra sin ninguna dilución (100%). Al cabo de 5 días de incubación, se midieron las radículas y se compararon con las del control para establecer si hay inhibición del crecimiento radicular. Se utilizó el método "Short-Term Root Elongation Toxicity Bioassay Propuesto por Dutka (1989) del National Water Research Institute.

**Resultados de Toxicidad Aguda con Semillas  
*Lactuca sativa***

Identificación de la muestra	Promedio de Elongación radicular de <i>Lactuca</i> (cm)	Desviación Estándar	Porcentaje de germinación de <i>Lactuca</i> (%)
CONTROL	1,9	0,48	70,0
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	2,4	0,48	70,0
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	1,9	0,39	65,0
Control	3,6	0,49	95,0
4875/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,4	0,63	67,5
4876/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,3	0,56	92,5

***Amaranthus hypochondriacus***

Identificación de la muestra	Promedio de Elongación radicular de <i>Lactuca</i> (cm)	Desviación Estándar	Porcentaje de germinación de <i>Lactuca</i> (%)
CONTROL	3,6	0,49	95,0
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,2	0,59	70,0
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	3,2	0,72	70,0
Control	1,9	0,48	70,0
4875/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	2,0	0,39	92,5
4876/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	2,1	0,44	75,0

**Prueba con *Panagrellus redivivus***

Esta prueba se lleva a cabo utilizando, un nemátodo extraído de sedimento con el que se evalúa el impacto de los contaminantes en muestras acuosas. La prueba proporciona tanto efectos letales (mortalidad) como efectos subletales (maduración y crecimiento). No evalúa mutagenicidad directamente pero puede ser utilizada para establecer la posibilidad de la utilización de alguna prueba de tipo mutagénico.

Consistió en monitorear una población de 100 organismos en una dilución de muestra 1:10 durante 96 horas. Después de ese tiempo se determinó mortalidad, maduración y crecimiento de los organismos comparándolos con el grupo control. El método utilizado fue "A Rapid Simple Long- Term Toxicity Assay for Acuatic Contaminants Using The Nematode *Panagrellus redivivus*".

Resultados de Toxicidad Crónica con *Panagrellus redivivus*.

Identificación de la muestra	Dilución de la muestra	Sobrevivencia (%)	Crecimiento (%)	Maduración (%)
CONTROL	Sin dilución	100	100	96
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente	1:10	99	98,9	94,7

1 L.				
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	1:10	100	99	91,7

Identificación de la muestra	Dilución de la muestra	Sobrevivencia (%)	Crecimiento (%)	Maduración (%)
CONTROL	Sin dilución	100	100	100
4875/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	1:10	100	100	98,9
4876/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	1:10	100	100	97,9

**Evaluación de efectos significativos**

Identificación de la muestra	Sobrevivencia (%)	Crecimiento (%)	Maduración (%)
Control	-	-	-
4758/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0,01	0,04	0,5
4759/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	100	99	91,7
4875/06 Agua ligeramente café, clara, transparente, con escasos sólidos cafés, Identificada como <b>Antes</b> de entrar a la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0	1	0,01
4876/06 Agua clara, transparente, sin sólidos Identificada como <b>Después</b> de la planta de tratamiento. Aproximadamente 1 L.	0	1	0,04

Un valor mayor a 5 en cualquiera de los parámetros evaluados indica un efecto significativo

**Conclusiones e Interpretación de resultados:**

No se observaron efectos significativos en los organismos probados para ninguna de las muestras.

**Realizó**

**Revisó**

**Autorizó**

**Biol. Isabel Romero Terán.  
Ortuño A.**

**Q.F.B. Alberto Téllez Girón B.**

**Q.B.P. Teresa**