



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



## **SUBDIRECCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA**

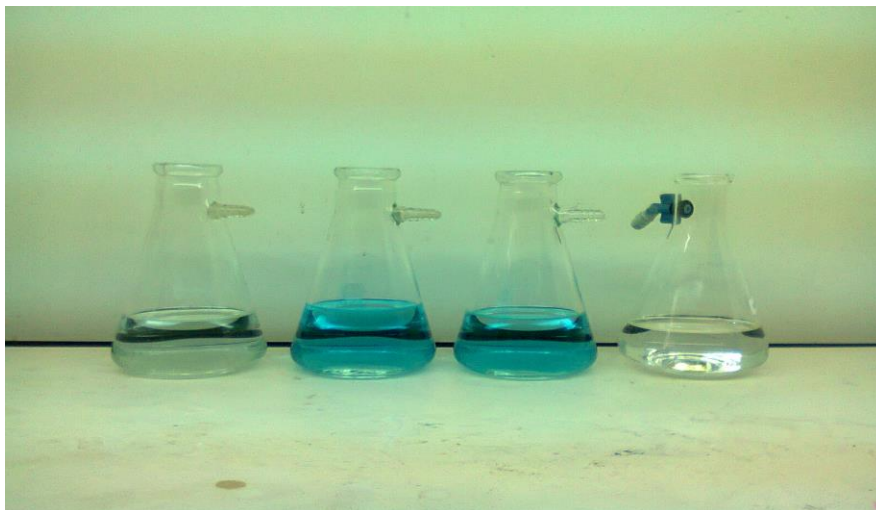
UNIDAD DEPARTAMENTAL DE ATENCIÓN DE  
EMERGENCIAS POR AGENTES QUÍMICOS

OFICINA DE EMERGENCIAS HIDRÁULICAS

Dictamen Técnico

**EVALUACIÓN DEL PRODUCTO “AIGUA”:**

- SUPRESIÓN DE ACIDO SULFHÍDRICO
- AGENTE ALGICIDA



# **INDICE**

## *INTRODUCCIÓN*

## *ANTECEDENTES*

## *OBJETIVOS*

## *ACTIVIDADES REALIZADAS*

Descripción de la Prueba

Prueba para la supresión de H<sub>2</sub>S (primera actividad)

Prueba in-situ(segunda actividad)

Prueba evaluación alguicida (tercera actividad)

Evaluación de la posible alteración de la calidad del agua por Dosificación del producto

AIGUA

## *RESULTADOS y ANÁLISIS DE RESULTADOS*

## *CONCLUSIONES*

## **ANEXOS**

Anexo I: Procedimiento para la evaluación del H<sub>2</sub>S susceptible de desorberse en Agua Residual

Anexo II: Gráficas de comportamiento para la supresión de H<sub>2</sub>S en colector Miraflores, Colector 5 de Mayo y Obra de Toma de Gran Canal

Anexo III Resultados de la Evaluación Alguicida

## Introducción

No obstante de las diversas acciones y esfuerzos que se emprenden a través de las diferentes estructuras del sistema de drenaje para desalojar el agua tanto residual como pluvial que se genera en la Ciudad de México; se ha detectado que paralelamente a este hecho se ha venido potenciando un problema adicional que se deriva como consecuencia del proceso de degradación gradual de la materia orgánica y que trae como consecuencia la generación de diversos gases dentro de los cuales el ácido Sulfhídrico ( $H_2S$ ) y el Metano ( $CH_4$ ) son de importancia por el alto riesgo y vulnerabilidad que de éstas sustancias se derivan.

En este mismo sentido la presencia de estos gases en las diferentes estructuras de drenaje al conjugarse con la presencia de espacios habitacionales a escasos 20 - 30 metros, así como sitios de alta afluencia e incluso correlacionarse con zonas de trabajo durante el mantenimiento de estas estructuras; originan con ello problemáticas que van desde malos olores en su entorno hasta posibles efectos en la salud (toxicidad), así como el deterioro de la infraestructura (corrosiones).

Para el caso particular del  $H_2S$ , sus condiciones se encuentran intensificadas por diferentes factores, uno de los principales es el hecho de que los conductos principales de desalojo (salidas) de las aguas residuales que se generan en la Ciudad de México se encuentran en la parte Norte y Noreste, lo que trae como consecuencia que los tiempos de recorrido de las aguas residuales que se generan en el Sur, Oriente y Poniente sean elevados, con la necesidad de aplicar maniobras diversas para su manejo y disposición cada vez más complejas como son el acondicionamiento de rebombes, captaciones y túneles confinados en ríos, además de túneles profundos, favoreciendo con ello la descomposición de la materia orgánica en forma anaerobia y la producción de este gas característico por su acumulación gradual y su posterior emanación, condición última que es favorecida por la presencia de fenómenos de flujos turbulentos, e intensificados por el alto contenido de materia orgánica además del incremento de la temperatura entre otros factores, e intensificándose en tiempo de estiaje.

Dentro de este contexto existe la necesidad de contar con alternativas que permitan controlar en forma particular la emanación de  $H_2S$  y con ello dar solución a este fenómeno adicional, por lo cual la Subdirección de Control de Calidad del Agua dentro de sus diversas actividades que realiza a integrado la evaluación de diversas propuestas de productos alternativos que plantean dar solución para la supresión de  $H_2S$  en dichas instalaciones.

En este sentido, la empresa AMEPSA se encuentra promoviendo un producto denominado "AIGUA" que según sus especificaciones técnicas tiene dentro de sus actividades principales la acción de eliminar el  $H_2S$  además de propiedades alguicidas (eliminación de algas), planteándolo como una alternativa de aplicabilidad en diversas estructuras e instalaciones con este tipo de problemática; por lo que el objetivo de este dictamen es documentar los resultados de una evaluación para poner a prueba dicha propuesta.

## Antecedentes

La necesidad de contar con propuestas que den solución a este tipo de problemáticas en los cuales se encuentra correlacionado el H<sub>2</sub>S y de la que se requiere de acciones eficaces, promueve a que este tipo de evaluaciones sean importantes para tener una opción de aplicabilidad real ante la diversidad de sitios con este tipo de problemática y en la que hasta el momento no se cuenta con una alternativa eficaz.

Tan solo existe el antecedente de la aplicación de NaOH (sosa al 40%) en abril de 2008 para el control del H<sub>2</sub>S, y que en su momento permitió realizar los trabajos de mantenimiento en el tramo de túnel de la lumbrera 0 del Emisor Central con los factores de seguridad necesarios, sin embargo aun cuando esta alternativa tuvo una aplicación específica su utilización generalizada estaría limitada por su posible impacto correspondiente en relación a la sobre-acumulación de sodio (RAS) en suelos de cultivo, además del riesgo derivado del propio manejo de la sustancia.

En este sentido el contar con alternativas eficaces y riesgos menores que permitan resolver problemas específicos que van desde el control de malos olores derivados por ejemplo de la operación del colector 5 de Mayo con su impacto en una zona importante como es la del corredor turístico del propio Centro Histórico, el Palacio de Bellas Artes y la Alameda Central, como la posible aplicación alternativa para resguardar la seguridad del personal que labora en los trabajos de mantenimiento al interior del sistema de drenaje profundo o alguna otra instalación en la que éste involucrada la generación de H<sub>2</sub>S, es necesaria y urgente.

Por otro lado, las posibles bondades alguicidas que pueda tener dicho producto permitiría coadyuvar en el control de la proliferación de algas en diversos sitios en los cuales la presencia de estos organismos afecta principalmente en la imagen de los cuerpos de agua y sitios ornamentales, con que cuenta esta Ciudad de México y en las que se utiliza Agua Residual Tratada.

## Objetivo

La evaluación tiene como objetivo desarrollar una serie de análisis que pongan a prueba la posible aplicabilidad específica del producto “AIGUA”, para la mitigación del ácido sulfhídrico generado en el sistema de drenaje de la Ciudad de México, mediante pruebas de ensayo in-vitro (pruebas de jarras) de tres sitios representativos con dicha problemática e in-situ mediante una prueba directa en el Colector Miraflores, el cual recolecta aguas residuales generadas en una sección de su trayecto de la Colonia . de aproximadamente 500 m antes de la incorporación a la captación de la Lumbrera No. 6 del Túnel Semi-profundo Canal Nacional – Canal de Chalco, con la finalidad de permitir identificar objetivamente y mediante elementos técnicos, las bondades o deficiencias para este fin y de esta manera establecer su posible acción como una alternativa viable en la solución de los objetivos problemáticas anteriormente mencionadas.

Así mismo, se desarrollará en forma complementaria la evaluación alguicida que dicho producto posee, partiendo de muestras de agua con un contenido de algas importantes provenientes de los lagos de Chapultepec y Bosque de Tláhuac, para ser tratados con el producto AIGUA, en una prueba controlada en laboratorio y contrastada con muestras testigo.

## Actividades Realizadas

Las actividades se concentraron en tres principales, la **primera** se centró en una evaluación del efecto de la supresión del H<sub>2</sub>S mediante diferentes dosificaciones de producto AIGUA a muestras de agua residual obtenidas de tres sitios representativos del sistema de drenaje de la Ciudad de México, contrastadas con el comportamiento de un patrón comparativo mediante la aplicación de NaOH, evaluando como criterio de control el contenido de H<sub>2</sub>S en forma de gas susceptible de desorberse, la **segunda** relacionada a una prueba directa del efecto en la supresión de H<sub>2</sub>S mediante la dosificación del producto AIGUA en el colector Miraflores, evaluando mediante detectores de gases y monitoreos continuos de H<sub>2</sub>S en tres sitios estratégicos de dicho colector previo a la captación de la Lumbrera No. 6 del Semi-profundo Canal Nacional-Canal Chalco y la tercera fue la evaluación de las Propiedades alucidas mediante prueba de jarras a dos muestras del lago de Chapultepec y el lago del Bosque de Tláhuac.

En forma adicional se integró una cuarta actividad que contempla la evaluación del posible efecto en la alteración de la calidad del agua residual por la dosificación del producto AIGUA.

### Prueba para la supresión de H<sub>2</sub>S (primera actividad)

Consistió en evaluar el comportamiento de tres muestras de agua residual, una de ellas proveniente de la Obra de Toma de Gran Canal, la segunda tomada del Colector 5 de Mayo y la tercera del propio colector Miraflores sitio donde se desarrolló la prueba in-situ.

Cada una de ellas fue evaluada mediante la evaluación del contenido de H<sub>2</sub>S susceptible de desorberse, valorando el efecto del producto AIGUA y contrastada con el comportamiento de la dosificación de una solución de NaOH mediante los siguientes parámetros de seguimiento:

Ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S, ppm)

Límite Inferior de Explosividad (% LIE en base metano CH<sub>4</sub>)

Oxígeno en ambiente de prueba (% de O<sub>2</sub>)

Estos parámetros fueron evaluados mediante equipo de detección de gases (Dräger X-am7000) acoplado a un sistema de desorción de líquidos mediante agitación vigorosa (matraz Kitasato en parrilla de agitación y agitador magnético), técnica desarrollada por este SACM, y que se especifica y detalla en el **Anexo No I**.

El procedimiento se repite con muestras de agua residual blanco y en forma subsiguiente mediante la adición en forma simultanea de la muestra de agua residual diferentes dosificaciones (proporciones) del producto AIGUA y en forma

por separado se contrasta con el mismo tipo de agua la adición con diferentes proporciones de NaOH.

#### *Características de la prueba*

La muestra de agua residual fue idéntica tanto para la evaluación del producto AGUA como la del NaOH y sus respectivas dosificaciones aplicadas.

Cada una de las pruebas fue realizada en forma simultánea para cada producto, con condiciones de prueba similares, toma de muestras y evaluación de parámetros idénticos a tiempos específicos.

## Prueba in-situ (tercera actividad)

Esta prueba consistió en evaluar el comportamiento para cuatro gases en tres sitios estratégicos del colector Miraflores previo a la Captación de la Lumbreira 6 del Semi-profundo Canal Nacional Canal de Chalco con distancias aproximadas desde el punto de adición del producto hasta el sitio 1 de control de 400 metros, hasta el sitio 2 de 600 metros y hasta el sitio 3 de 690 metros como se detalla en el siguiente plano.



### Procedimiento

Se evaluó el comportamiento (gases) para los tres sitios en forma previa un día anterior a la evaluación de la aplicación del producto AIGUA en un periodo de 4 horas, los horarios fueron de 10:00 a 14:00 hrs, con monitoreos continuos mediante el equipo Xam-7000 que tiene la facultad de guardar información por cada minuto y poder ser descargada a una PC.



La evaluación con aplicación de producto AIGUA se desarrolló bajo las mismas condiciones al día siguiente, con los mismos horarios, con la aplicación en la caja ubicada sobre Canal Nacional a la altura de la calle de Técnicos y Manuales aproximadamente a unos 690 metros antes de la captación de la lumbrera No. 6 del Semiprofundo Canal Nacional-Canal de Chalco y la evaluación de los gases se desarrolló en tres sitios estratégicos señalados anteriormente.



La velocidad de flujo del agua residual en dicho colector y los gastos fueron definidos en forma conjunta con el propio personal de la empresa AMEPSA y los criterios de dosificación así como los detalles de su aplicación y dosificación fueron definidos por esta última, determinando una aplicación mediante aspersión por medio de tres aspersores ubicados y distribuidos en posición transversal al flujo de agua, a una altura de 15 cm respecto al espejo de agua, como se define en la anterior y siguientes fotografías.



### **Prueba de jarras para la evaluación alguicida (tercera actividad)**

Esta prueba se desarrolló con muestras de agua con un contenido de algas importante provenientes de los lagos de Chapultepec y del bosque de Tláhuac, para ser tratados con el producto AIGUA, en una prueba controlada en laboratorio y contrastadas con muestras testigo.

#### **Procedimiento de prueba**

Se acondicionaron un total de 5 matraces conteniendo un volumen de 1 litro de agua con contenido de algas de cada uno de los sitios definidos, cuidando que esta sea homogénea para los cinco lotes.

La primera muestra sin adición de producto se deja como testigo, mientras que a las cuatro restantes se les aplica una dosificación del producto en una concentración de 1/200,000, 1/100,000, 1/20,000 y 1/10,000.

Los cuatro lotes se homogeneizan y se colocan al sol directamente durante tres días, con adiciones complementarias si se requiere para compensar la pérdida del volumen de agua por evaporación.

#### **Evaluación**

La evaluación comparativa se desarrolló mediante tres actividades, las cuales contemplaron: una observación física ocular (fotografía), evaluación directa en microscopio mediante un recuento por campo (promedio de 5 campos) representando los resultados mediante grafica de barras, una evaluación indirecta de la mortandad de algas mediante la evaluación de Oxígeno Disuelto y finalmente una evaluación al final de la prueba del volumen de sedimentos formados, con la ayuda de conos tipo Imhoff para determinación de sólidos sedimentables.

Los resultados se representan en graficas comparativas.

### **Evaluación de la posible alteración de la calidad del agua por Dosificación del producto AIGUA**

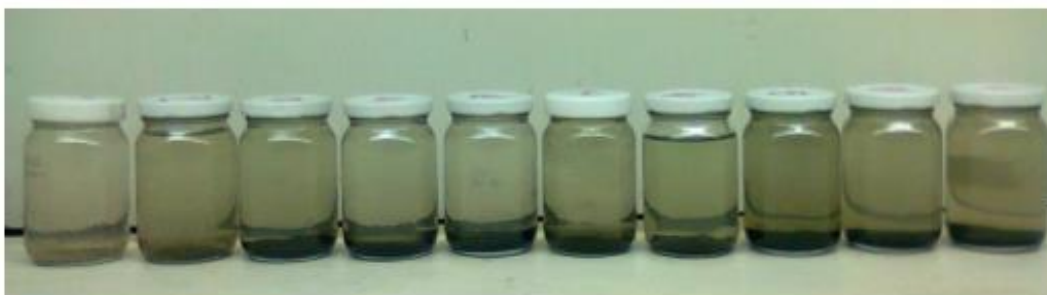
Definida la dosis óptima de supresión de H<sub>2</sub>S tanto para el producto AIGUA y NaOH se definirá el volumen aplicable a una muestra de agua residual con volumen de 6 l para evaluar diferentes parámetros control de laboratorio que permita diferenciar entre la existencia o no de una alteración de éstos.

## Resultados y Análisis de Resultados

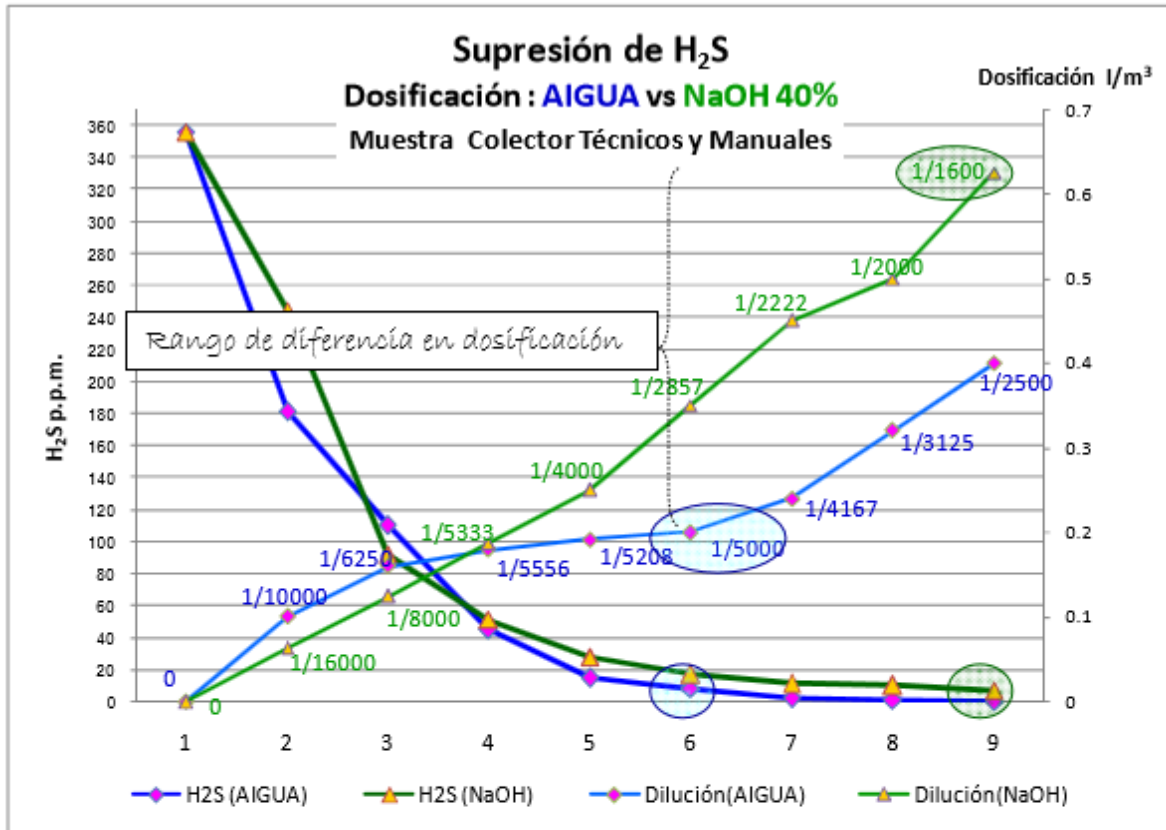
Los resultados de la primera actividad concerniente a la supresión de  $H_2S$  con la adición del producto AIGUA en Agua Residual, permitió observar en primera instancia la formación de un color café con gradientes tonalidades hasta un oscuro, el cual posiblemente obedece a la presencia de un precipitado de Sulfuro de Cobre y que es un indicador de la reacción para la supresión del  $H_2S$ , la cual tiene la particularidad de desarrollarse en forma inmediata a tal grado que una vez hecha la dosificación la valoración del contenido de ácido sulfhídrico se puede realizar en forma instantánea.



Con la capacidad de que mediante un tiempo de reposo estos pueden sedimentar y por lo tanto clarificar, como se muestra en la siguiente fotografía



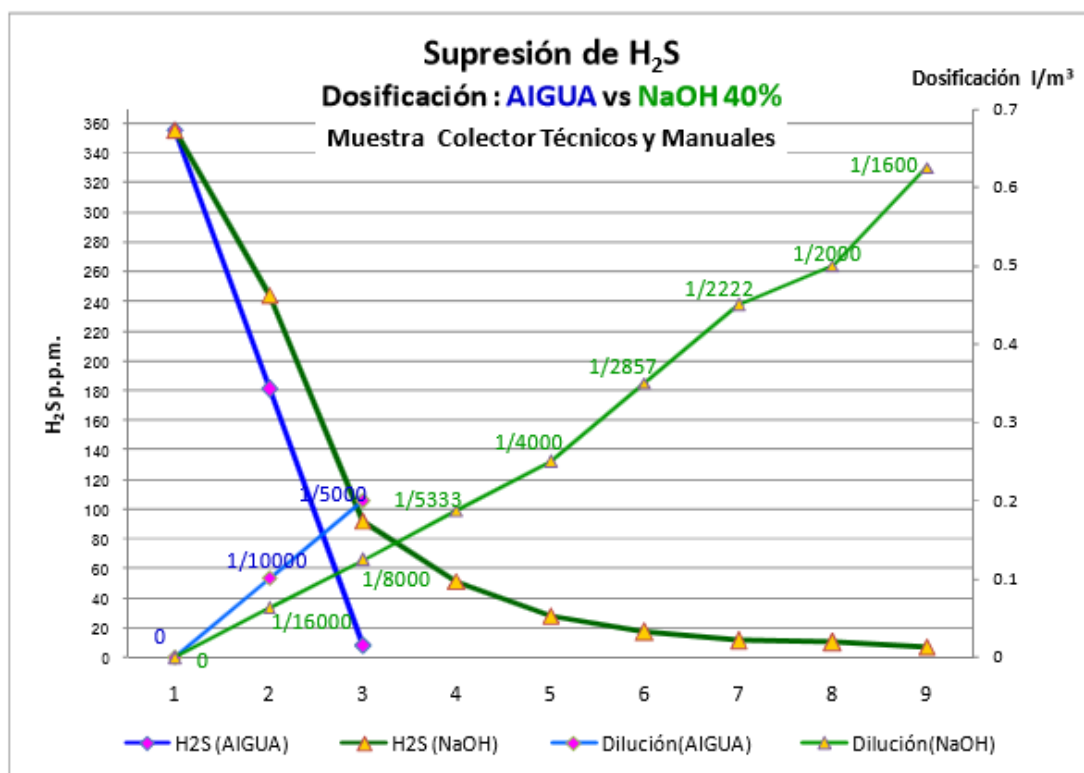
Así mismo dentro de esta actividad relacionada a la evaluación del producto AIGUA para la supresión de  $H_2S$  en cada una de las muestras evaluadas los resultados obtenidos mediante el procedimiento de evaluación especificado se concentran en las siguientes tablas y gráficas comparativas.



Dosificación AGUA		H <sub>2</sub> S p.p.m.		Dosificación NaOH 40%	
l/m <sup>3</sup>	Proporción	AGUA	NaOH	l/m <sup>3</sup>	Proporción
0	0	356	356	0	0
0.1	1/10000	181	244	0.0625	1/16000
0.16	1/6250	110	92	0.125	1/8000
0.18	1/5556	44.8	51	0.1875	1/5333
0.192	1/5208	14.7	28	0.25	1/4000
0.2	1/5000	8.2	17	0.35	1/2857
0.24	1/4167	1.7	11	0.45	1/2222
0.32	1/3125	0.8	10	0.5	1/2000
0.4	1/2500	0	7	0.625	1/1600

En esta gráfica relacionada a la muestra recolectada del colector Miraflores y con comportamientos similares en las aguas obtenidas de la Obra de Toma de Gran Canal y la del colector 5 de mayo especificadas en el anexo No II, se observa que el producto AGUA en forma comparativa con el efecto de una aplicación con NaOH, inicialmente guardan una tendencia similar en cuanto a la supresión gradual del contenido de H<sub>2</sub>S susceptible de desorberse (liberarse) a medida que se incrementa paralelamente su dosificación

Sin embargo este comportamiento pierde dicha correlación al llegar a un valor crítico en el cual para el caso del NaOH con la misma tendencia de incremento en su dosificación el efecto es una disminución menos efectiva, principalmente en valores cercanos a los 50 ppm, a tal grado de requerir en consecuencia un mayor consumo de solución de NaOH al 40%, siendo este finalmente un consumo relativamente elevado para poder llegar a un valor por debajo de 10 ppm de H<sub>2</sub>S y con una tendencia a un consumo excesivo al pretender llegar a un valor de 0 ppm como se muestra en la siguiente gráfica comparativa con los mismos datos obtenidos.



En contraste, aún cuando inicialmente el comportamiento del producto AIGUA fue similar al de NaOH, éste si logra disminuir en forma directa los valores de H<sub>2</sub>S hasta 0 ppm con incrementos graduales a tal grado que al revisar el comportamiento de la cantidad de producto dosificado para cada caso, se logra ver la diferencia marcada entre ambos productos, es decir para lograr disminuir a valores por debajo de 10 ppm de H<sub>2</sub>S la proporción es de 1 parte de solución de NaOH en 1600 partes de Agua Residual, mientras que para el producto AIGUA ésta por cada parte del producto se tratarían 5000 partes de Agua Residual, es decir en forma comparativa con NaOH se lograría reducir en una proporción de un 68% el consumo correspondiente.

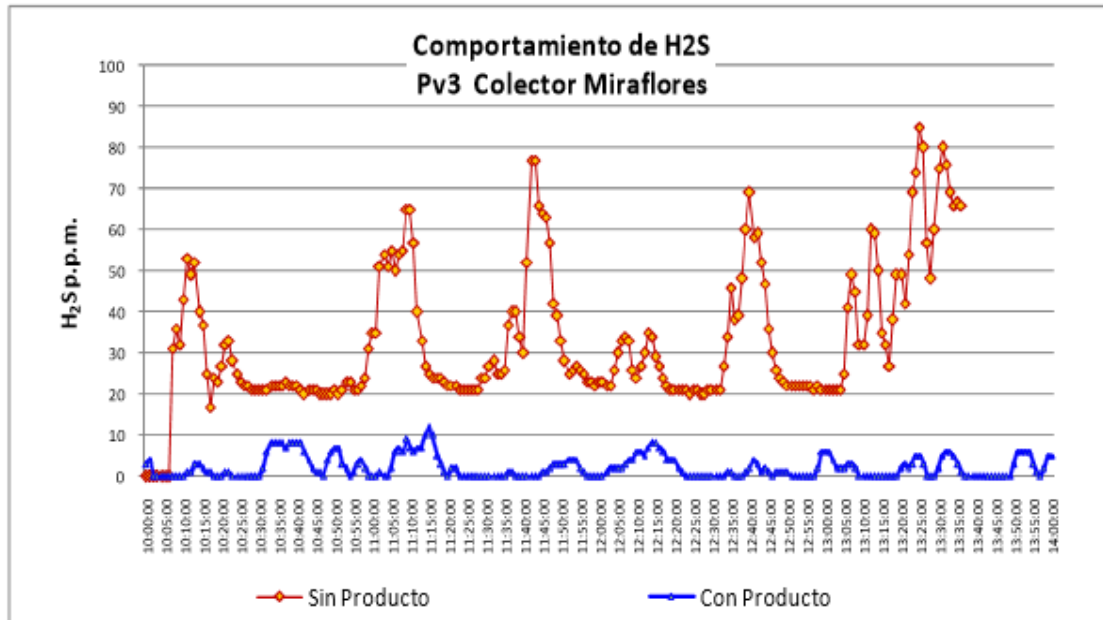
En este sentido al realizar un análisis comparativo por costos ¿?

Derivado de la segunda actividad se pudo observar que durante la aplicación del producto AGUA se manifestaba la coloración café en forma inmediata como lo ejemplifican las siguientes fotografías y que es el indicador principal del efecto de la aplicación del producto y su efecto en forma inmediata.





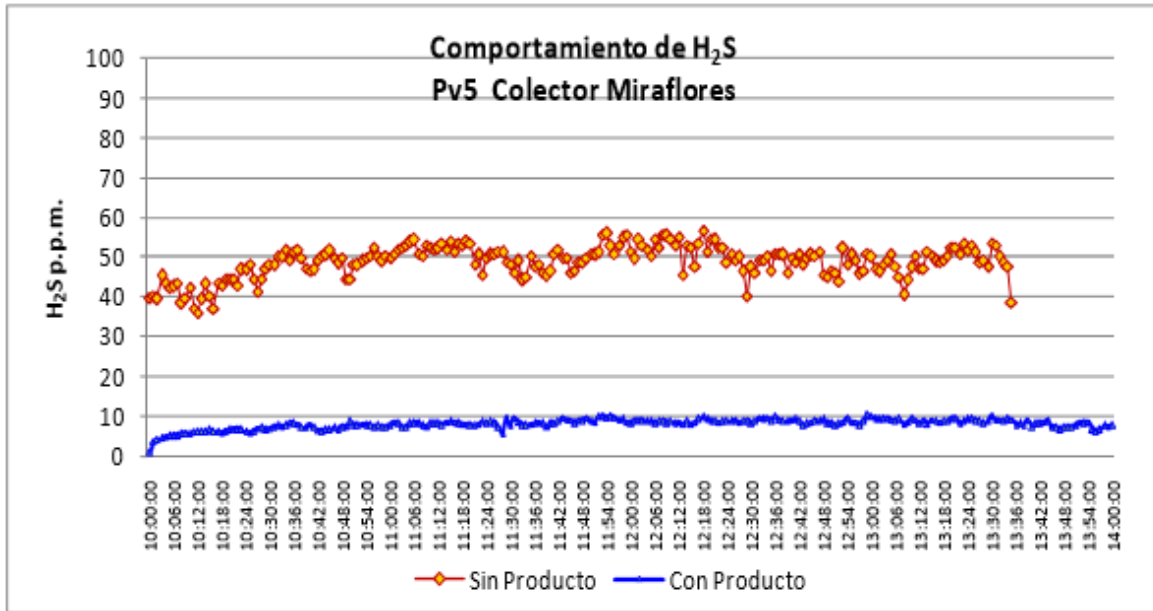
Por otra parte, los resultados de la evaluación del comportamiento de las emanaciones de H<sub>2</sub>S en los tres sitios control se concentran en las siguientes graficas de comportamiento en forma comparativa con la aplicación del producto y sin la aplicación del producto.



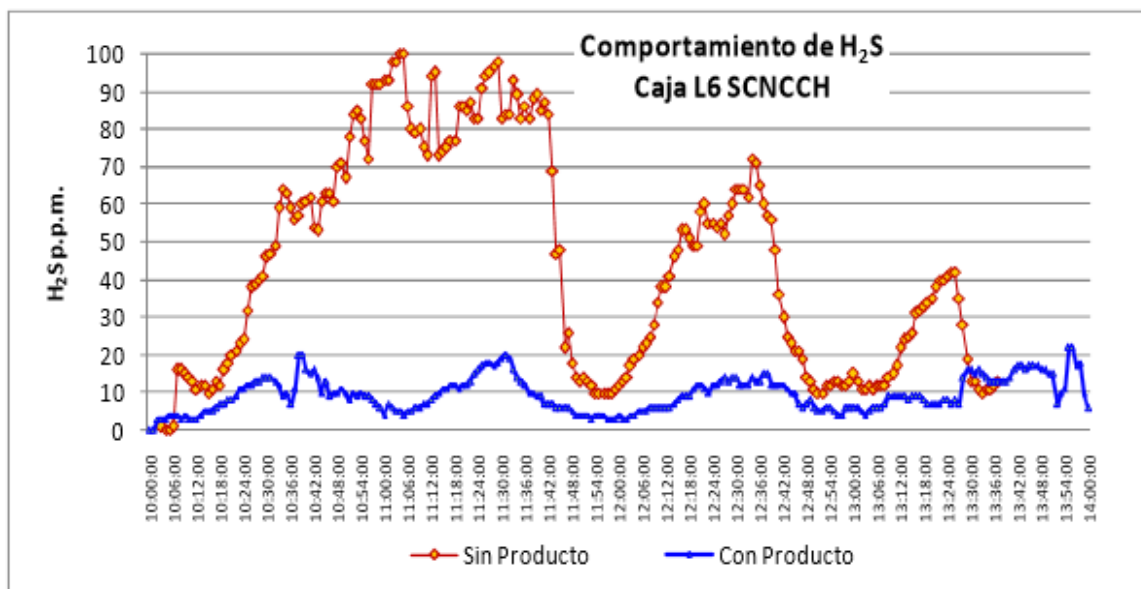
En la primer gráfica para el pozo de visita más próximo a la dosificación, se puede observar el efecto de la aplicación del producto AIGUA en la disminución de los valores de H<sub>2</sub>S, logrando que los valores permanecieran por debajo de las 10 ppm, en forma contrastante con el comportamiento de un día normal previo.

Los incrementos (picos) que se observan del comportamiento de un día previo, obedecen a que en este sitio de control u/o pozo de visita se presenta la incorporación de una descarga que se ubica con una caída importante y con aportaciones puntuales que se ven reflejadas en incrementos de la concentración de H<sub>2</sub>S los cuales obedecen a los fenómenos provocados de turbulencia y desorción; en este sentido durante la prueba con la aplicación del producto AIGUA estos incrementos se ven amortizados de tal forma que no permitieron verse incrementados los valores de H<sub>2</sub>S, asegurando el control en la dosificación de dicho producto.

En el caso del segundo sitio control correspondiente al pozo de visita No. 5 ejemplificado en la siguiente gráfica su comportamiento permite reflejar de igual manera el efecto de la aplicación del producto AIGUA, logrando mantener los valores por debajo de los 10 ppm y con un comportamiento más homogéneo en cuanto a sus valores, tanto en el día previo como el día de la prueba.



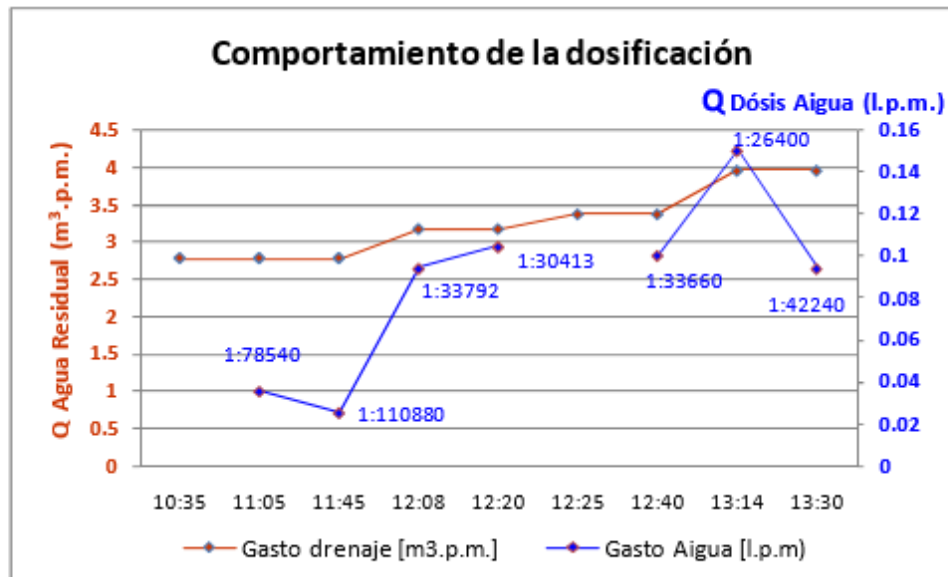
Finalmente los resultados de la dosificación del producto AIGUA en el colector de Miraflones y su impacto en la caja de Captación de la Lumbrera 6 del Semiprofundo Canal Nacional-Canal de Chalco presentaron un efecto importante como lo demuestra la siguiente gráfica de comportamiento



Este comportamiento permite visualizar el amortiguamiento que genera el efecto de la aplicación del producto AIGUA en cuanto a los incrementos relevantes en la concentración de H<sub>2</sub>S que se ven en un día previo, y que aún cuando no se logro mantener en este sitio los valores por debajo de los 10 ppm, esto obedece a que en este sitio las aguas provenientes del colector Miraflones se encuentran ya combinadas con tres aportaciones adicionales.



En forma adicional al observar el régimen de dosificación del producto que se especifica en la siguiente gráfica y tabla con los resultados del comportamiento de la disminución de las concentraciones de H<sub>2</sub>S, se observa que en forma práctica la proporcionalidad de dosificación mediante un control adecuado se puede disminuir generando los ahorros correspondientes para cada caso en particular.

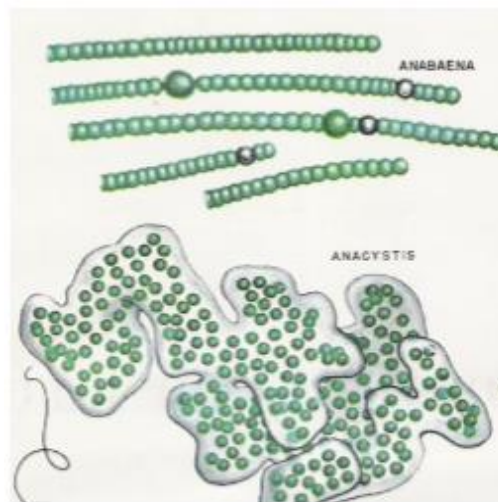


Hora	Agua [lt]	agua [lt]	% Agua	Consumo [lts]	Tiempo [min]	Gasto [lt/min]	Gasto Agua [l.p.m.]	velocidad [m/seg]	Gasto drenaje [l.p.s.]	Proporción Agua : Dosis Agua
10:35	3	17	17.65%				0.14	0.14	46.2	1:
11:05	3	12	25.00%	5	25	0.2000	0.0353	0.14	46.2	1:
11:35	apertura de llave para aumento en el gasto									
11:45	3	12	25.00%	5	50		0.0250	0.14	46.2	1:
12:00	aumento en el gasto									
12:08				3	8	0.3750	0.0938	0.16	52.8	1:
12:20				5	12	0.4167	0.1042	0.16	52.8	1:
12:25	3	12	25.00%					0.17	56.1	
12:30	apertura de llave para aumento en el gasto									
12:40				4	10	0.4000	0.1000	0.17	56.1	1:
13:00	apertura de llave para aumento en el gasto									
13:02	3	10	30.00%							
13:14				6	12	0.5000	0.1500	0.2	66	1:
13:30				5	16	0.3125	0.0938	0.2	66	1:

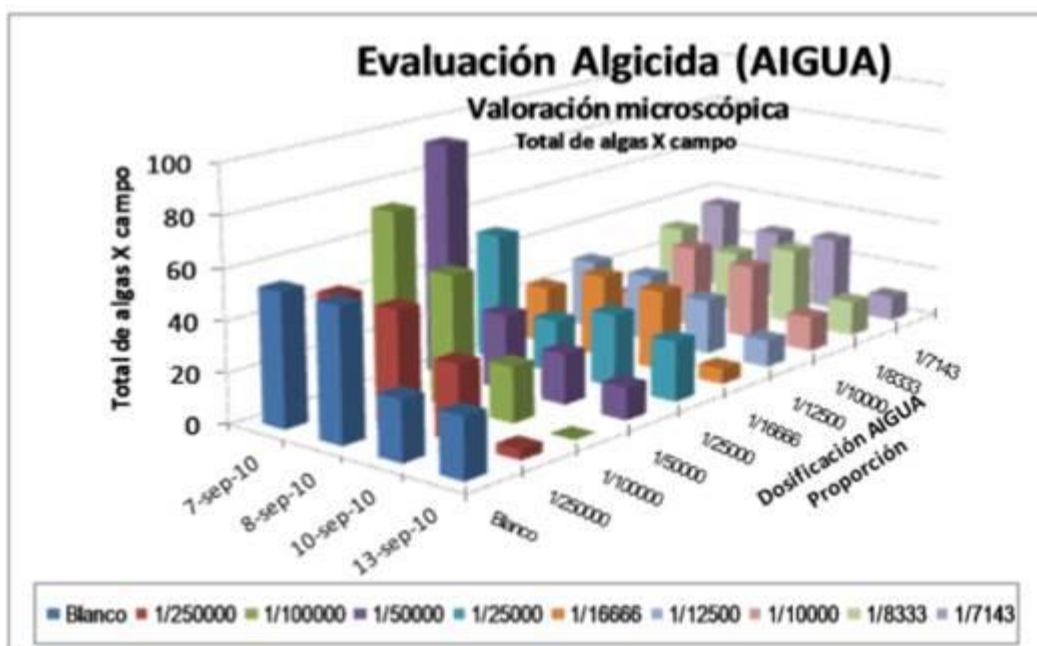
Es decir que la proporcionalidad de la dosificación para algún caso en particular puede encontrarse entre una proporción de 1/5000 (prueba in-vitro) hasta un 1/26400 (prueba in situ) lo que permite tener un mayor margen en su aplicabilidad y ahorro de dicho producto.

### Prueba evaluación alguicida (tercera actividad)

Uno de los resultados iniciales de esta evaluación incluyó la identificación del tipo de algas en las muestras de agua colectadas tanto del lago del Bosque de Chapultepec como el del Lago del Bosque de Tláhuac; mediante la observación microscópica se pudo identificar a un total de siete diferentes especies de algas, de las que sobresalen en predominancia dos en particular de la especie Anacystis y Anabaena las cuales para el primer caso se agrupan en aglomerados y las segundas en tiras formando un tipo de serpentín distribuidos en forma aislada.



Una vez identificados los tipos de algas, para la evaluación del efecto de diferente dosificación del producto AGUA en la eliminación de algas (propiedad alguicida), se obtuvieron los resultados de acuerdo al procedimiento especificado mediante un recuento por campo a través de una observación directa en microscopio, éstos se encuentran representados en las siguientes dos gráficas.



En esta primera, de acuerdo a los resultados que se especifican en el **Anexo No. III** se logra ver una diferencia ligeramente significativa a partir de una dosificación en proporción de una parte del producto AIGUA en 25,000 partes de agua con un contenido de algas importante a tratarse

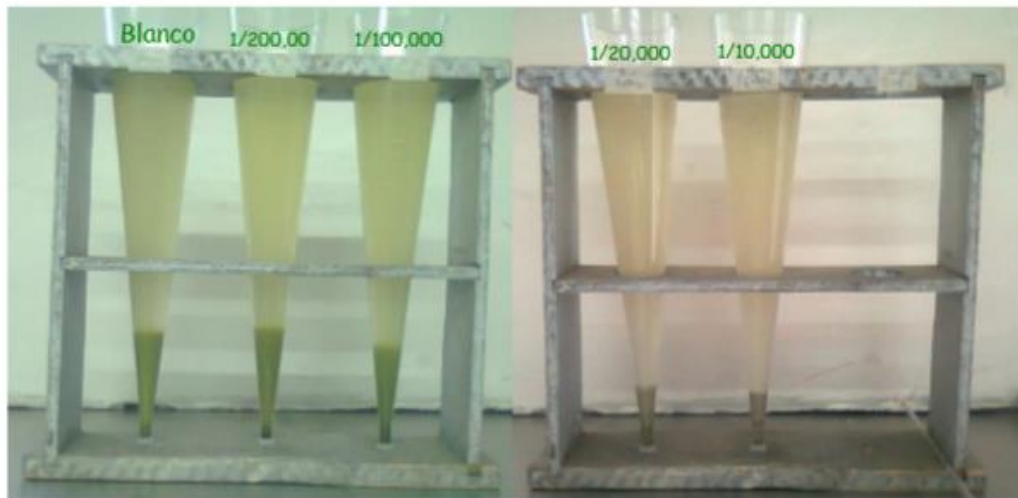
Este mismo comportamiento se observa al graficar el promedio del total de algas evaluadas por el tiempo de prueba, donde la disminución del contenido de algas de igual forma se observa en una proporción después de 1/25,000 partes del producto AIGUA en el volumen de la muestra a tratar.



Bajo esta evaluación es de señalarse que aun cuando no se logra ver una disminución contundente del contenido de algas, ésta obedece a que durante el recuento microscópico se tomó la decisión de que en el caso particular de los conglomerados o agrupaciones en las dos especies predominantes se contó como uno solo, siendo que mediante la adición del producto para estas dos especies fue relevante observar que los conglomerados y tiras helicoidales con el tiempo de acción del producto fueron segregándose y siendo más pequeños sin poder diferenciar si estas se encontraban vivas o muertas, por ello éste efecto se vio impactado en el recuento X campo pero en forma visual su comportamiento fue el de la siguiente fotografía que en contraste con el blanco (testigo), se hace evidente la pérdida de la coloración verduzca así como adquiriendo una clarificación gradual de cada una de las muestras de agua evaluadas.

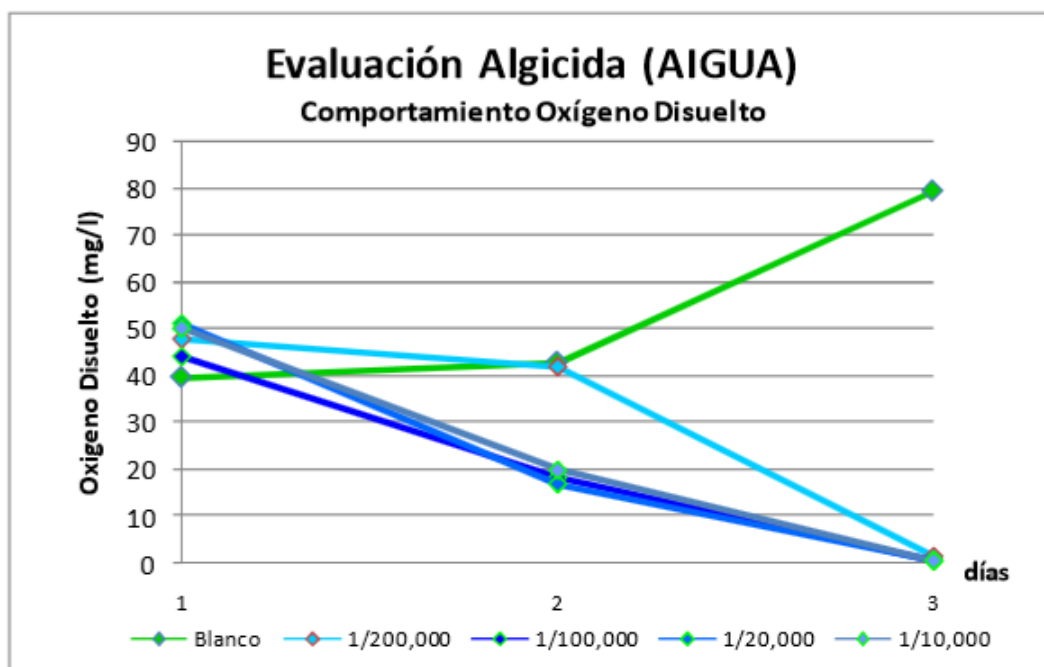


Adicionalmente a lo anterior, la evaluación de parámetros indirectos relacionados al efecto de la actividad o inactividad de dichos organismos permitieron ayudar a evaluar y sustanciar el efecto de dicho producto, tal es el caso del comportamiento de la generación de sedimentos.



Donde sus resultados en base a la anterior gráfica y lámina ilustrativa permiten determinar una diferencia marcada en la cantidad de organismos que gradualmente se produjeron durante el periodo de prueba es decir que en la muestra blanco donde no se aplicó el producto AIGUA presento una actividad dinámica de replicación o producción de algas mientras que la dosificación gradual del producto AIGUA la actividad de replicación se vio afectada por ello una disminución en el volumen de sedimentos generados principalmente en las dosificaciones en proporciones de 1/20,000 partes.

Por otro lado, contemplando que la actividad de las algas también se puede evaluar en forma indirecta por el comportamiento del contenido de Oxígeno Disuelto (OD) en el medio, su seguimiento a través de la evaluación de este parámetro mediante diferentes dosificaciones del producto AIGUA a muestras de agua conteniendo una cantidad importante de algas, permitió obtener la siguiente gráfica donde se resume el comportamiento de los resultados para este parámetro.



	Blanco	1/200,000	1/100,000	1/20,000	1/10,000
1 día	39.655	47.95	44.065	51.135	49.91
2 días	42.805	42.035	18.445	17.15	19.81
3 días	79.415	1.61	0.77	0.805	0.7

En ésta se observa en forma general la disminución gradual del contenido de oxígeno disuelto, en el caso de un día posterior a la dosificación del producto AIGUA para el caso de dosificaciones mayores en proporción a 1/100,000 partes se observa la disminución del contenido de oxígeno disuelto comparado con el blanco e incluso con la dosificación de 1/200,000 partes, así mismo para el tercer día de evaluación la actividad de las algas se ve afectada comparada con el blanco ya que la presencia de oxígeno disuelto se nulifica, por lo que indirectamente se determina que aun cuando puede existir presencia de algas como se especificó en la evaluación microscópica éstas no se encuentran activas (muertas) lo cual determina que el Producto AIGUA posee acción alguicida.

## Prueba evaluación de alteración de la calidad del Agua Residual por dosificación del producto AGUA (cuarta actividad)

Para esta actividad, los resultados obtenidos que se encuentran concentrados en la siguiente tabla comparativa, permiten determinar que la aplicación del producto AGUA no altera en forma importante los valores de la calidad del agua residual original, a excepción del parámetro de cobre que de acuerdo a la dosificación aplicada tan solo se eleva en proporción de 7 veces su valor original pero que aun así éste se encuentra dentro de las especificaciones de la NOM-002-SEMARNAT-1996 y de la propia NOM-001-SEMARNAT-1996.



Secretaría del Medio Ambiente  
Sistema de Aguas de la Ciudad de México



DIRECCIÓN TÉCNICA  
SUBDIRECCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA  
U.D. DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR AGENTES QUÍMICOS  
RESULTADOS DE LA MUESTRA DE AGUA RESIDUAL DE LA CAPTACIÓN LUMBRERA No. 6 S. C. NAC.-C. CHALCO

GRUPO	PARÁMETROS	UNIDAD	Criterio de referencia NOM-002-SEMARNAT-96		Folio Laboratorio No. 929-ER	Folio Laboratorio No. 930-ER
			Instantáneo	Promedio Diario	CONTROL (A.R) 18-Ago-08	COLECTOR (A.R+ PRODUCTO) 18-Ago-08
FÍSICOS	pH		5.5-10	5.5-10	7.95	7.88
MINERALES	DUREZA TOTAL	mg/l	N/S	N/S	249.2	236.2
	DUREZA CALCIO	mg/l	N/S	N/S	89.3	84
	DUREZA MAGNESIO	mg/l	N/S	N/S	159.9	152.2
	COND. ELEC.	umhos/cm	N/S	N/S	1868	1823
	CLORUROS	mg/l	N/S	N/S	180.7	158.9
SÓLIDOS	SOL. TOTALES	mg/l	N/S	N/S	1592	1554
	SOL. TOT. FIJ.	mg/l	N/S	N/S	1256	1236
	SOL. TOT. VOL.	mg/l	N/S	N/S	336	318
	SOL. DIS. TOT.	mg/l	N/S	N/S	1409	1334
	SOL. DIS. FIJ.	mg/l	N/S	N/S	1223	1206
	SOL. DIS. VOL.	mg/l	N/S	N/S	186	128
	SOL. SUSP. TOT.	mg/l	75*	125	163	220
	SOL. SUSP. FIJ.	mg/l	N/S	N/S	33	30
	SOL. SUSP. VOL.	mg/l	N/S	N/S	150	190
	SOL. SEDIM.	ml/l	10	7.5	<0.1	<0.1
NUTRIENTES	NITR. AMON.	mg/l	N/S	N/S	54.26	50.06
	NITRATOS	mg/l	N/S	N/S	0.299	0.563
	FÓSFORO TOT.	mg/l	N/S	N/S		
	FOSFATOS TOT.	mg/l	N/S	N/S	52.7	34.6
	SULFATOS	mg/l	N/S	N/S	289.7	284
	NITR. NITRITOS	mg/l	N/S	N/S	<0.05	<0.05
MET. ALC. Y ALC. TERRE.	CALCIO TOTAL	mg/l	N/S	N/S	35.78	33.66
	MAGNESIO TOT.	mg/l	N/S	N/S	38.83	36.97
	SODIO TOT.	mg/l	N/S	N/S	314.43	298.58
	POTASIO TOT.	mg/l	N/S	N/S	45.46	39.85
	FERRO TOT.	mg/l	N/S	N/S	1.061	0.667
	MANGANESO TOT.	mg/l	N/S	N/S	0.141	0.132
Metales	COBRE TOTAL	mg/l	20	15	1.28	7.06
MATERIA ORGÁNICA	D.B.O. TOTAL	mg/l	75*	150	268	284
	D.B.O. SOLUBLE	mg/l	N/S	N/S	187	146
	D.Q.O. TOTAL	mg/l	N/S	N/S		538.6

Valores fuera de especificaciones de la NOM-002-SEMARNAT-1996  
Valores relevantes

\*NE No efectuado por revasar las condiciones de análisis, exceso de grasa aprox. 50% de volumen que revasan las propias especificaciones de la NOM-002-SEMARNAT-1996



## Conclusiones

De acuerdo a los resultados de la evaluación realizada, se confirma que el producto AGUA promovido por la empresa AMEPSA, tiene **actividad real e inmediata para la supresión del H<sub>2</sub>S**, susceptible de desorberse en el agua residual, en una dosificación de entre 1/5000 (partes de producto/partes de Agua Residual) hasta una proporción de 1/26400, lo que permite tener un gran margen de aplicabilidad en las aguas residuales de diferentes sitios en la Ciudad de México, donde exista una problemática derivada de la emanación de H<sub>2</sub>S a su entorno.

Esta actividad aprobada, promueve salvo una evaluación específica de la posible aplicación extensiva tanto para la remoción de H<sub>2</sub>S en agua de extracción del subsuelo para abastecimiento en la zona Oriente, como posible pretratamiento en el influente de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Las ventajas de dicho producto al ser comparado con la actividad ya probada para el NaOH, son las siguientes:

- ✓ Para los dos casos, su reacción es inmediata, en el caso del producto AGUA éste posee la capacidad de garantizar disminuciones de H<sub>2</sub>S hasta valores más próximos a 0 ppm, esto en forma proporcional a su dosificación, manteniéndolos por debajo de las especificaciones que enmarca la NOM-010-STPS-1999; mientras que el NaOH (sosa) depende de concentraciones más elevadas para lograr disminución de los valores por debajo de dicha norma.
- ✓ En este sentido, la proporcionalidad en dosificación es menor para el Producto AGUA, esto con base a su presentación y contrastado con una solución al 40% de sosa grado industrial, a tal grado de generar una diferencia en volumen de aplicación del orden de entre un 63% hasta de un 94%.
- ✓ Esta disminución lo hace más manejable, repercutiendo tanto en su facilidad de preparación, con una sencilla dilución al 20-30% con agua simple, así como en su facilidad y diversidad de aplicación ya sea mediante aspersión y otro tipo de aplicación.
- ✓ La aplicación del producto AGUA no altera la calidad del agua residual original, a excepción del parámetro de cobre que de acuerdo a la dosificación aplicada, ésta cumple con las especificaciones de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y de la propia NOM-001-SEMARNAT-1996, lo que a diferencia de la aplicación de NaOH, ésta puede repercutir en incremento de los valores del RAS (Relación de Adsorción de Sodio) por un uso generalizado repercutiendo en suelos de riego.

En forma adicional se comprobó que el producto AGUA **posee propiedades** alguicidas específicas para los tipos de algas que se desarrollan en esta zona, lo cual permite diversificar su aplicabilidad para ayudar a coadyuvar en el control de la proliferación de algas en los lagos artificiales de Chapultepec, Aragón, Bosque de Tláhuac, Pista de Canotaje de Cuemanco, Xochimilco entre otros, así como en las diferentes fuentes ornamentales con que cuenta esta Ciudad de México, en las que se utiliza Agua Residual Tratada y donde la presencia de estas algas les da un aspecto poco propicio, principalmente en los corredores turísticos de esta Ciudad de México.

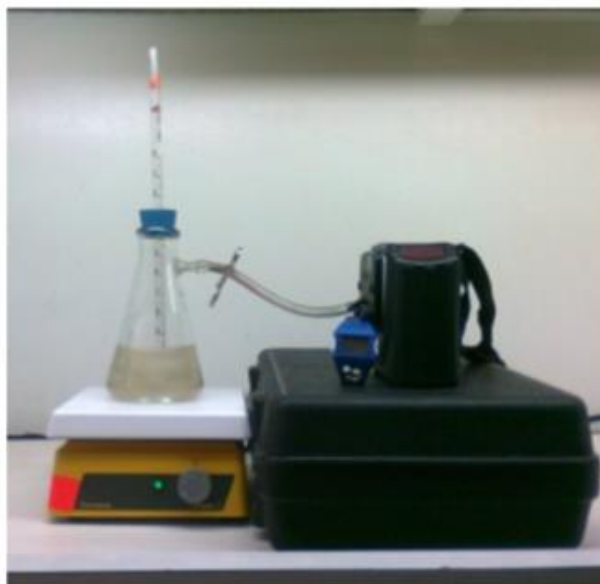


# **ANEXO I**

## **Procedimiento para la evaluación del H<sub>2</sub>S susceptible de desorberse en Agua Residual**

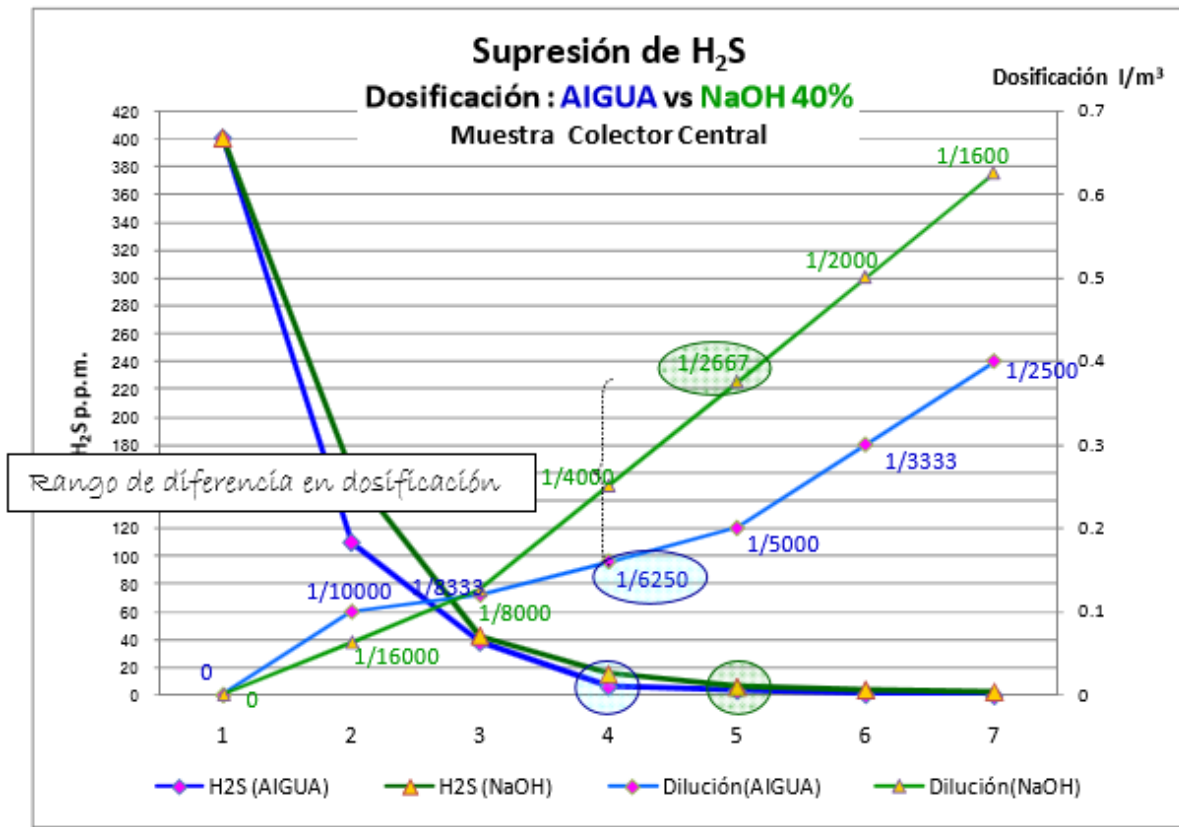
### Procedimiento de Prueba.

De cada una de las muestras para cada prueba de dilución se toma un volumen de aproximadamente 250 ml, el cual se adiciona al matraz Kitasato de 500 ml se coloca su dispositivo de cierre (tapón de hule con pipeta simulando un sifoneo), se agita a una velocidad de 250 rpm con parilla de agitación y agitador magnético por 60 segundos, para posteriormente mediante manguera de taygón ubicada en la salida del matraz Kitasato se conectará al detector de gases Xam-7000, garantizando una lectura máxima durante 90 segundos y registrando el valor máximo alcanzado.

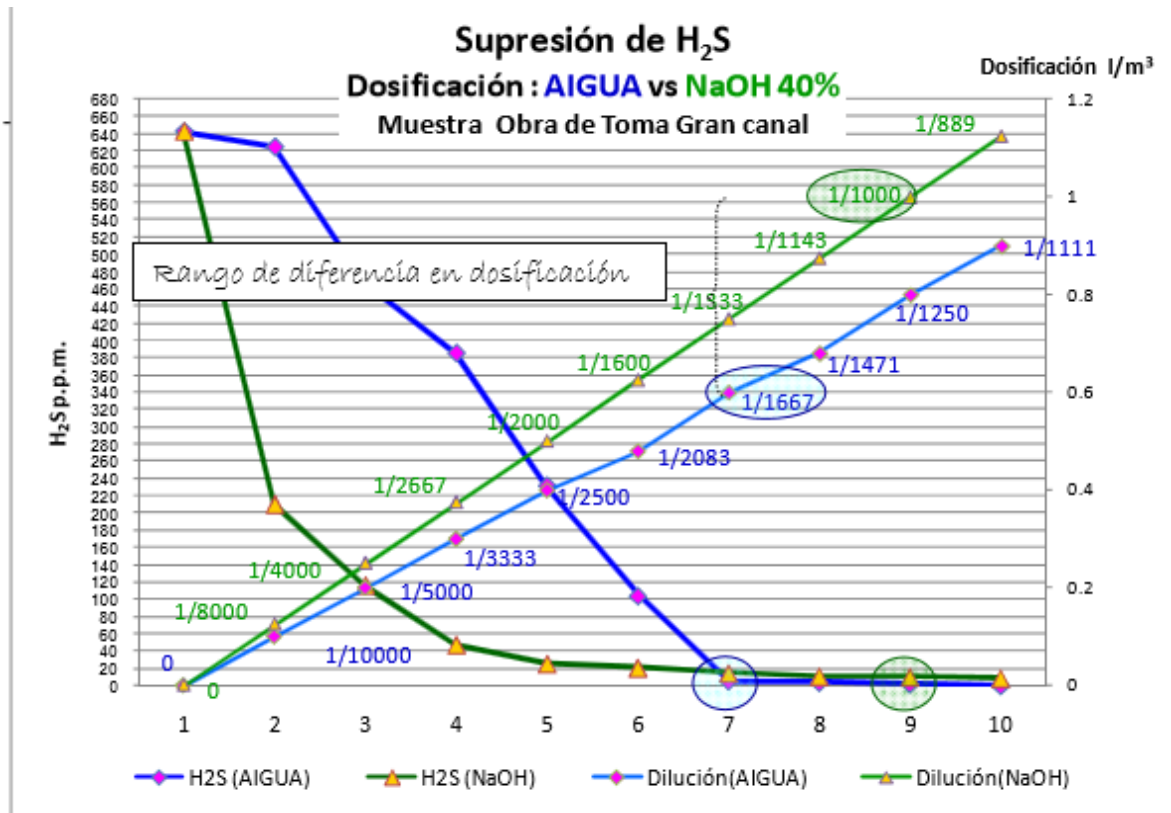


## **ANEXO II**

**Gráficas de comportamiento para la supresión de H<sub>2</sub>S en  
agua residual de los colectores Miraflores y 5 de Mayo, y  
Obra de Toma de Gran Canal**



Dosificación AGUA		H <sub>2</sub> S p.p.m.		Dosificación NaOH 40%	
l/m <sup>3</sup>	Proporción	AGUA	NaOH	l/m <sup>3</sup>	Proporción
0	0	400	400	0	0
0.1	1/10000	110	160	0.0625	1/16000
0.12	1/8333	38.2	42.6	0.125	1/8000
0.16	1/6250	6.2	15.1	0.25	1/4000
0.2	1/5000	3.4	5.9	0.375	1/2667
0.3	1/3333	0.8	3.8	0.5	1/2000
0.4	1/2500	0	2.4	0.625	1/1600



Dosificación AGUA		H <sub>2</sub> S p.p.m.		Dosificación NaOH 40%	
l/m <sup>3</sup>	Proporción	AGUA	NaOH	l/m <sup>3</sup>	Proporción
0	0	643	643	0	0
0.1	1/10000	625	210	0.125	1/8000
0.2	1/5000	468	116	0.25	1/4000
0.3	1/3333	386	46.8	0.375	1/2667
0.4	1/2500	232	24.6	0.5	1/2000
0.48	1/2083	104	20	0.625	1/1600
0.6	1/1667	5.3	13.5	0.75	1/1333
0.68	1/1471	3.6	10.1	0.875	1/1143
0.8	1/1250	1.9	9.4	1	1/1000
0.9	1/1111	0	8	1.125	1/889

## **ANEXO III**

### **Resultados de la evaluación Alguicida**

## Evaluación Microscópica

Recuento promedio X 5 campos de evaluación

	Especie	Blanco	1/250000	1/100000	1/50000	1/25000	1/16666	1/12500	1/10000	1/8333	1/7143
07-sep	1	3.6	3	5.4	5	3.8	2.4	3.2	1	2.6	3.2
	2	6.4	5.2	6.4	7	3.6	2	2.2	1	2.4	3.8
	3	0.6	0.6	1.2	2.6	2.2	0.2	0.2	0.666667	0.6	0
	4	0	0.2	0.4	0	0	0	0	0	0.2	0.2
	5	0	0	1	4	0.6	0	0	0	0.4	0
08-sep	1	3.6	3	2.8	1	0.4	1.6	1.6	1.4	0.8	1.6
	2	6.4	5.2	6.4	3.8	2.8	3.6	2.8	3.2	3.2	3
	3	0.6	0.6	1	0.6	0	0.8	0.6	1	0	0
	4	0	0.2	0.2	0.6	1	0.6	0.4	1	1	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-sep	1	4.2	2.6	2.2	2.6	3.8	4.2	3.6	4	4	4.2
	2	0.6	3.4	2.2	1.4	2	2.2	0.8	2	2.2	1.8
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-sep	1	4.4	0.8	0	2.4	3.8	1.2	1.6	2.4	2	1.6
	2	0.4	0	0	0.2	1	0	0.6	0.4	0.8	0.4
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Recuento Total X Fecha

Fecha	Blanco	1/250000	1/100000	1/50000	1/25000	1/16666	1/12500	1/10000	1/8333	1/7143
7-sep-10	53	45	72	93	51	23	28	8	31	36
8-sep-10	53	45	52	30	21	33	27	33	25	28
10-sep-10	24	30	22	20	29	32	22	30	31	30
13-sep-10	24	4	0	13	24	6	11	14	14	10

Promedio Total del Porcentaje y fecha

Blanco	1/250000	1/100000	1/50000	1/25000	1/16666	1/12500	1/10000	1/8333	1/7143
72.64	58.49	68.87	73.58	58.96	44.34	41.51	40.09	47.64	49.06

**Evaluación sólidos Sedimentables****Evaluación Algicida (AIGUA)****Comportamiento Sólidos sedimentables (ml/l)**

	Blanco	1/200,000	1/100,000	1/20,000	1/10,000
24 horas	26	29	21	1.5	1.3
7 horas	26	0.5	0.7	0.1	0.1
1 hora	0.7	0.1	0.1	0	0

**Evaluación Oxígeno Disuelto****Evaluación Algicida (AIGUA)****Comportamiento Oxígeno disuelto (mg/l)**

	Blanco	1/200,000	1/100,000	1/20,000	1/10,000
08-sep	39.66	47.95	44.07	51.14	14.26
09-sep	42.81	42.04	4.45	17.15	5.66
10-sep	79.42	1.61	0.77	0.81	0.2