



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SACMEX

SUBDIRECCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

INFORME TÉCNICO

EVALUACIÓN DEL PRODUCTO “AIGUA”:

- EVALUACIÓN INDIRECTA DE LA SUSCEPTIBLE DISMINUCIÓN DE CARGA ORGÁNICA EN AGUA RESIDUAL



Diciembre 2020

INDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
<i>ACTIVIDADES REALIZADAS</i>	5
Prueba para evaluar el comportamiento del Oxígeno disuelto (primera actividad)	5
Prueba para evaluar el comportamiento de la adición de un agente Oxidante-Hipoclorito de sodio (segunda actividad)	7
<i>RESULTADOS y ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>	8
<i>CONCLUSIONES</i>	14

Introducción

En la actualidad, el tratamiento de aguas negras se ha convertido en una necesidad crítica, no solo por el cumplimiento normativo ambiental, sino por el impacto positivo que representa en términos de saneamiento, salud pública y sostenibilidad.

Las aguas negras u/o aguas residuales, también conocidas como aguas servidas, son aquellas que han sido utilizadas en procesos domésticos, comerciales e industriales, y contienen una alta carga de contaminantes de naturaleza orgánica, que pueden medirse a través de los parámetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) y que deben eliminarse antes de ser vertidas nuevamente al medio ambiente.

Tanto la DBO como la DQO son medidas «indirectas» de la cantidad de materia orgánica, es decir, de carbono, que debe degradarse para depurar el agua.

A través de distintas tecnologías y procesos, el tratamiento de aguas negras permite la depuración, eliminación de patógenos, reducción de materia orgánica y control de sólidos, garantizando así una mejor calidad del agua.

Existen varios métodos de tratamiento utilizados para eliminar la DBO de las aguas residuales:

Los procesos físicos como el cribado, la sedimentación y la filtración eliminan las partículas grandes y los sólidos en suspensión de las aguas residuales.

Los procesos químicos como la coagulación, la floculación, la electrocoagulación y la oxidación con ozono utilizan productos químicos para eliminar los sólidos en suspensión y la materia orgánica del agua.

Los procesos biológicos, como el tratamiento con lodos activados, utilizan microorganismos para descomponer y consumir la materia orgánica de las aguas residuales. En este proceso, las aguas residuales se mezclan con una combinación de bacterias y otros microorganismos en un tanque de aireación (licor mixto). Los microorganismos se alimentan de la materia orgánica y la convierten en dióxido de carbono y agua, a la vez que consumen oxígeno disuelto en el proceso.

La elección del proceso de eliminación de la DBO depende de diversos factores, entre los que se incluyen la caracterización de las aguas residuales, el volumen, la calidad requerida del efluente, la normativa vigente, los recursos disponibles, etc. Es habitual utilizar una combinación de diferentes procesos para alcanzar el nivel deseado de eliminación de la DBO.

En procesos biológicos, es de considerar que la presencia de materia orgánica en el agua promueve el consumo de oxígeno (como oxígeno disuelto-OD), debido a que los microorganismos la transforman a CO_2 y H_2O mediante un proceso aerobio, causando para el caso del OD una disminución gradual de su concentración si no hay una fuente aportante continua, lo que puede llevar en consecuencia a condiciones de hipoxia o anoxia (falta de oxígeno) y por lo tanto a deficiencias en los procesos de tratamiento.

En este contexto el producto denominado “AIGUA” del que con anterioridad se ha probado sus propiedades para la supresión del H_2S además de su propiedad alguicida (eliminación de algas), hoy se plantea como una alternativa en la aplicabilidad para la disminución de carga orgánica, la cual puede ser de utilidad en los sistemas de tratamiento de aguas residuales; por lo que aun cuando en estos momentos por falta de insumos no se puede realizar un análisis de DBO y DQO en el laboratorio, este informe documenta los resultados de una evaluación indirecta de esa posible capacidad y que a su vez pone a prueba dicha propuesta.

Actividades Realizadas

Las actividades se concentraron en dos principales, la **primera** se centró en evaluar el comportamiento de la presencia de Oxígeno Disuelto, su consumo y permanencia en dos muestras de una misma agua residual, con las siguientes variantes: una muestra de 1000 ml de agua residual aplicándole una dosificación 1:20,000 del Producto Aigua y como testigo o contraste una misma muestra de 1000 ml de agua residual sola, manteniendo las mismas variantes para ambas muestras.

La segunda actividad se desarrolló bajo el principio de un análisis volumétrico por excedencia o más comúnmente conocido como “valoración por retroceso” a través de una evaluación del comportamiento de la aplicación gradual de Hipoclorito de sodio (agente oxidante), evaluando su consumo como agente oxidante, hasta lograr identificar su excedencia mediante la presencia como Cloro Residual libre una vez que ya no hubo material oxidable en dos muestras una como agua residual más el producto Aigua y la otra como contraste o testigo como agua residual sola.

Procedimiento

Características de la prueba

Las muestras de agua residual fueron idénticas tanto para la muestra testigo como la correspondiente a la evaluación del producto “Aigua”, salvo su respectiva dosificación de producto aplicado.

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

Prueba para evaluar el comportamiento del Oxígeno disuelto (primera actividad)

1.- Se habilitan dos recipientes de vidrio, sobre una parrilla de agitación y agitador magnético, así como detector de Oxígeno Disuelto (OD) de la marca Hach modelo HQ40D, una para cada frasco, identificando cada muestra como: agua residual y agua residual +producto Aigua.

2.- Con probeta graduada se adiciona a cada frasco un volumen de 1000 ml de agua residual tratada colectada del colector Miramontes, previa homogeneización.



3.-Se inicia con una agitación de 3 rpm y se registra el valor de OD cada minuto y posterior cada 5 minutos para cada frasco muestra, hasta completar 30 min.

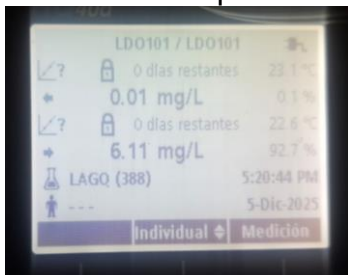
4.- Una vez llegado a un máximo de OD, se suspende la agitación a ambas muestras, para ver su comportamiento respecto del OD, registrando cada 5 minutos el valor de OD en cada muestra, hasta completar 30 min.

5.-Se procede a aplicar aeración con una bomba de aire tipo pecera modelo Elite 802, con adaptador tipo "Y" para dos salidas, una para cada frasco durante 30 min, cuidando que la aireación (OD) se mantuviera homogénea para ambas muestras, registrando sus lecturas cada 5 minutos durante este tiempo.

6.- Una vez transcurridos los 30 min se aplica la dosificación 1:20,000 del producto Agua a uno de los frascos y el otro se le deja sin aplicación, registrando los valores de OD cada 5 min hasta transcurrir 30 min.

7.- Posteriormente se suspende la aeración para ambos frascos (solo permanece la agitación) y se sigue registrando cada 5 minutos el OD durante 30 min.

8.-Finalmente se suspende la agitación para ambas muestras y se sigue registrando cada 5 minutos el OD durante el tiempo necesario.



9.- Los datos de Oxígeno Disuelto registrados para cada una de las muestras se grafican contra el tiempo en minutos.

Prueba para evaluar el comportamiento de la adición de un agente Oxidante-Hipoclorito de sodio (segunda actividad)

1.- Se habilitan dos recipientes de vidrio, sobre parrilla de agitación y agitador magnético, agregando a cada frasco un volumen de 1000 ml de agua residual tratada colectada del colector Miramontes, previa homogeneización.

2.-Se inicia con una agitación de 6 rpm durante 30 minutos, posterior a ello se agrega la dosificación 1:20,000 del producto Agua a uno de los frascos y el otro se deja sin aplicación, permaneciendo con una agitación por 30 minutos más.

3.-Durante el tiempo transcurrido a los 30 min, se prepara una solución de cloro comercial de 1 ml en 250 ml de agua destilada en matras aforado de 250 ml hasta su aforo

4.- De esta solución de cloro se agrega gradualmente volúmenes de 1 ml a cada frasco de 500 ml de muestra, se deja agitando por 5 min y se colectan muestras para su evaluación de Cloro Residual Total (CRT) mediante equipo Hanan modelo HI97734C.

5.- Se continua gradualmente incorporando volúmenes de 1 ml de la solución de hipoclorito a cada frasco hasta que se detecte la presencia de cloro residual Total, culminando hasta dos registros consecutivos de presencia de cloro residual Total.

6.- Se registran los volúmenes adicionados y las concentraciones registradas de Cloro Residual Total para cada muestra y se grafican.



Los resultados de cada prueba se representan en graficas comparativas.

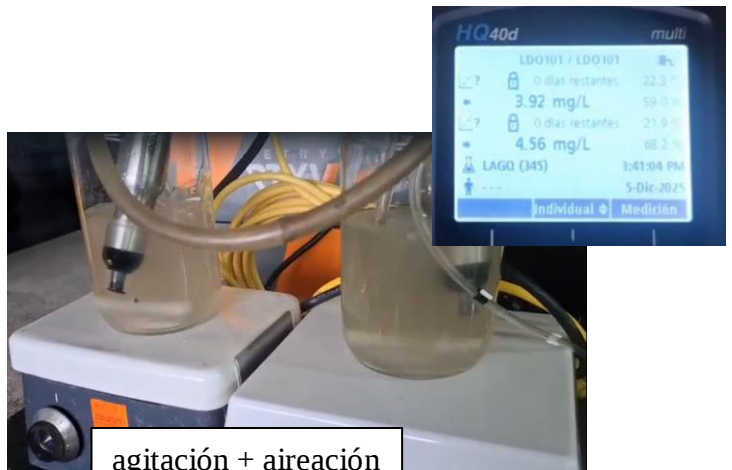
Resultados y Análisis de Resultados

Los resultados de la primera actividad concerniente al comportamiento del Oxígeno Disuelto con la adición del producto AGUA en agua residual, mediante el procedimiento de evaluación especificado, se concentra en la siguiente tabla y gráfica comparativa.

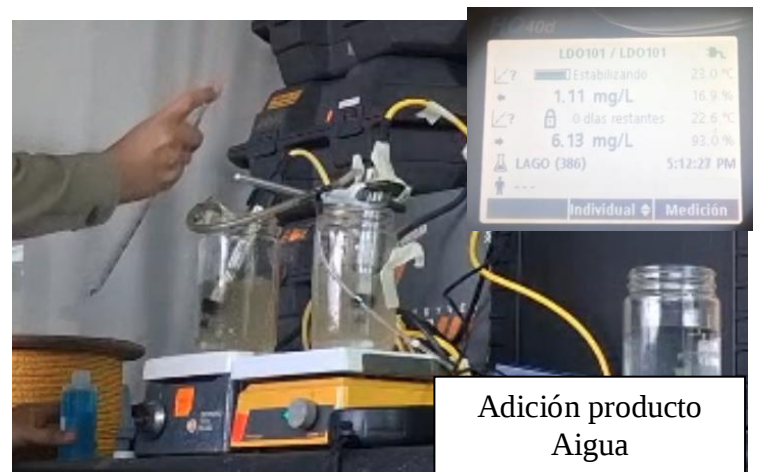
Condición	minutos	A R+prod OD _(mg/l)	AR OD _(mg/l)
Agitación	1	0.56	0.77
	2	0.59	0.84
	3	0.61	0.86
	4	0.63	0.91
	5	0.67	0.96
	6	0.7	1
	7	0.73	1.06
	8	0.8	1.2
	13	0.97	1.46
	18	1.17	1.62
	23	1.56	1.95
	28	1.96	2.16
	33	2.34	2.42
	38	2.54	2.76
Agitación Suspendida	43	2.63	2.96
	48	2.36	2.71
	53	2.1	2.48
	58	1.81	2.21
	63	1.49	1.93
Agitación + Aereación	68	1.17	1.53
	73	1.04	1.31
	78	3.42	4.29
	83	4.48	5.11
Adición de producto	88	5.14	5.77
	93	5.62	5.86
	98	5.84	5.85
Agitación + Aereación	103	5.99	5.87
	108	6.16	5.86
	113	6.26	5.86
	118	6.29	5.89
	123	6.3	5.89
Se suspende Aereación	128	6.27	5.43
	133	6.25	5
Agitación	138	6.23	4.63
	143	6.21	4.34
	148	6.2	4.01
	153	6.22	3.45
Se suspende agitación	158	6.2	3.06
	163	6.2	2.73
	168	6.15	2.37
	173	6.14	1.95
	178	6.14	1.46
	183	6.13	1.03
	188	6.11	0.55
	193	6.11	0.1

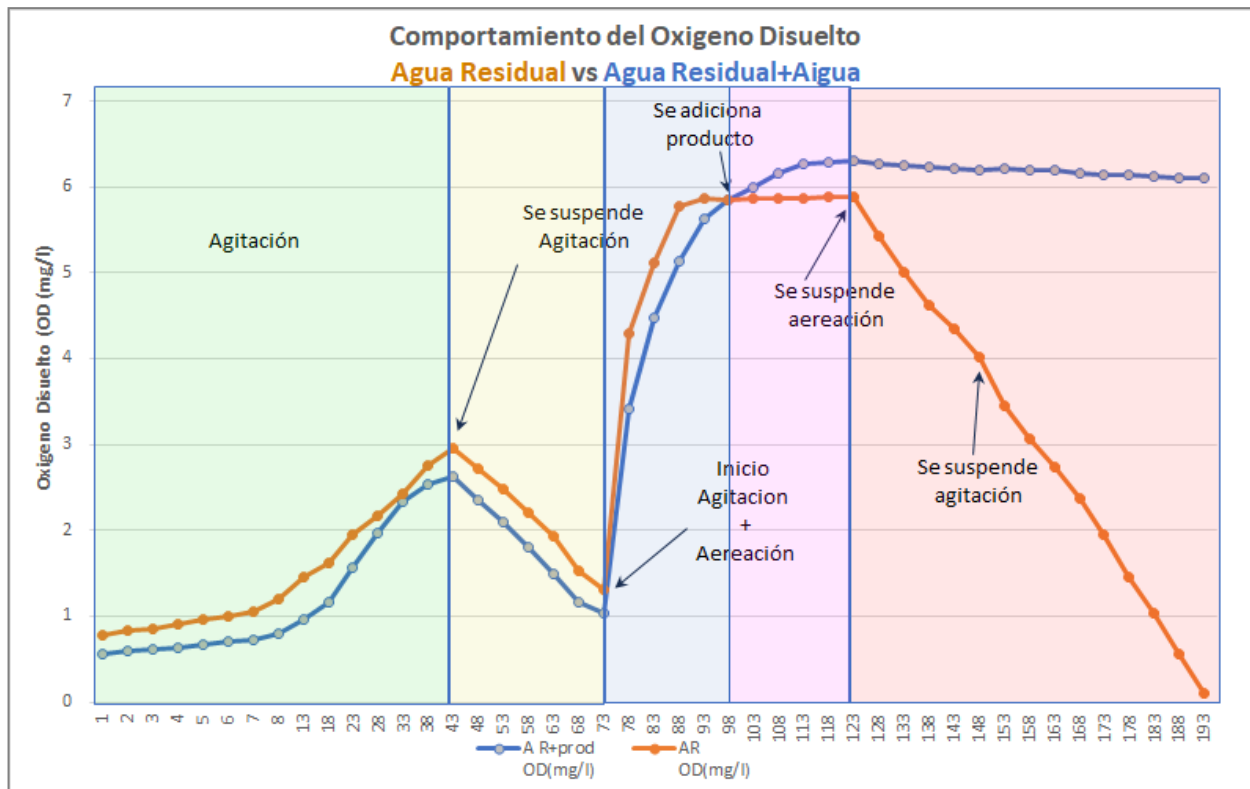


Solo agitación



agitación + aireación

Adición producto
Agua



Los resultados graficados permiten observar en una primera etapa, en la que solo estuvo presente la agitación para ambas muestras, representada por la zona de sombreado verde, un comportamiento similar para ambas muestras con un incremento gradual para la concentración de Oxígeno Disuelto.

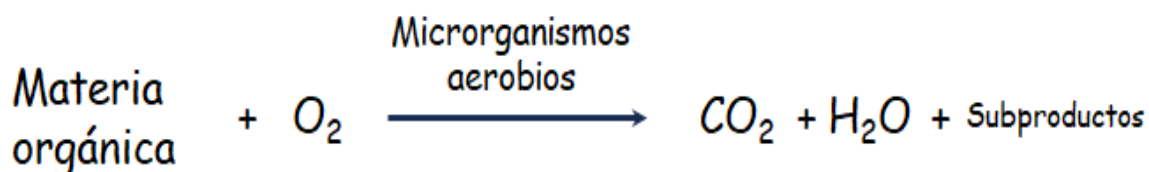
Para garantizar que las muestras eran idénticas con comportamientos similares se suspendió la agitación (sin fuente de oxigenación permanente), observando el decremento gradual de su concentración de oxígeno disuelto para ambas muestras, delimitada por la zona amarilla.

En forma posterior cuando se habilita la agitación y la aireación para ambas muestras, su comportamiento siguió siendo similar con una muy ligera variación en su tendencia a un incremento vigoroso de la concentración de Oxígeno Disuelto de hasta el orden de los 5.62 a 5.86 mg/l, manteniendo condiciones similares hasta este momento para ambas muestras y que se observan en la parte de la zona azul de la gráfica.

Posterior a esta zona se logra ver el punto de contraste cuando a estas mismas condiciones se le adiciona a una de las muestras la dosificación 1:20,000 partes (1 gota de Agua en 1 l de agua residual) del producto, siendo en este momento cuando para esta muestra la curva se diferencia a tal grado de que el oxígeno disuelto se eleva ligeramente más hasta del orden de los 6.22 mg/l manteniendo esta concentración bajo estas condiciones, mientras que el agua residual sola tan solo llegaba a los 5.859 mg/l de oxígeno disuelto (sección de la zona lila).

Observando una diferenciación mayor (zona Naranja) cuando se es suspendida la aireación en un primer término y la agitación en un segundo, observando que el OD en la muestra con producto se mantuvo con una concentración no menor a los 6.11 mg/l de OD, mientras que el agua residual como tal fue perdiendo gradualmente su concentración de OD.

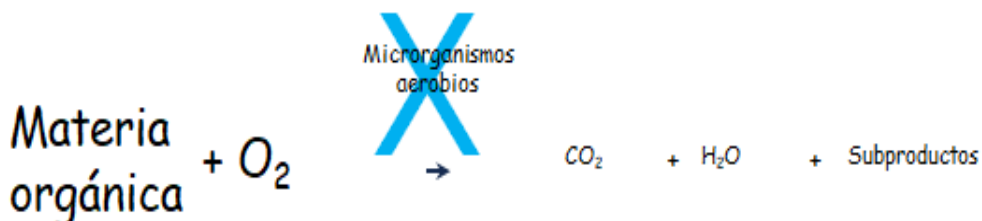
Este comportamiento está basado en el siguiente esquema de reacción.



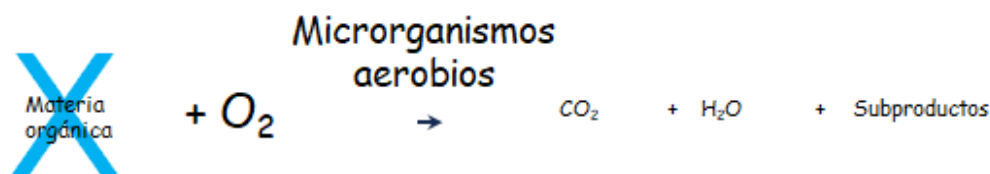
Para el caso de la muestra de Agua residual, la reacción tendería a situarse hacia la derecha, siempre y cuando exista una actividad microbiana con la presencia de una carga orgánica y una fuente continua de oxígeno; es así que cuando se suspendiera la fuente de aireación (oxígeno) el medio generara un consumo gradual del oxígeno presente en la muestra disminuyendo este proceso gradualmente y su desplazamiento tendería a mantenerse del lado izquierdo, convirtiéndose el oxígeno gradualmente en un reactivo limitante, cada vez más pronunciado hasta desaparecer en su totalidad.

Por otro lado, en la muestra de Agua residual + el producto Agua, el oxígeno se mantuvo presente, sin una fuente aportante de este en forma gradual, incluso cuando se suspendió la aireación y agitación. Este hecho puede verse reflejado por los siguientes dos fenómenos en base a la siguiente reacción:

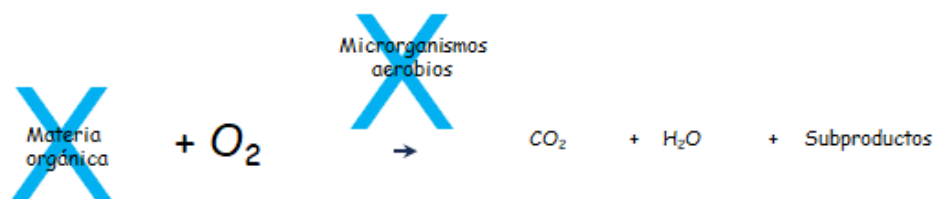
El primero atribuible a que el efecto de la adición del producto Agua haya generado un efecto **antimicrobiano**, atenuando o eliminando la actividad microbiana y con ello un bajo o nulo consumo de oxígeno, manteniendo el equilibrio de la reacción del lado izquierdo, viéndose reflejado en la muestra al mantener sus valores de este parámetro (OD).



El otro de ellos, puede ser atribuible al efecto generado por la adición del producto Agua, como **agente oxidante** con acción directa a la materia orgánica presente en la muestra, a tal grado de disminuir su carga orgánica disminuyendo una de las fuentes para la actividad microbiana y con ello limitar el consumo de oxígeno presente en el medio de la muestra y más bien manteniendo su concentración.



Finalmente, una tercera vía, con el mismo efecto del producto Agua como **agente oxidante**, pero **no selectivo** con efecto tanto a la materia orgánica como a los propios microorganismos, generando con ello una atenuación de la reacción y por ello un nulo consumo de oxígeno del medio.

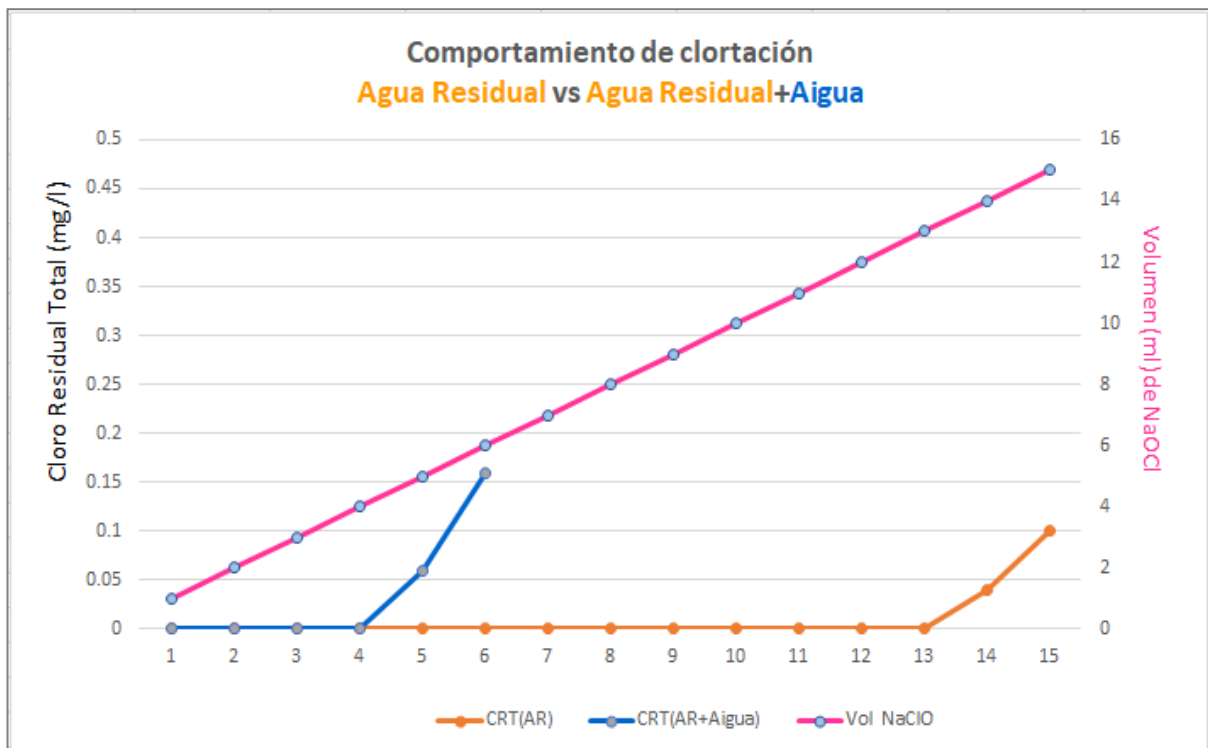


En este sentido, para poder dilucidar entre una u otra forma se realizó una segunda actividad adicional, correspondiente a evaluar el efecto oxidante con la ayuda de hipoclorito de sodio, bajo el siguiente considerando.

Si sigue existiendo materia orgánica (incluyendo los microorganismos) en el medio de la muestra va a haber un consumo gradual de hipoclorito de sodio, hasta el momento de reaccionar estequiométricamente toda la materia orgánica con este y una vez que ya no exista, el hipoclorito de sodio se podrá identificar como Cloro residual Total en un punto denominado como excedente mediante el reactivo DPD (N,N-Dietil-p-fenilendiamina, cuya reacción con el cloro genera un compuesto colorido rosado a fuchsia identificable por colorimetría), con este principio se pretende evaluar si existe diferencia entre un agua residual sola y el agua residual + el producto Agua.

Los resultados obtenidos se encuentran plasmados en la siguiente tabla y gráfica de comportamiento.

Volumen	Cloro Residual Total	
	NaClO	(AR) (AR+Aigua) mg/l mg/l
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0.06
6	0	0.16
7	0	
8	0	
9	0	
10	0	
11	0	
12	0	
13	0	
14	0.04	
15	0.1	



Resultados que determinan que en la muestra con aplicación y acción del producto Agua se requirió menos volumen de hipoclorito de sodio para llegar al punto de la presencia de Cloro Residual Total en una proporción menor en un 64.28% respecto al correspondiente del agua residual sola.

Es decir, que el producto Agua en la dosificación aplicada si tuvo un efecto oxidante a la materia orgánica presente en el agua residual, a tal grado de oxidar en una proporción de un 64%, porcentaje que es relativamente importante si se actuara directamente a la materia orgánica.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de las evaluaciones realizadas, se determina que el producto AIGUA tiene propiedades como “**agente oxidante no selectivo**” en muestras de agua residual mediante la oxidación de la materia orgánica presente, impactando en una proporción del 64% mediante una dosificación de entre 1/20 000 (partes de producto/partes de Agua Residual), lo que permite tener un gran margen de aplicabilidad junto con otras propiedades señaladas en anteriores estudios en las aguas residuales de diferentes sitios, donde exista una problemática a resolver y que esta pueda ser una alternativa viable de aplicación.

Para el caso de esta en particular, con ese porcentaje del 64% de oxidación de la materia orgánica en muestras de agua residual, obligaría como necesario evaluar su aplicación en los sistemas de tratamiento no como un sustituyente de los sistemas biológicos, si no como un sistema complementario ya sea como opción de pretratamiento con incidencia en disminuir la carga orgánica previa y su impacto en los tiempos de residencia y los volúmenes de aireación (costos y tiempos), además de la supresión de malos olores (H_2S) propios de los sistemas primarios o como coadyuvante en sistemas de postratamiento biológico para garantizar remociones de carga orgánica a un nivel mayor o en sistemas deficientes e inclusive con aplicabilidad como agente desinfectante en el influente de estas aguas. Esta actividad probada, promueve salvo una evaluación específica de sus posibles aplicaciones extensivas en trenes de tratamiento con salvedad a su aplicación directa a los biodigestores por su actividad oxidativa no selectiva.

En forma adicional aun cuando no está definido el grado de oxidación de la materia orgánica que lograría el producto Aigua y por ende su degradación, esta puede quizás no llegar hasta la oxidación total para la formación de CO_2 y H_2O ; sin embargo quizás se logre una oxidación intermedia, dentro de ellas la posibilidad de transformar la materia orgánica en compuestos que mejorarían su biodegradabilidad como los humus (ácidos húmicos y fúlvicos), siendo estos componentes importantes para la fertilidad de los suelos y el ciclo de nutrientes en ecosistemas acuáticos y terrestres, tema que sería conveniente analizar.