



Disminución de la demanda química de oxígeno (dco) en aguas residuales generadas en una industria de agroquímicos

Decrease in chemical demand of oxygen (cod) in wastewater of generated in an agro-chemical industry abstract

Franklin López Rocafuerte

Jaime Fierro Aguilar

René Calero Córdova

Fecha de recepción: 04 de julio del 2015

Fecha de aceptación: 10 de diciembre del 2015

Disminución de la demanda química de oxígeno (dco) en aguas residuales generadas en una industria de agroquímicos

Decrease in chemical demand of oxygen (cod) in wastewater of generated in an agro-chemical industry abstract

Franklin López Rocafuerte¹, Jaime Fierro Aguilar², y René Calero Córdova³

Como citar: López, F., Fierro, J., Calero, R. (2015). Disminución de la demanda química de oxígeno (dco) en aguas residuales generadas en una industria de agroquímicos. *Revista Universidad de Guayaquil*. 121(3), 63-72. DOI: <https://doi.org/10.53591/rug.v121i3.392>

Resumen

Este estudio considera la importancia de establecer metodologías apropiadas en la industria que maneja productos agroquímicos que contienen plaguicidas, herbicidas y otras sustancias contaminantes. No es desconocido que la contaminación en la actualidad representa un problema muy serio para la comunidad y el ecosistema con las consecuencias conocidas, así como su impacto global. En esta investigación se determinó el tipo de sustancia química oxidante más adecuada para disminuir la concentración de la demanda química de oxígeno mediante un procedimiento experimental de tratamiento de aguas residuales y que cumpla con los parámetros exigidos en la normativa ambiental y su posterior descarga. En esta investigación considerando la importancia de establecer metodologías de aplicación en la industria que opera este tipo de productos, no es desconocido que la contaminación en la actualidad representa un problema muy serio para la comunidad, el ecosistema y el medio ambiente en general. Para el desarrollo de este trabajo investigativo se utilizó el método experimental que consistió inicialmente en la aplicación de un tratamiento primario, seguido de un tratamiento secundario y culminando el tratamiento con la aplicación de un proceso de aireación durante 48 horas, de las aguas tratadas, lo que permitió obtener una valor de DCO de 298 mg O₂/litro, valor que cumple con los límites de descarga al sistema de alcantarillado público según la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental

Palabras clave: Tratamiento, agua residual, contaminación, aireación, carga orgánica, oxidante.

Summary

Through a procedure of primary type for the treatment of wastewater containing pesticides, herbicides and other substances, determined the type of oxidizing more suitable for lower chemical demand of oxygen (COD) in these waters, which are within the parameters required by the environmental authorities for later download. chemical oxygen demand (COD) in these waters, the same that are within the parameters required by the environmental authorities for later download. The research was conducted considering the importance of establishing methodologies for application in industry that operates such products; it is not unknown that pollution currently represents a very serious problem for community and ecosystem consequences as well-known as its global impact This study used an experimental method, which initially consisted of the application of a preliminary or primary, treatment followed by a secondary treatment. Together, it was used as part of the experimental process, final treated water aeration Consequently, demonstrate the reduction of organic load through the use of a suitable oxidant, and also that each wastewater that is generated in the industry has its own characteristics, therefore must select the most appropriate treatment method

Keywords: Treatment, wastewater, pollution, aeration, loading organic, oxidizing.

¹ Ingeniero Químico – MSc., Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: revistaug@ug.edu.ec

² Ingeniero Químico, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: revistaug@ug.edu.ec

³ Ingeniero Químico, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: revistaug@ug.edu.ec

Introducción

“La generación de aguas residuales es un producto inevitable de toda actividad humana. Para lograr un tratamiento y disposición final aceptable de éstas, es indispensable conocer sus características físicas, químicas y biológicas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora” (Arellano, 2011).

En general, puede decirse que no debe haber desechos de productos químicos en alcantarillas o masas de aguas sin sus respectivos tratamientos previos debido a causas de contaminación. Además, se sabe que otro tipo de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas es la producida por los residuos agrícolas: plaguicidas, herbicidas, pesticidas y fertilizantes.

Esta investigación tiene que ver con el estudio de la disminución de la demanda química de oxígeno, DQO, en aguas residuales generadas, mayoritariamente por la limpieza de equipos y áreas de producción, en una industria que maneja y envasa productos agroquímicos, la cual está localizada en Durán

Las muestras de las aguas residuales crudas fueron proporcionadas por la empresa agroquímica. A cada una de éstas se las analizó para determinar sus principales características físico-químicas en un laboratorio acreditado de la ciudad de Guayaquil

(Metcalf, 1995), sostienen que “los estudios de caracterización del agua residual están encaminados a determinar: 1) las características físicas, químicas y biológicas del agua y las concentraciones de los constituyentes del agua residual, y 2) los meses más óptimos para reducir las concentraciones de contaminantes”

Una de las razones que motivó a realizar esta investigación es conocer con pertinencia el tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales generadas por la industria agroquímica

Se sabe, que las aguas residuales que se generan en las industrias, en general, tienen sus propias características físicas, químicas y biológicas las cuales dependen del tipo de actividades que éstas realizan. Por tanto, se debe seleccionar el método de tratamiento más idóneo con la finalidad de minimizar su grado de contaminación en el ambiente. Una de las razones que motivó a realizar la investigación es conocer con pertinencia el tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales generadas por la industria agroquímica; además,

tener el conocimiento íntegro de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas

(Arellano, 2011), manifiesta que “la mejor alternativa de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas”

Consecuentemente, se trata de un tema que tiene una gran relevancia porque mediante un proceso físico-químico utilizado se logró no sólo disminuir, de manera significativa, los niveles de contaminación de DQO en las aguas residuales generadas por las actividades antropogénicas de la empresa, si no que el estudio permitió cumplir con el valor exigido en la normativa ambiental vigente en el Ecuador.

Marco teórico

El agua residual

(Arellano, 2011), sustenta que “la contaminación del agua se define como la presencia de sustancias u organismos extraños en un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización con propósitos determinados. La contaminación puede ser natural o antropogénica”

El término de agua residual se utiliza para referirse al agua que presenta una composición variada de líquidos y residuos contaminantes, y que ha sido modificada debido a diversos usos en actividades como: domésticas, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, entre otras.

Debido a la naturaleza de las aguas residuales, estas no pueden ser reutilizadas en el proceso que las generó y que, al ser vertidas en varios cuerpos receptores, sin un tratamiento previo, pueden llegar a implicar una alteración de los ecosistemas terrestres y acuáticos e incluso afectar la salud humana

Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales pueden provenir de diferentes lugares, es así que dependiendo de su origen pueden ser clasificadas como: “Aguas residuales domésticas, aguas residuales municipales y aguas residuales industriales” (Romero, 2001).

Características de importancia en las aguas residuales

(Ramalho, 2008), sostiene que los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una

mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales

Todo cuerpo de agua tiene la capacidad de depurar, asimilar y transformar cierta cantidad de contaminantes, especialmente de origen orgánico, por tal razón, se consideran a los ríos, como los receptores naturales de las aguas residuales. Sin embargo, si se arrojan aguas residuales a un cuerpo de agua, por encima de la capacidad de asimilación, de contaminantes del agua receptora, éste se verá disminuido en su calidad. Las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas especiales a diferencia de las demás aguas.

Conocer estas características es de vital importancia para poder establecer las diferentes cargas orgánicas y los sólidos que transportan, los efectos del vertimiento a un cuerpo de agua, y la selección de procesos y operaciones que resulten eficaces para su respectivo tratamiento.

(Romero, 2001), manifiesta que "cada agua residual es única en sus características y que, en lo posible, los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio para cada agua residual específica"

Características físicas

"Las principales características físicas del agua residual son su contenido de sólidos, distribución de partículas por tamaño, turbiedad, color, transmitancia/absorbancia, olor, temperatura, densidad y conductividad" (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Características químicas

Entre las principales características químicas tenemos: potencia de hidrógeno, nitrógeno, azufre, fósforo, aceites y grasas, metales pesados, detergentes y materias orgánicas, carbono total orgánico, DCO y DBO.

Características biológicas

(Crites & Tchobanoglous, 2000), sustentan que "las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea por medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales"

Normas para caracterización de aguas residuales Según el (Ministerio de Medio Ambiente, 2003) sostiene que "para la caracterización de aguas residuales que se generan de los procesos de envasado y limpieza, se aplique la normativa contenida en el TULAS, Libro VI, Anexo 1, vigente"

Normas de descarga de efluentes al sistema alcantarillado público

"Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis
- e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas". (Ministerio de Medio Ambiente, 2003)

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos en la Tabla 1A. (Ver anexo).

Operaciones unitarias básicas para el tratamiento de aguas residuales industriales

Generalmente, existen dos tratamientos de aguas. El tratamiento de aguas para el consumo humano y el tratamiento de aguas residuales. "ambos tratamientos tienen los mismos principios, pero el tratamiento de aguas residuales es más complejo debido a que la cantidad de contaminantes contenidos es más alta" (Arellano, 2011).

(Ramalho, 2008) explica que "el tratamiento de aguas residuales lleva consigo muchos procesos de tratamientos y equipos, operaciones unitarias y de procesos, que se hizo evidente que, sobre todo, la ingeniería química debería tener una participación prioritaria en la resolución de los problemas de aguas residuales"

Operaciones físicas

En estos métodos predominan las fuerzas físicas que permiten la remoción de la materia en suspensión que está presente en el agua a tratar, mediante tratamiento preliminar. Los sólidos en suspensión generalmente se forman por partículas de diferentes tamaños y formas. La eliminación de esta materia se realiza mediante operaciones mecánicas.

“Los objetivos del tratamiento preliminar o pretratamiento son: 1) acondicionar el agua residual para ser tratada en las siguientes etapas del proceso, 2) remover materiales que pueden interferir con los equipos y procesos de tratamiento aguas abajo del tratamiento preliminar, y 3) reducir la acumulación de materiales en los procesos ubicados aguas abajo del tratamiento preliminar” (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Procesos químicos

(Metcalf, 1995), afirman que “los procesos empleados en el tratamiento de las aguas residuales, en los que las transformaciones se producen mediante reacciones químicas reciben el nombre de procesos químicos unitarios”

Estos procesos de tratamiento permiten la remoción de la materia disuelta del agua a tratar mediante la adición de productos químicos que provocan el desarrollo de varias reacciones químicas

Los sólidos disueltos pueden tener características y concentraciones muy diversas. “una de las ventajas

inherentes asociada al uso de procesos químicos es que se trata de procesos aditivos. En la mayoría de los casos, la eliminación de un constituyente se consigue por medio de la adición de otra sustancia. Como resultado de ello, se puede producir un incremento neto de los constituyentes disueltos en el agua residual” (Metcalf, 1995).

Metodología

Descripción experimental del tratamiento de las aguas residuales crudas

Muestreo de aguas residuales

Uno de los requerimientos de este método experimental, que sirve como punto de partida, es la toma de muestras para el análisis inicial de las aguas residuales crudas a tratarse.

Las muestras de aguas crudas que se manejaron provienen de una empresa agroquímica localizada en el cantón Durán

Cabe indicar que la empresa agroquímica dispone de un tanque homogenizador donde convergen todas las descargas de aguas de limpieza de equipos y de las áreas de producción

Los análisis de las aguas residuales crudas fueron realizados en un laboratorio acreditado ubicado en la ciudad de Guayaquil

Antes de realizar los tratamientos preliminares de las muestras se caracterizaron ocho tipos de aguas residuales crudas; de éstas, se han escogido dos caracterizaciones que constan en la Tabla 2

Tabla 2 Análisis de muestras de aguas crudas residuales

Parámetro	Resultados		Unidades
	Muestra 6	Muestra 11	
Componentes físicos:			
Temperatura	27	28	°C
pH	6,7	7,2	
Sólidos suspendidos	31	434	mg/lt
Metales:			
Cromo hexavalente	<0,01	<0,01	mg/lt
Plomo (3)	0,008	0,0032	mg/lt
Vanadio (3)	0,0536	0,0070	mg/lt
Zinc (3)	5,3780	0,5267	mg/lt
Agregados orgánicos:			
Aceite y grasas	3,84	128	mg/lt

Parámetro	Resultados		Unidades
	Muestra 6	Muestra 11	
Demanda bioquímica de oxígeno	1.134	2.886	mg O ₂ /lt
Demanda química de oxígeno	1.930	5.460	mg O ₂ /lt
Componentes orgánicos:			
Pesticidas órgano clorados: Alfa HCH (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticidas órgano clorados: Endrin (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticida organoclorados: 4,4-DDD (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticidas organoclorados: Endrin Aldehído (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticidas organofosforados: Carbaril (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticidas organofosforados: Carbofuran (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticidas organofosforados: Metil paration (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticidas organofosforados: Malation (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt
Pesticidas organofosforados: Clorpirifos (1)	<0,01000	<0,01000	mg/lt

Fuente: *Elaboración de los autores*

Para analizar los resultados de la Tabla 2, se utilizó como referencia los parámetros más relevantes de la Tabla 1A, incluida en el anexo.

Muestra 6:

En lo que respecta al parámetro cromo hexavalente, el valor 0,01 está por debajo de 0,5 que es el límite máximo permisible. El parámetro plomo tiene un valor de 0,005 que es menor a 0,5, registrado como límite máximo permisible.

El valor de vanadio registrado es de 0,0536 que es menor a 5, valor inscrito como límite máximo permisible. El parámetro zinc tiene un valor 5,3780 que es menor a 10, valor registrado como límite máximo permisible.

El valor de aceites y grasas es de 3,84 que es menor al valor de 100 asignado como valor máximo permisible.

En lo referente a la demanda bioquímica de oxígeno, se registra un valor de 1134 que es mayor al valor máximo permisible de 250. La demanda química de oxígeno registra un valor de 1930 que es mayor a 500, valor fijado como máximo permisible.

En lo que tiene que ver con los componentes orgánicos clorados, de la tabla 1, se evidencia que los del tipo Alfa HCH (1), Endrin (1), 4,4- DDD (1) y Endrin Aldehído tienen un valor menor de 0,01000, correspondientemente, que es menor al máximo

valor legal de 0,05 mg/l de concentración de órgano clorados totales.

Muestra 11:

En lo que concierne al parámetro cromo hexavalente, el valor 0,01 está por debajo de 0,5 que es el límite máximo permisible. El parámetro plomo tiene un valor de 0,0032 que es menor a 0,5, registrado como límite máximo permisible.

El valor de vanadio registrado es de 0,0070 que es menor a 5, valor inscrito como límite máximo permisible. El parámetro zinc tiene un valor 0,5267 que es menor a 10, valor registrado como límite máximo permisible.

El valor de aceites y grasas es de 128 que es menor al valor de 100 asignado como valor máximo permisible.

En lo referente a la demanda bioquímica de oxígeno, se registra un valor de 2886 que es mayor al valor máximo permisible de 250. La demanda química de oxígeno registra un valor de 5460 que es mayor a 500, valor fijado como máximo permisible.

Para los componentes orgánicos clorados, de la tabla 1, se evidencia que los del tipo Alfa HCH (1), Endrin (1), 4,4- DDD (1) y Endrin Aldehído tienen un valor menor de 0,01000, correspondientemente, que es inferior al máximo valor promulgado de 0,05 mg/l de concentración de órgano clorados totales

Equipos e instrumentos

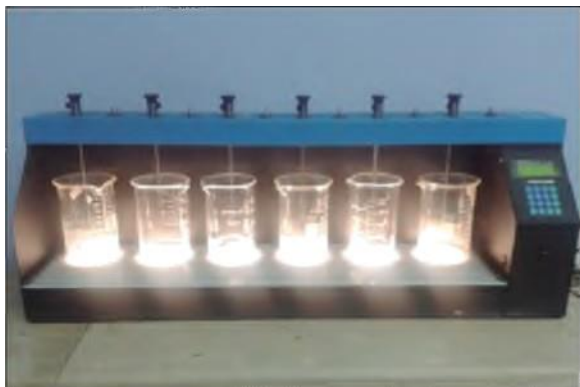


Ilustración 1. Test de barras.
Conco PhiDDs 8 Bits. IVloaelo 7790 901 B



Ilustración 2. Reactor para DQO.
Motco I—Bach. Moaelo DRB-200

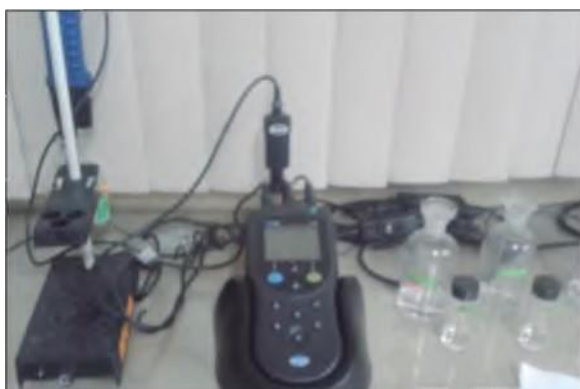


Ilustración 3. Peachímetro HC 40D.
Marca Hach



Ilustración 4. Espectrofotómetro.
Marca Hach. Modelo DR 6000 uy

Proceso de experimental

Prueba de test de jarras

Las pruebas de test de jarras fueron realizadas, con un equipo digital, en uno de los laboratorios perteneciente a la Facultad de Ingeniería Química.

Cada prueba de test de incluye la adición de sulfato de aluminio grado A, cal viva como regulador de pH, polímero coadyuvante del proceso de floculación química, antioxidantes como permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio.

Procedimiento experimental:

Antes de iniciar la corrida, en el equipo de test de jarras, cada muestra de agua debe ser ajustada a pH entre 6.8 a 7.2 con una solución alcalina de hidróxido de calcio al 5%.

Para llevar a cabo el proceso de floculación se preparó una solución de sulfato de aluminio al 10%, la cual fue adicionada, en diferentes volúmenes, a seis muestras de aguas residuales, usando para

ello el equipo de test de jarras con el propósito de obtener la dosificación óptima de tratamiento mediante una inspección visual.

Es preciso manifestar que el equipo de test de jarras debe trabajar en condiciones de velocidades determinadas, es decir, inicialmente a una velocidad alta, entre 120 y 150 rpm durante 5 minutos; y una velocidad baja, entre 10 y 20 rpm durante 40 minutos; obviamente, estas velocidades van a depender del tipo de muestra de agua tratada.

Así mismo, es importante destacar que se llevó a cabo variaciones en la dosificación de sustancias coagulantes, coagulant, hipoclorito de sodio y tiempo de aireación en los tratamientos primarios y secundarios, respectivamente, de las aguas crudas.

En la tabla 3, se incluye los resultados de las pruebas de tratabilidad de las aguas crudas.

Cabe destacar, que éstos son los tres mejores tratamientos obtenidos, de un sin número de pruebas realizadas, basándose la afirmación por los resultados de los parámetros valorados

Tabla 3. Pruebas de tratabilidad de las aguas crudas

Dosificación	Muestra 17	Muestra 18	Muestra 19
<i>Volumen de agua chuda, ml</i>	500	500	500
<i>Coagulante, Polímero 10 pz</i>	12 ml (0.1%)	12 ml (0.1%)	15 ml (0.1%)
<i>Sulfato de aluminio, 5Q</i>	15 ml	15 ml (10%)	15 ml (10%)
<i>Hidróxido de calcio, 10Q</i>	1 ml (10%)	1 ml (10%)	2 ml (10%)
<i>Agua oxigenada, 1%</i>		50 ml (1%)	
<i>Oxidante, MnO₄ K, 0.1</i>	20 ml (0.1%)		
<i>Hipoclorito de sodio, j jo</i>			50 ml (1%)
<i>Equipos de jarras</i>			
<i>Velocidad rápida, 150 rpm</i>	5 min	5 min	5 min
<i>de/oc/dad /enfa, rpm</i>	45 min	45 min	45 min
<i>pH inicial</i>	6.7	6.8	6.8
<i>pH final</i>	4.0	4.0	4.0
<i>índice de Willcomb</i>	9.0	10.0	10.0
<i>Aireación, hr</i>	24	6	48

Fuente: Elaboración de los autores

A continuación, en la tabla 4, se lista los tres mejores resultados de las aguas tratadas.

Tabla 4. Análisis de muestras de aguas residuales tratadas

Parámetro	Resultados			Unidades
	Muestra 17	Muestra 18	Muestra 19	
<i>Componentes físicos:</i>				
<i>Temperatura</i>	28	28	28	°C
<i>pH</i>	4,1	4,3	4,2	
<i>Sólidos suspendidos</i>	2	< 2	23	mg/lit
<i>Metales:</i>				
<i>Cromo hexavalente</i>	<0,01	<0,01	<0,01	mg/lit
<i>Plomo (3)</i>	0,0008	0,0008	0,0008	mg/lit
<i>Vanadio (3)</i>	0,0010	0,0010	0,0010	mg/lit
<i>Zinc (3)</i>	2,3180	2,4380	1,6860	mg/lit
<i>Agregados orgánicos:</i>				
<i>Aceite y grease</i>	1	1	1	mg/lit
<i>Biocombustible de origen</i>			86	mg O ₂ /lit
<i>Demanda química de origen</i>	594	600	298	mg O ₂ /lit
<i>Componentes orgánicos:</i>				
<i>Pesticidas organo clorados: Aldrin (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticidas organo clorados: Dieldrin (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticida organoclorados: 4,4 DDD (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticidas organoclorados: Endrin Aldehído (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticidas organofosforados: Corboril (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticidas organofosforados: Corbofuron (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticidas organofosforados: Metil paration (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticidas organofosforados: Malation (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit
<i>Pesticidas organofosforados: Clorpirifos (1)</i>	<0,01000	<0,01000	<0,01000	mg/lit

Fuente: Elaboración de los autores

Para analizar los datos de la tabla 4, se esgrimió como referencia los parámetros más significativos de la Tabla 1A, que consta en el anexo.

Muestra 17:

En lo que respecta al parámetro cromo hexavalente, el valor menor a 0,01, el cual está por debajo de 0,5 que es el límite máximo permitido. El parámetro plomo tiene un valor menor a 0,0008, valor que es menor a 0,5, registrado como límite máximo permitido.

El valor de vanadio registrado es menor a 0,0010 que está por debajo a 5, valor inscrito como límite máximo permitido. El parámetro de zinc tiene un valor 2,3180 que es menor a 10, valor registrado como límite máximo permisible.

El valor de aceites y grasas es de 1,00 que es menor al valor de 100 asignado como valor máximo permitido.

En lo concerniente a la demanda bioquímica de oxígeno, no se registra valor alguno.

En lo referente a la demanda química de oxígeno, se registra un valor de 594 que es mayor al valor máximo permisible de 500.

En lo que respecta a los organoclorados y órganos fosforados, estos valores están por debajo de 0,05 y 0,1, respectivamente, comparado con los valores establecido como máximos permitidos

Muestra 18:

En lo que atañe al parámetro cromo hexavalente, el valor menor a 0,01, el cual está por debajo de 0,5 que es el límite máximo permitido. El parámetro plomo tiene un valor menor a 0,0008, valor que es menor a 0,5, registrado como límite máximo permitido.

El valor de vanadio registrado es menor a 0,0010 que está por debajo a 5, valor inscrito como límite máximo permitido. El parámetro de zinc tiene un valor 2,4380 que es menor a 10, valor registrado como límite máximo permisible.

El valor de aceites y grasas es de 1,00 que es menor al valor de 100 asignado como valor máximo permitido.

En lo concerniente a la demanda bioquímica de oxígeno, no se registra valor alguno.

En lo referente a la demanda química de oxígeno, se registra un valor de 600 que es mayor al valor máximo permisible de 500.

En lo que respecta a los organoclorados y órganos fosforados, estos valores están por debajo de 0,05 y 0,1, respectivamente, comparado con los valores establecidos como máximos permitidos

Muestra 19:

En referencia al parámetro cromo hexavalente, el valor menor a 0,01, está por debajo de 0,5 que es el límite máximo autorizado. El parámetro plomo tiene un valor menor a 0,0008, valor que es menor a 0,5, registrado como límite máximo permitido.

El valor de vanadio registrado es menor a 0,0010 que está por debajo a 5, valor inscrito como límite máximo permitido. El parámetro de zinc tiene un valor 1,6860 que es menor a 10, valor registrado como límite máximo permisible.

El valor de aceites y grasas es de 1,00 que es menor al valor de 100 asignado como valor máximo permitido.

En lo concerniente a la demanda bioquímica de oxígeno, se registra un valor de 86 mg O₂/lt que es menor al valor límite permitido de descarga, esto es, 250 mg O₂/lt.

En lo referente a la demanda química de oxígeno, se registra un valor de 298 que es menor al valor máximo permisible de 500 mg O₂/lt.

En lo que respecta a los organoclorados y órganos fosforados, estos valores están por debajo de 0,05 y 0,1, respectivamente, comparado con los valores establecidos como máximos permitidos

Discusión de los resultados obtenidos

Antes de realizar el análisis de los resultados, es preciso indicar que las muestras 17, 18 y 19, correspondientemente, fueron sometidas a tratamiento físico-químico convencional con sustancias como polímero, sulfato de aluminio e hidróxido de calcio como agente regulador de potencial de hidrógeno.

De las tres muestras referidas, la muestra 19 presenta los mejores resultados con referencia a la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, respectivamente. Ver tabla 4 Análisis de muestras de aguas residuales tratar das.

Para alcanzar estos resultados, a esta muestra cruda de agua residual se la trató con el oxidante hipoclorito de sodio al 1 % y, además, fue sometida a un proceso de aireación durante 48 horas

Continuando con el análisis, se puede observar que la muestra 17 presentó un contenido de 594 mg O₂/litro de demanda química de oxígeno. En esta prueba se usó como agente oxidante el permanganato de potasio al 0,1 % y un tiempo de aireación de 24 horas.

Finalmente, se evidencia que la muestra 18 arroja un contenido de 600 mg O₂/litro de demanda química de oxígeno. En este caso, se utilizó como agente oxidante el peróxido de hidrógeno al 1 % y un tiempo de aireación de 6 horas. Cabe resaltar que no se hizo la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, en las muestras 17 y 18, respectivamente, porque el grupo investigador acordó optimizar los recursos utilizados en este proyecto.

Conclusiones

De la Tabla 4, se puede visualizar que la muestra 19 presenta el mejor resultado de la demanda quin

mica de oxígeno con relación a la muestra 17 y muestra 18, respectivamente. Siendo la variación del parámetro analizado, entre estas dos últimas, no muy significativa

Además, la muestra 19 cumple con los parámetros de DBO y DCO establecidos en la Tabla 1A (Ver anexo), que es de 250 mg O₂/lt para el DCO y 500 mg O₂/lt para el DBO, correspondientemente.

Con relación a los otros parámetros como componentes físicos, agregados orgánicos, componentes orgánicos, y otros, se evidencia que la muestra red ferida cumple con los requisitos ambientales exigidos en la norma

En la Tabla 3 se observa el uso de diferentes agentes oxidantes para tratar agua cruda residual; de éstos se evidencia que la muestra 19, al ser tratada con hipoclorito de sodio y sometida a aireación durante 48 horas, arrojó los mejores resultados referentes a los parámetros exigidos en la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes Recurso agua, (ver anexo A), en comparación con las otras dos muestras de aguas residuales tratadas

ANEXO A

Tabla 1A. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites grasas	Sustancias solubles en ñexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No de/ec/eb/e
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN-	mg/l	1,0
Códmolol	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Sxfracfo carbóna c/oroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Oemcada Bio química de Origen o (5 días)	D. B.05.	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	6. g. O.	mg/l	500

Dicloroetileno	Dicloroetileno		1,0
Fósforo Total	P		15

Aluminio total	Al	mg/l	25,0
Alcance hidrocarburos totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Alcance Vanadio total	V	mg/l	10,0
Alcance Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH	5-9	Potencial de hidrógeno
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄	mg/l	400
Temperatura	°C	< 40	Temperatura
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos orgánicos clorados (totales)	Concentración de orgánicos clorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: Norma de Calidad Ambiental de descarga de efluentes: Decurso agua. Libro VI, Anexo 1

Bibliografía

- Arellano, J. (2011). Introducción a la ingeniería ambiental. México: Alfaomega
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Bogotá: Mc-Graw Hill Interamericano.
- Metcalf, E. (1995). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Madrid: Mc-Graw Hill Interamericana de España
- Ministerio de Medio Ambiente. (2003). Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ambiente, Libro VI, Anexo 1. Quito: Registro oficial
- Ramallo, R. (2008). Tratamiento de aguas residuales. Sevilla: Reverté.
- Romero, J. (2001). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería



Ing. Químico Franklin López Rocafuerte, MSc.
 Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil.
 Ing. Químico Jaime Fierro Aguilar
 Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil.
 Ing. Químico René Calero Córdova
 Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil.