

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EMITIDOS AL MAR DESDE LA ZONA INDUSTRIAL DE PARAMONGA⁸

PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF THE WASTEWATER EMITTED TO THE SEA FROM THE INDUSTRIAL ZONE OF PARAMONGA

Miguel Castillo⁹

Claudia Felles¹⁰

Pascual Sarmiento¹¹

Nadia Rea¹²

Ana Contreras¹³

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹⁴

⁸ Derivado del proyecto de investigación: Análisis físico-químico de las aguas residuales emitidos al mar desde la zona industrial de Paramonga

⁹ Profesor Asociado de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú, correo electrónico: mcastillo@unmsm.edu.pe

¹⁰ Profesora de la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho-Perú, correo electrónico: cfelles@unjfsc.edu.pe

¹¹ Profesor de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú, correo electrónico: pascual.sarmiento@unmsm.edu.pe

¹² Profesora de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho-Perú, correo electrónico: nrea@unjfsc.edu.pe

¹³ Profesora Auxiliar del Departamento Académico de Ciencias Básicas y Afines de la Universidad Nacional de Barranca-Perú, correo electrónico: acontreras@unab.edu.pe

¹⁴ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS AGUAS RESIDUALES EMITIDOS AL MAR DESDE LA ZONA INDUSTRIAL DE PARAMONGA¹⁵

Miguel Castillo¹⁶, Claudia Felles¹⁷, Pascual Sarmiento¹⁸, Nadia Rea¹⁹, Ana Contreras²⁰

RESUMEN

El presente trabajo de Investigación se enmarca en analizar agua residual proveniente de la zona industrial y del consumo humano, que son vertidos a corrientes de agua que desembocan en el mar de la costa de Paramonga. El objetivo del trabajo de Investigación es analizar parámetros fisicoquímicos tales como DBO5, DQO y metales totales, en muestras de agua residual; producto efluente del proceso y actividades industriales que se desarrolla en la zona industrial de Paramonga, vertidos a canales de regadío en plantaciones cercanas de caña de azúcar y su posterior disposición hacia el mar, y para establecer si dichos parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por los estándares de calidad del agua de las entidades reguladoras, utilizándose métodos fisicoquímicos e instrumentales utilizando ICP MS para el análisis de metales totales por su especificidad y rango. Se tomó muestras en 3 lugares diferentes o puntos, en función al curso y uso del efluente siendo estos, PM1, PM2 y PM3, teniendo cuidado en los protocolos para este caso de muestras y su disposición a custodia. Los resultados obtenidos demuestran la presencia de valores relativamente altos en un punto de muestreo PM2, el cual es efluente proveniente del tratamiento en laguna de estabilización de la empresa, con valores obtenidos de DBO5 de 1903 mg/L hasta DQO de 2638 O₂ mg/L, siendo valores que no cumplen con la normatividad vigente para efluentes industriales siendo el caso excesivo.

¹⁵ Derivado del proyecto de investigación: Análisis físico-químico de las aguas residuales emitidos al mar desde la zona industrial de Paramonga

¹⁶ Profesor Asociado de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú, correo electrónico: mcastillo@unmsm.edu.pe

¹⁷ Profesora de la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho-Perú, correo electrónico: cfelles@unjfsc.edu.pe

¹⁸ Profesor de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú, correo electrónico: pascual.sarmiento@unmsm.edu.pe

¹⁹ Profesora de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho-Perú, correo electrónico: nrea@unjfsc.edu.pe

²⁰ Profesora Auxiliar del Departamento Académico de Ciencias Básicas y Afines de la Universidad Nacional de Barranca-Perú, correo electrónico: acontreras@unab.edu.pe

ABSTRACT

This research work is framed in analyzing wastewater from the industrial zone and human consumption, which is discharged into streams that flow into the sea off the coast of Paramonga. The objective of the research work is to analyze physicochemical parameters such as BOD5, COD and total metals, in wastewater samples; effluent product of the process and industrial activities that take place in the Paramonga industrial zone, discharged to irrigation channels in nearby sugarcane plantations and their subsequent disposal towards the sea, and to establish if said parameters are within the permissible limits established by the water quality standards of the regulatory entities, using physicochemical and instrumental methods using ICP MS for the analysis of total metals due to their specificity and range. Samples were taken in 3 different places or points, depending on the course and use of the effluent, these being PM1, PM2 and PM3, taking care in the protocols for this case of samples and their disposition for custody. The results obtained demonstrate the presence of relatively high values at a PM2 sampling point, which is effluent from the treatment in the company's stabilization pond, with values obtained from BOD5 of 1903 mg / L to COD of 2638 O₂ mg/L, being values that do not comply with current regulations for industrial effluents, being the case excessive.

PALABRAS CLAVE: Permissible, estándares, efluente, agua residual, demanda bioquímica de oxígeno.

Keywords: Permissible, standards, effluent, waste water, biochemical oxygen demand

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son subproductos del aprovechamiento en las necesidades humanas y en la industria de transformación en general, las cuales acarrear un sinnúmero de componentes contaminantes como producto del proceso en que se utilizan y en los sistemas que transcurren, provocando impactos ambientales, contaminación de los afluentes en que se depositan y como parte de su aprovechamiento no regulado y que al no tratarse adecuadamente genera una perspectiva incierta en su ciclo de escorrentía. En algunos lugares su reuso se ha venido aplicando exclusivamente para riego de tierras agrícolas en cultivos de caña, de hortalizas, frutos y especies alimenticias en general, los cuales atentan contra la salud pública debido a su toxicidad y carga contaminante.

Dentro de los contaminantes más comunes que forman parte de las aguas residuales, se encuentran los metales pesados, bacterias, parásitos sólidos suspendidos y disueltos, gases producto de descomposición de materia orgánica, elevada temperatura, acidez, alcalinidad y otros, que en su mayoría se vierten a ríos y mares, sin tratamiento previo y otras ineficientemente.

La descarga directa sin tratamiento previo de las aguas residuales en los cuerpos receptores (ríos, lagos, quebradas secas o el mar) es uno de los principales factores de contaminación, no solo de los diversos ecosistemas existentes sino, sobre todo de nuestras actuales fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas; lo que amenaza la sostenibilidad del recurso y pone en riesgo la salud de la población [1].

En el Informe Mundial sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017 se demuestra que una mejor gestión de las aguas residuales implica no solo la reducción de la contaminación en las fuentes, sino también la eliminación de contaminantes de los flujos de aguas residuales, la reutilización de las aguas regeneradas y la recuperación de los subproductos útiles. Conjuntamente, estas cuatro acciones generan beneficios sociales, ambientales y económicos para toda la sociedad, contribuyendo así al bienestar y a la salud, a la seguridad del agua y la alimentaria y al desarrollo sostenible [2].

El tratamiento biológico de las aguas residuales tiene por objetivo estabilizar la materia orgánica principalmente soluble y coloidal, en algunos casos, se aplica también para la conversión biológica de nutrientes. Los procesos biológicos se realizan principalmente por bacterias que utilizan las aguas residuales para convertir la materia orgánica coloidal o

disuelta, contenida en ellas, en energía, nuevos compuestos y productos de desecho que pueden incluir gases y lodos [3].

Para controlar estas emisiones y reúsos confiable de aguas residuales tratadas, se utilizan parámetros de análisis con límites permisibles que nos confíen un intervalo de valores de la presencia de estos componentes y se pueda aprovechar de manera productiva estos efluentes. Algunos de estos parámetros son: Sólidos Totales Disueltos (STD), Demanda Química De Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Metales Totales.

DESARROLLO

Marco teórico y conceptual, secuencia lógica de texto y, sólo en caso necesario, las tablas o figuras imprescindibles que no repitan los mismos datos del texto. Se debe limitar el uso de tablas y figuras a las estrictamente necesarias. Se procurará resaltar las observaciones importantes. Se describirán, sin interpretar ni hacer juicios de valor.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Permite determinar la materia orgánica biodegradable. Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por la acción bioquímica aerobia. Esta transformación biológica precisa un tiempo superior a los 20 días, por lo que se ha aceptado, como norma, realizar una incubación durante 5 días, a 20°C, en la oscuridad y fuera del contacto del aire, a un intervalo pH de 7-7.5 y en presencia de nutrientes y oligoelementos que permitan el crecimiento de los microorganismos.

Límite de cuantificación (LC):

Es la cantidad más baja de analito en una muestra que puede ser cuantitativamente determinada con cierta confianza.

Límite de detección (LD):

Es el contenido de un analito que corresponde a la señal de medición más baja que con cierta confianza estadística puede ser interpretada como un indicador de que está presente en la solución, pero no necesariamente permitiendo su exacta cuantificación.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable.

Metales totales por espectroscopia de emisiones de plasma ICP-MS

Una fuente de ICP consiste en una corriente fluida de gas argón ionizado por un campo de radiofrecuencia aplicado que suele oscilar a 27,1 MHz. Este campo está acoplado inductivamente al gas ionizado por una bobina enfriada por agua que rodea una "antorcha" de cuarzo que sostiene y confina el plasma. Se genera una muestra de aerosol en un nebulizador y una cámara de pulverización apropiados y se transporta al plasma a través de un tubo inyector ubicado dentro del soplete. La muestra de aerosol se inyecta directamente en el ICP, sometiendo los átomos constituyentes a temperaturas de aproximadamente 6000 a 8000° K. Debido a que esto da como resultado una disociación casi completa de las moléculas, se logra una reducción significativa de las interferencias químicas. La alta temperatura del plasma excita la emisión atómica de manera eficiente. La ionización de un alto porcentaje de átomos produce espectros de emisión iónica. El ICP proporciona una fuente ópticamente "delgada" que no está sujeta a la autoabsorción, excepto en concentraciones muy altas. Por lo tanto, se observan rangos dinámicos lineales de cuatro a seis órdenes de magnitud para muchos elementos.

La excitación eficiente proporcionada por el ICP da como resultado límites de detección bajos para muchos elementos. La luz emitida por el ICP se enfoca en la rendija de entrada de un monocromador o un policromador que efectúa la dispersión. Se utiliza una rendija de salida alineada con precisión para aislar una parte del espectro de emisión para la medición de la intensidad utilizando un tubo fotomultiplicador. El monocromador usa una única rendija de salida al fotomultiplicador y puede usar un mecanismo de escaneo controlado por computadora para examinar secuencialmente las longitudes de onda de emisión. El policromador utiliza múltiples ranuras de salida fijas y los correspondientes tubos fotomultiplicadores; monitorea simultáneamente todas las longitudes de onda configuradas usando un sistema de lectura controlado por computadora [4].

Blanco del método. Esto permite una verificación de los reactivos de preparación de muestras y los procedimientos para detectar contaminación.

Tabla 1. Concentración máxima de elementos químicos tóxicos para la salud humana en suelos regados con aguas residuales tratadas [5].

Químicos	Concentración de suelos (mg/Kg)
Elemento	
Antimonio	36
Arsénico	8
Bario ^v	302
Berilio ^v	0.2
Boro ^v	1.7
Cadmio	4
Flúor	635
Plomo	84
Mercurio	7
Molibdeno ^v	0.6
Nickel	107
Selenio	6
Plata	3
Talio ^v	0.3
Vanadio ^v	47
Compuestos Orgánicos	
Aldrín	0.48
Benceno	0.14
Clordano	3
Clorobenceno	211

^vLos límites numéricos calculados para estos elementos están dentro de los rangos que son típicos para suelos.

Tabla 2. Algunos VMA para descargas Industriales al Alcantarillado

Parámetro	Unidad	Valor
DBO5	mg/L	500
DQO	mg/L	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	500
Aceites y Grasas	mg/L	100
pH		6.0-9.0
Temperatura	°C	<35
Sólidos Sedimentables	mL/L/h	8,5
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	80
Sulfatos	mg/L	500
Cromo Total	mg/L	10
Arsénico	mg/L	0,5
Boro	mg/L	4
Plomo	mg/L	0,5

Fuente: Sunass con base en la Resolución Ministerial N° 2732013 Vivienda.

MARCO LEGAL

Estándares de calidad del agua (Eca-agua) D.S N.º 002-2008-MINAM y D.S Nº 003-2010-MINAM.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo de Investigación es analizar parámetros fisicoquímicos tales como DBO5, DQO y metales totales en muestras de agua residual, producto efluente del proceso y actividades industriales que se desarrolla en la zona industrial de Paramonga, vertidos a canales de regadío en plantaciones de caña de azúcar y su posterior disposición hacia el mar, y para establecer si dichos parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por los estándares de calidad del agua de las entidades reguladoras.

DATOS

Consideraciones experimentales:

Condiciones de la muestra:

Muestra tomada de fuente acondicionada con su respectivo conservador*:

- Para análisis de metales totales se adicionó HNO_3 .
- Para DBO5 se llenó el recipiente al tope sin burbujas.
- Para análisis de DQO se adicionó H_2SO_4 .

Recipiente usado: envase de polietileno con tapa hermética.

Muestra mantenida con refrigeración no congelante (hielo en compresas dentro de cooler).

*Según protocolo [6].

Tabla 3. Parámetros tomados en el lugar de muestreo

Muestra	Variable	Temperatura °C	pH
PM1 (agua residual)		18,5	7,5
PM2 (agua residual)		19,5	6,0
PM3 (agua residual)		22,3	7,5

La muestra PM1 se obtuvo en el punto de salida inicial del vertimiento de planta hacia el canal que transporta hacia el mar y recogidas de la cadena de custodia para los tres ensayos (Anexo 1).

Figura 1. Imagen PM1



La muestra PM2 se obtuvo de la salida de la laguna de tratamiento primario la cual desvía el curso del agua hacia terreno agrícola para sembrío con caña de azúcar (Anexo 2).

Figura 2. Imagen PM2



La muestra PM3 Se obtuvo en el punto final de salida del canal en playa que transporta efluente justo en desembocadura al mar (Anexo 3).

Figura 3. Imagen PM3



Tratamiento preliminar de muestras para metales totales

Las muestras que contienen partículas o material orgánico generalmente requieren un tratamiento previo antes del análisis espectroscópico. "Metales totales" incluye todos los metales, unidos orgánica e inorgánicamente, tanto disueltos como en partículas. Al

recolectar, se acidificó tales muestras a $\text{pH} < 2$ con ácido nítrico conc. (1,5 ml de HNO_3 / L suele ser adecuado). Los metales totales se determinan después de una digestión adecuada. Se debe tener cuidado para garantizar que se resuelvan las posibles interferencias, especialmente cuando los sólidos disueltos superan los 1500 mg / L.

Para determinar los metales en suspensión, filtrar la muestra, digerir el filtro y el material que contiene y analizar con espectroscopia de plasma acoplado inductivamente (espectrometría de masas).

METODOLOGÍA

Metodología de ensayos

Tabla 4. Metodología del estudio

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	SMEWW APHA WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5 Day BOD Test.	2.00 ^(a)	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW APHA WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Chlorimetric Method.	10.0	O2 mg/L
Metales Totales: Plata, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cerio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Litio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Níquel, Fósforo, Plomo, Antimonio, Selenio, Sílice, Estaño, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Zinc	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Versión/ 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma, Atomic Emission Spectrometry.		mg/L

L.C: Límite de Cuantificación

(a): Expresado como límite de detección del método.

Análisis de DBO5

Procedimiento

En cada botella respirométrica adicionar:

- 12 ml de muestra

- 5 gotas de cloruro de calcio
- 5 gotas de sulfato de magnesio
- 1 gota de cloruro férrico
- 5 gotas de inóculo (muestra)
- 5 gotas de solución tampón
- Aforar con agua burbujeada hasta 250 ml
- Poner en nevera durante 5 días, tomar primera medida de presión después de dos horas de su refrigeración.
- Tomar medida de presión cada día a la misma hora teniendo en cuenta datos como temperatura y hora.
- Llevar los datos obtenidos al programa de Excel.

Análisis de DQO

Material

- Tubos de digestión
- Calentador de bloques, a 150° C
- Bureta
- Pipetas
- Dosificador de agua destilada
- Agitador magnético para mezclar sustancias biodegradables completamente.

Reactivos

Solución de dicromato potásico 0.1 N

Añadir a 500 mL de agua destilada 4.913 g de dicromato previamente desecado, 167 mL de sulfúrico concentrado y 33.3 g de sulfato de mercurio. Disuélvase, enfríese a temperatura ambiente y dilúyase hasta 1000 mL.

Reactivo ácido sulfúrico

Añadir sulfato de plata sobre ácido sulfúrico concentrado, en la relación de 5.3 g de sulfato de plata en 500 mL de H₂ SO₄.

Solución indicadora de ferroína

Disolver 1.485 g de 1,10-fenantrolina monohidrato y 695 mg de sulfato ferroso heptahidrato en agua destilada y diluir hasta 100 mL.

Solución de sulfato ferroso amónico para titulación 0.01 N

Disolver 3.9 g de sulfato ferroso amónico hexahidratado en agua destilada. Añadir 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. Enfriar y diluir hasta 1000 mL. Estandarizar la solución a diario frente a la solución de digestión.

Procedimiento

La muestra se lleva a ebullición con reflujo en presencia de sulfato de mercurio para evitar la interferencia de los cloruros, colocando los tubos en el digestor de bloques a 150°C durante dos horas. Se enfría a temperatura ambiente, se quitan los tapones y se añaden dos gotas ferroína. Agitar rápidamente con un agitador magnético mientras se titula con sal de Mohr 0,01 N. De la misma forma se somete a reflujo y titulan dos blancos que contienen los reactivos y un volumen de agua destilada igual al de la muestra.

$$DQO \left(\frac{mgO_2}{L} \right) = \frac{(A-B) * N * 8000 * F}{Vol.Muestra (mL)} \quad (1)$$

Parámetros en Ec. (1):

A son los mL. de valorante gastados para el blanco.

B son los mL. de valorante gastados para la muestra.

N es la normalidad del valorante.

F es el factor de dilución de la muestra.

N es igual a [volumen de dicromato (mL) x 0.1].

Unidades: mg O₂/L.

Análisis de metales totales

Digestión para concentraciones de trazas ($\leq 0,1$ mg / L) para ICP-MS

Reactivos y estándares

a. Ácido clorhídrico, HCl, conc. (1:1)

b. Ácido nítrico, HNO₃, conc.

c. Ácido nítrico, HNO_3 , (1:1). Agregue 500 mL de HNO_3 conc. a 400 mL de agua y diluya a 1 L.

d. Soluciones estándar en stock.

Procedimiento de digestión

Pipetee 10 ml de muestra bien mezclada y conservada en ácido en un tubo etiquetado previamente limpiado con una macropipeta. Con un cambio de volumen mínimo ($<0,5$ ml), agregue la cantidad adecuada de analito para muestras enriquecidas con matriz. Con una pipeta, agregue 0.5 mL. de HNO_3 concentrado (1.0 mL. 1:1 HNO_3) a todas las muestras, blancos, estándares y muestras de control de calidad.

Coloque los tubos en el calentador de bloque en una campana y ajuste la temperatura a 105°C . Coloque tapas sobre cada tubo para permitir el escape de los vapores ácidos y evitar la contaminación. Digerir las muestras durante un mínimo de 2 h. No se deja que las muestras hiervan. Agregue más ácido nítrico concentrado según sea necesario hasta que se complete la digestión mediante la observación de una solución clara.

Retire los tubos del fuego y enfríe. Diluya de nuevo al volumen original de 10 ml con agua sin metales. Ajuste las muestras de volumen excesivo a la siguiente gradación conveniente para los cálculos y el volumen de notas. Si los tubos contienen partículas, centrifugue y decante la porción clara en otro tubo previamente limpiado. Apriete los tapones de rosca y almacene a 4°C hasta que esté listo para el análisis.

Equipo usado en medición de metales totales:

7700x – ICP-MS AGILENT

ICP - Inductively Coupled Plasma. Plasma Acoplado Inductivamente.

PLASMA: Fuente de ionización a alta $^\circ\text{T}$, que descompone, atomiza e ioniza la muestra.

MS – Espectrómetro de masas, como detector.

Figura 4. 7700x – ICP-MS AGILENT



Fuente: https://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/3_ICPMS%20de%20Agilent.pdf. Pàg. 1

Medición de metales totales

Se Analizó las muestras, alternándolas con análisis de blanco de calibración. Enjuagó durante al menos 60 s con ácido diluido entre muestras y blancos. Después de introducir cada muestra o blanco, se dejó que el sistema se equilibre antes de iniciar la integración de la señal. Se examinó cada análisis del blanco de calibración para verificar que no se haya producido ningún efecto de transferencia de memoria. Si se observa un arrastre, repita el enjuague hasta obtener los valores de blanco adecuados. Se realizó las diluciones y acidificaciones adecuadas de la muestra para determinar las concentraciones más allá del rango de calibración lineal.

Figura 5. Equipo de medición de metales totales ICP MS



Fuente: https://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/3_ICPMS%20de%20Agilent.pdf. Pàg. 40)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 5. Resultados de análisis de DBO5, DQO y metales totales

Ensayo	Unidad	PM1	PM2	PM3		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	261.40	1903.00	10.70		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	661.0	2638.0	44.2		
Ensayos	Símbolo	L.D.M	Unidades			
Metales Totales						
Plata	Ag	0.0008	mg/L	0.0008	0.0008	0.0008
Aluminio	Al	0.01	mg/L	1.47	1.64	0.29
Arsénico	As	0.001	mg/L	0.015	0.062	0.004
Boro	B	0.002	mg/L	0.274	0.353	0.419
Bario	Ba	0.002	mg/L	0.092	0.265	0.071
Berilio	Be	0.0003	mg/L	0.0003	0.0003	0.0003
Calcio	Ca	0.03	mg/L	235.15	386.19	146.50
Cadmio	Cd	0.0005	mg/L	0.0005	0.0101	0.0005
Cerio	Ce	0.002	mg/L	0.002	0.002	0.002
Cobalto	Co	0.0004	mg/L	0.0021	0.0272	0.0004
Cromo	Cr	0.0005	mg/L	0.0039	0.0021	0.0007
Cobre	Cu	0.0008	mg/L	0.2137	0.0094	0.0071
Hierro	Fe	0.002	mg/L	1.473	67.180	0.423
Mercurio	Hg	0.001	mg/L	0.001	0.001	0.001
Potasio	K	0.04	mg/L	5.15	84.58	4.62
Litio	Li	0.003	mg/L	0.042	0.111	0.037
Magnesio	Mg	0.04	mg/L	12.73	53.23	19.96
Manganeso	Mn	0.0005	mg/L	0.1071	7.3842	0.0971
Molibdeno	Mo	0.002	mg/L	0.009	0.003	0.006
Sodio	Na	0.02	mg/L	94.95	108.66	100.07
Níquel	Ni	0.0007	mg/L	0.0062	0.0141	0.0007
Fósforo	P	0.003	mg/L	0.536	10.826	0.210
Plomo	Pb	0.0005	mg/L	0.0403	0.0359	0.0130
Antimonio	Sb	0.002	mg/L	0.002	0.003	0.002
Selenio	Se	0.003	mg/L	0.003	0.003	0.018
Sílice	Si	0.02	mg/L	14.26	95.42	20.43
Estaño	Sn	0.001	mg/L	0.007	0.003	0.001
Estroncio	Sr	0.001	mg/L	0.825	1.937	0.835
Titanio	Ti	0.0003	mg/L	0.0169	0.0399	0.0114
Talio	Ta	0.003	mg/L	0.010	0.013	0.019
Vanadio	V	0.0006	mg/L	0.0034	0.0050	0.0033
Zinc	Zn	0.003	mg/L	0.114	0.065	0.022

Figura 6. Resultados de análisis de DBO5, DQO y metales totales

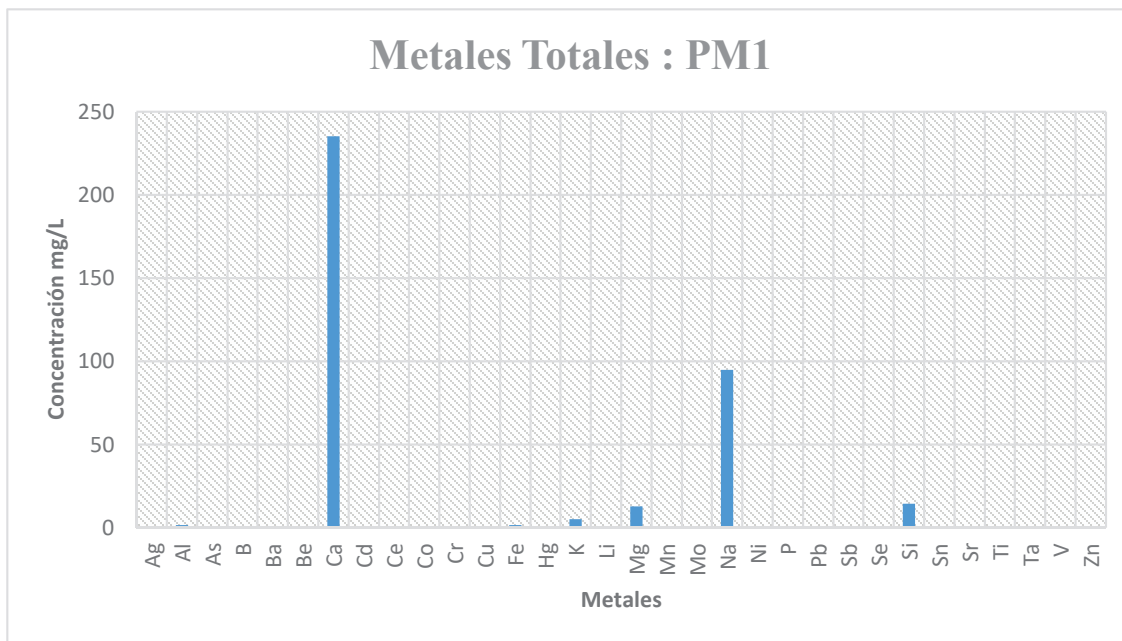


Figura 7. Resultados de análisis de DBO5, DQO y metales totales

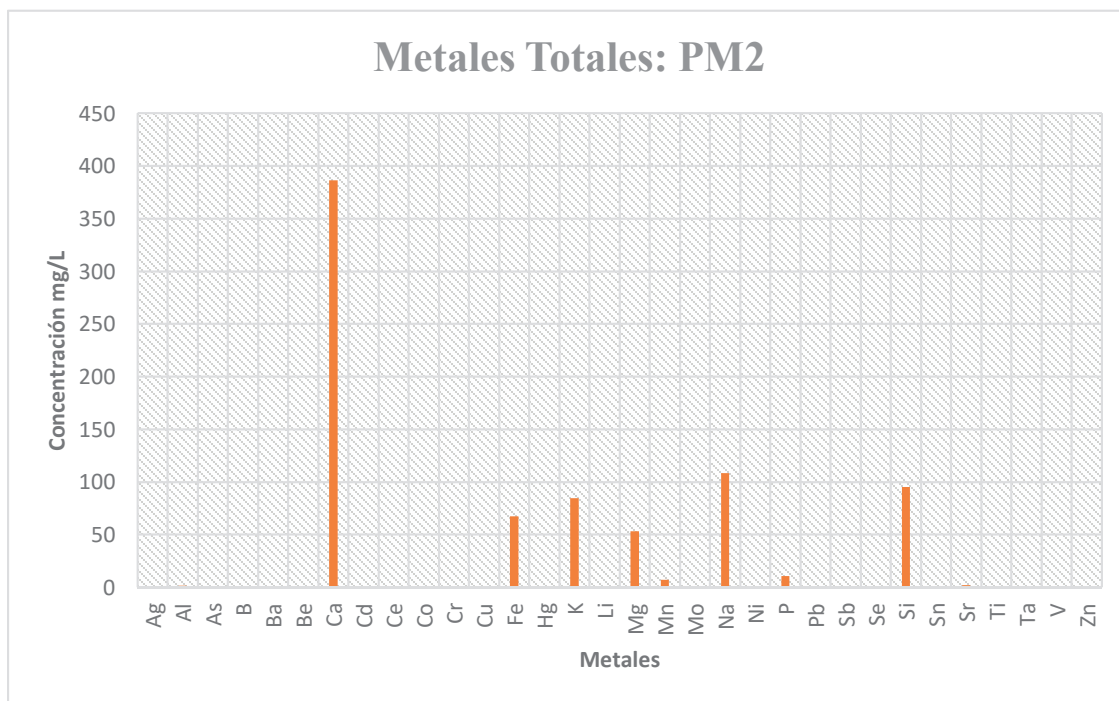
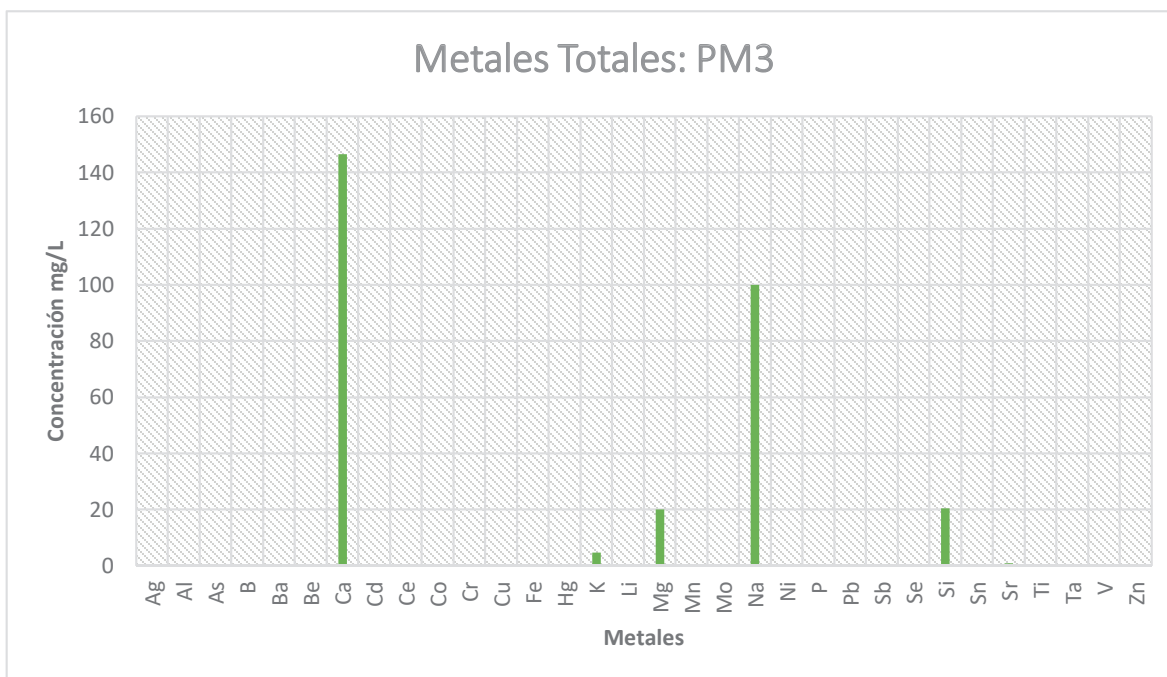


Figura 8. Resultados de análisis de DBO5, DQO y metales totales



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos se observa que la línea de recorrido del efluente que parte con la muestra PM1 y sigue el flujo hasta la muestra PM3 manifiesta una reducción en los valores de DBO5 desde el valor inicial de 261.40 hasta 10.70 mg/L y en los valores de DQO desde 661 hasta 44.2 de O₂ mg/L, debido al recorrido de aproximadamente 800 mt. Cumpliendo con los valores de límites permisibles del ente regulador. Los valores obtenidos del punto de análisis PM2 se muestran altos con un DBO5 1903 mg/L mucho mayor a los permitidos por la entidad reguladora para descargas al alcantarillado que es de 500 mg/L y DQO 2638 O₂ mg/L excediendo a los valores permisibles que es de 1000 O₂ mg/L.

Los valores de pH y temperatura si se encuentran dentro de los parámetros requeridos en la línea de muestreo PM1 y PM3, Salvo que en el punto de muestra PM2 el valor del pH se encuentra en el límite del valor siendo de 6.0.

Los valores de los metales totales detectados se encuentran dentro del intervalo de referencia como máximos permisibles.

CONCLUSIONES

Se concluye primero que de los resultados en los valores de los parámetros relacionados a DBO5 y DQO en el punto de análisis PM2 se encuentran fuera de los límites permisibles por un margen muy elevados con relación a los emitidos por la entidad reguladora y que son sancionados.

Los valores de los otros parámetros en metales totales se encuentran dentro de límites permisibles en los tres puntos del muestreo, indicando que cumplen la normatividad vigente.

Estos resultados concuerdan con los aspectos generales de la recogida de muestras que manifiestan mayormente en el punto PM2 la presencia de olores característicos por la presencia de sustancias orgánicas y también a la presencia de burbujeo en el circuito del efluente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) (2016). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. 2da. Edición, Lima.
- [2] WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). (2017). Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO.
- [3] Comisión Nacional del Agua (2013) Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS) Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Lagunas de estabilización (pag. 5). México
- [4] JARVIS, K.E., A.L. GRAY & R.S. HOUK, (1992). Sample preparation for ICP-MS. Handbook of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. Chapter 7. Blackie & Son, Ltd., Glasgow & London, U.K.
- [5] World Health Organization (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater Volume ii: wastewater use in agriculture
- [6] American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF). (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23 the Edition) (2017). American Public Health Association. Washington, D.C. EE.UU.