

Caracterización y propuesta de uso del agua del arroyo contiguo a la ENMS de Pénjamo

Lugo Martínez Jesús Raúl^{1*}, García Torres Claudia¹, González González Vania Dayanara¹, Jiménez Guzmán Antonio de Jesús¹, Rodríguez Vázquez Karla Lizbeth¹, Camarillo Sánchez Dafne Estefania¹, Gómez Valadez Daniela Jaqueline¹.

¹Escuela de Nivel Medio Superior de Pénjamo, Universidad de Guanajuato, Calle Hilarión Espinosa González s/n C.P. 36900. Pénjamo, Gto. México.

* lugom@ugto.mx

Resumen

Esta investigación se realizó para conocer la calidad del agua en un lindero ubicado a un costado del lado norte de la Escuela de Nivel Medio Superior, en el que se encuentra un arroyo en el que fluye agua en todas las temporadas del año, sabiendo que se desconocen los parámetros de su calidad y que pueda utilizarse al interior del plantel para el riego de áreas verdes y considerándose como alternativa para el riego logrando un ahorro en el agua potable a la que tiene acceso la Escuela. Por lo que se propone un sistema de riego para el aprovechamiento para el campo de fútbol y otras áreas verdes en nuestro plantel y más por la escasez de tan preciado fluido en nuestro municipio. Tendiendo en cuenta que al tener la certeza de la calidad de los parámetros del agua considerada como agua gris (Oxígeno disuelto, Nitrógeno total, Fósforo total, además de las coliformes totales) conforme a las normas oficiales mexicanas, se considera viable plantear un proceso semejante que se lleva en una planta de tratamiento de aguas residuales con una fase aerobia para aprovechar los microorganismos que viven en este medio y así lograr disminuir los parámetros mediante el tratamiento de un sistema de aireación y posteriormente un mecanismo de bombeo hacia la Escuela.

Palabras clave: tratamiento, aguas grises, oxígeno disuelto, nitrógeno total, fósforo total, coliformes.

Introducción

El agua es un componente de la naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace unos tres mil millones de años, a pesar que puede parecer muy simple debido a que solo está conformada por tres átomos (dos de hidrógeno y uno de oxígeno) es de suma importancia ya que permite el correcto funcionamiento de los procesos biológicos de los ecosistemas y, a su vez, garantiza la supervivencia de todas las especies animales y vegetales que habitan en nuestro planeta, es esencial para el desarrollo de procesos orgánicos como la digestión, así como en la absorción y eliminación de desechos en los seres humanos. Los seres humanos dependemos de su disponibilidad no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales. En las últimas décadas, con la finalidad de producir más alimentos y energía, así como de dotar del servicio de agua potable a una población cada vez más numerosa, la demanda por el líquido ha crecido significativamente. Otro problema importante relacionado con la posibilidad de utilizar el agua es su grado de contaminación, ya que si no tiene la calidad adecuada puede agravar el problema de la escasez. Las aguas de los cuerpos superficiales y subterráneos se contaminan por las descargas sin tratamiento previo, de aguas municipales e industriales, así como por los arrastres que provienen de las zonas que practican actividades agrícolas y pecuarias. Es por eso que en el presente proyecto realizamos una investigación del agua del lindero que se encuentra a un lado de la Escuela de Nivel Medio Superior, para poder conocer sus porcentajes de contaminación y sanidad, darle un proceso para ser mas limpia y no causar daños en el ser humano, pudiendo así utilizarla para el riego de áreas verdes en el plantel; para ello se realizó varios procesos como la recolección de muestras, análisis de las bacterias que contenía, sembrados con caldos de cultivo en cajas petri y conteo de bacterias positivas, se analizaron los resultados de dichas muestras, obteniendo los resultados que se presentarán.

En la figura 1 se muestra los porcentajes de agua en el planeta, como se puede ver claramente el agua salada es un porcentaje mayor, a diferencia del agua dulce, eso si contamos que la mayor parte de agua dulce está congelada o es subterránea.

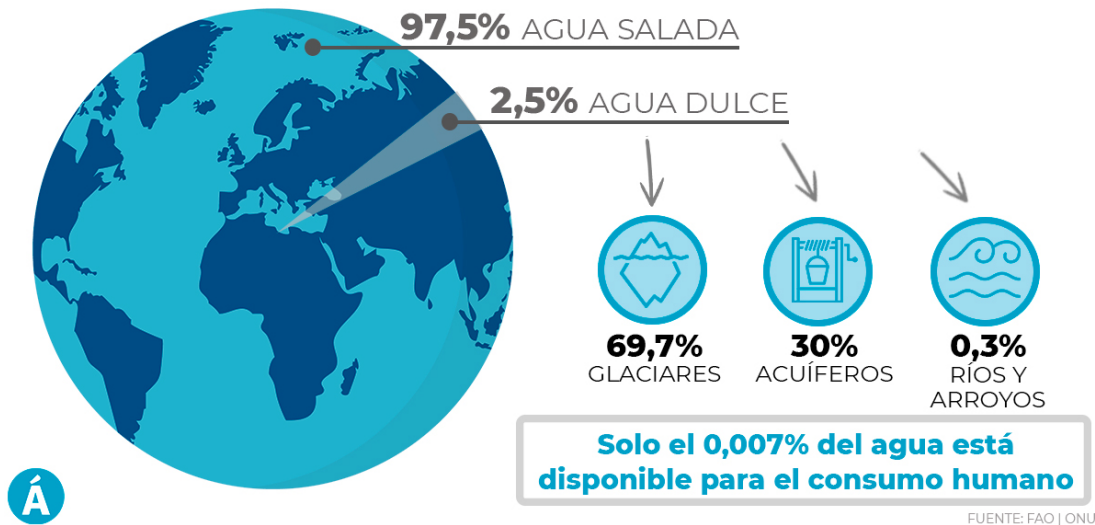


Figura 1. Porcentaje de agua en el planeta tierra.

Reserva de agua dulce

Se ha estimado que existen alrededor de 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta, de los cuales sólo 2.5% corresponden a agua dulce (PNUMA, 2007). Este pequeño porcentaje se localiza principalmente en los ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos del mundo. Casi tres cuartas partes del agua dulce están contenidas en los glaciares y mantos de hielo, de los cuales alrededor de 97% son prácticamente inaccesibles para su uso, ya que se encuentran en Antártica, el Ártico y Groenlandia. Sin embargo, muchos de los glaciares continentales, así como el hielo y las nieves perpetuas de volcanes y cadenas montañosas constituyen una fuente importante de recursos hídricos para muchos países (SEMARNAT, 2018).

Del agua dulce existente en el planeta 30% corresponde a agua subterránea, 0.8 a Permafrost y sólo el 0.4% a aguas superficiales y en la atmósfera. Si consideramos al agua dulce no congelada (31.2% del volumen de agua dulce total), la subterránea representa el 96%, agua que además resulta importante como abastecimiento para arroyos, manantiales y humedales, así como un recurso fundamental para satisfacer las demandas de agua de muchas sociedades en el mundo. Mientras que las aguas superficiales (lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales) sólo retienen el uno por ciento del agua dulce no congelada; dentro de ellos, los lagos del mundo se almacenan más de 40 veces lo contenido en ríos y arroyos y aproximadamente nueve veces lo almacenado en los pantanos y humedales. Aunque el agua presente en la atmósfera equivale a un volumen significativamente menor a la que se encuentra en los lagos, es muy importante por su papel en la regulación del clima. (SEMARNAT, 2018).

Las reservas de agua en el mundo consideran el volumen disponible total acumulado de agua subterránea y superficial. En la Figura 2 se presentan los volúmenes de las reservas de agua mundiales: Suramérica es la región con los mayores recursos hídricos renovables³ del planeta (cerca del 31.8% del total), seguida por Asia (28.9%) y Europa (13.9%); en contraste, la región de Centroamérica posee tan sólo el 1.5% de la reserva total mundial.

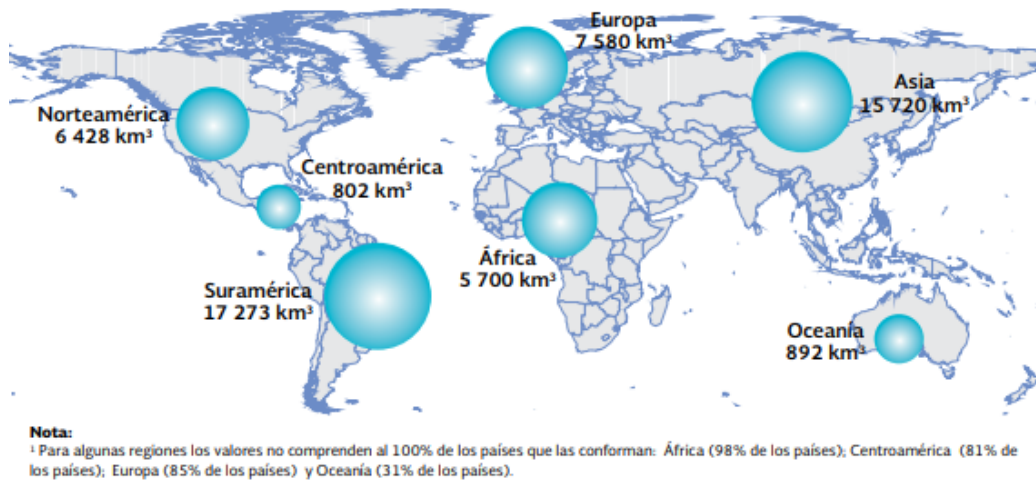


Figura 2. Reservas de agua dulce en el mundo por región

El agua líquida se encuentra naturalmente en ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas (dulce) y mares (salada). Para satisfacer las necesidades asociadas con las actividades humanas, se ha desarrollado infraestructura que permite su canalización, distribución y tratamiento, lo que se conoce como el ciclo urbano del agua, que implica una alteración del ciclo natural. Este ciclo urbano existe en toda comunidad humana sin importar su tamaño y consiste de las siguientes fases (Figura 3): captación, potabilización, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, alcantarillado, tratamiento, reutilización y retorno.

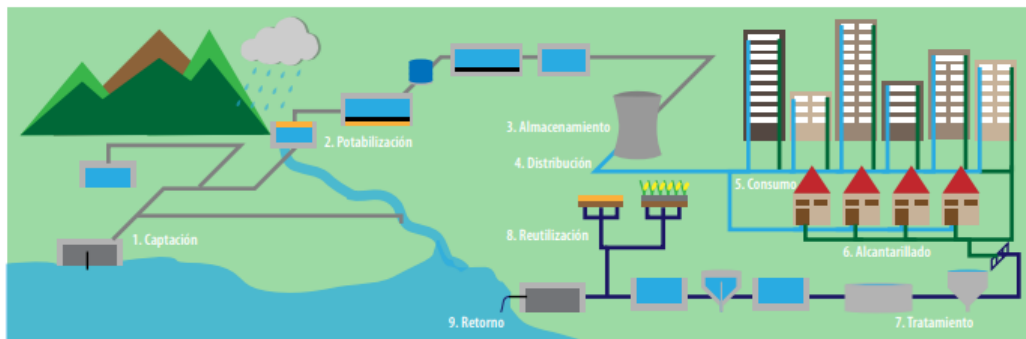


Figura 3. Ciclo urbano para captación del agua.

El agua se contamina por residuos, fertilizantes y diferentes químicos que, vertidos en las aguas dulces, terminan por contaminar también las saladas. A nivel mundial, México es el segundo país, sólo después de China, que utiliza más "aguas crudas" (sin tratar) para riego. Éstas acarrean grandes cantidades de organismos patógenos, metales pesados y residuos de productos de aseo personal que generan problemas de salud, así como de antibióticos, que contribuyen a aumentar la resistencia de las bacterias. (SEMARNAT, Enero 2019).

La inversión en infraestructura de agua y saneamiento tiene efectos positivos evidentes en la reducción de la incidencia de enfermedades gastrointestinales, que disminuye el gasto en Salud Pública. Además, un adecuado tratamiento de las aguas residuales permitiría incorporar nuevamente el agua a los mantos subterráneos, los cuales sostienen alrededor de 62% del uso público, 52% del industrial y 34% del agrícola e industrial. (SEMARNAT, Enero 2019).

Aguas grises

Se definen como aguas grises, las aguas residuales que proceden de duchas, bañeras y lavamanos, éstas presentan un bajo contenido en materia fecal. Si bien las aguas de cocinas y lavadoras también son aguas grises, éstas, generalmente, no se reciclan debido a la elevada contaminación que contienen.

Las aguas grises están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. Es por ello, que su contaminación se determina básicamente con los parámetros mostrados en la figura 4:

	PARÁMETROS	Valor orientativo AGUAS GRISES	Valor típico AGUAS RESIDUALES
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	Sólidos en suspensión	45-330 mg/l	450 mg/l
	DBO ₅	90-290 mg/l	400 mg/l
	N Kjeldahl	2,1-31,5 mg/l	50-60 mg/l
	Turbidez	22-200 NTU	
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	Coliformes totales	10 ¹ -10 ⁶ UFC/100ml	10 ⁶ -10 ⁷ UFC/100 ml
	Escherichia Coli	10 ¹ -10 ⁵ UFC/100ml	10 ⁵ -10 ⁶ UFC/100 ml

Figura 4. Parámetros de calidad del agua.

A diferencia de las aguas residuales domésticas, éstas presentan una baja carga orgánica y una contaminación microbiológica sustancialmente menor. Por este motivo, las aguas grises son apropiadas para el reciclaje. (Aqua España, Julio 2018).

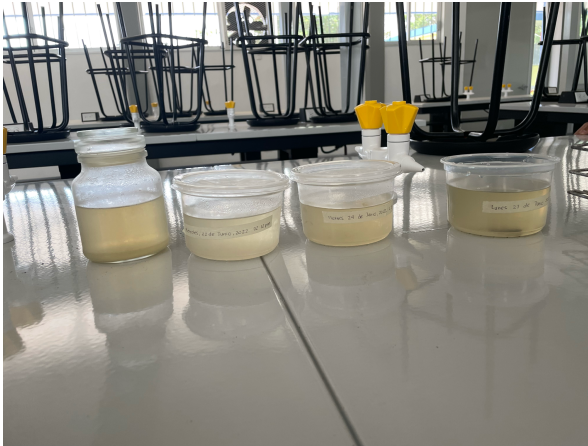
En México, la gestión del agua se orienta a satisfacer la demanda del recurso por parte de la población mediante la construcción de nueva infraestructura hidráulica, sin embargo esta visión técnica ha sido aplicada sin una perspectiva ecológica que considere la interacción del medio físico con el medio social; quizá esta perspectiva se podría orientar al comportamiento y participación de los individuos sobre su entorno, como complemento al proceso de gestión del agua (Hernández, 2018), es por ello que deberá establecerse un estudio de impacto al medio ambiente, además de los beneficios que conlleva el utilizar el agua del entorno en el que nos encontramos.

Metodología

Es por ello que en esta investigación se analizó la posibilidad de utilizar el agua del arroyo (aguas grises) contiguo a la Escuela de Nivel Medio Superior de Pénjamo, ya que su cause es paralelo a la cancha de fútbol, sabiendo sobre la calidad del agua que se traslada desde su nacimiento hasta su desemboque donde se encuentran aguas negras, lo que no permite su utilización posterior, puesto que estas aguas no son captadas por la planta de tratamiento de aguas residuales. Así que, al conocer la calidad del agua, se podrá considerar su utilización para regar el campo de fútbol de la Escuela. Es por ello que se Determinaron los valores experimentales de la degradación aerobia para Oxígeno Disuelto, Coliformes totales, Nitrógeno total y Fósforo total, del agua trasladada en el arroyo contiguo a la Escuela, para comparar con los establecidos en normas oficiales mexicanas de calidad del agua.

Tomando muestras del agua del arroyo y simulando un tratamiento anaerobio en el reactor aerobio para la reducción del número de bacterias y de los demás valores de manera experimental.

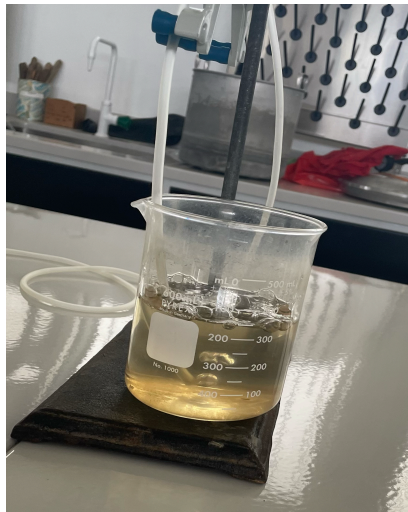
Aplicándose los principios para el tratamiento secundario en una planta de tratamiento aguas residuales para la degradación aerobia y obtención de la reducción de estos parámetros, considerando el tiempo de residencia empleado en la PTAR del municipio de Pénjamo, de 24 horas.



Recolección de la muestra



Medición de la muestra



Sistema de agitación en fase aerobia



Se establece el cultivo para desarrollo de bacterias en diversos medios



Medios de cultivo utilizados



Sembrado en los medios de cultivo preparados

La temperatura de la muestra de agua fue: 25 °C, además se midió el pH siendo de 7.5.

Resultados y discusión

Tabla 1. Agua sin agitación. Análisis microbiológico directo de agua del arroyo

Agar/Tiempo	12 horas	24 horas
Nutritivo	MNPC	MNPC
Dextrosa y papa	MNPC	MNPC
Bilis y rojo violeta	Negativo	Negativo
Sal y manitol	MNPC	MNPC
Citrato Simmons	Negativo	Negativo
Técnica: NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. MNPC (muy numeroso para contar)		

La tabla 1, muestra los resultados del análisis microbiológico, posterior a la toma y reserva de la muestra de agua en el arroyo, en donde se conoce, a través de los diferentes medios empleados, que aunque se considere un agua gris, se localizan diversidad de microorganismos coliformes, lo que hace que su uso sea de riesgo para la salud humana y puede generar alteración en los ecosistemas que se encuentren alimentados por este tipo de agua.

Tabla 2. Agua con agitación para análisis microbiológico directo de agua del arroyo

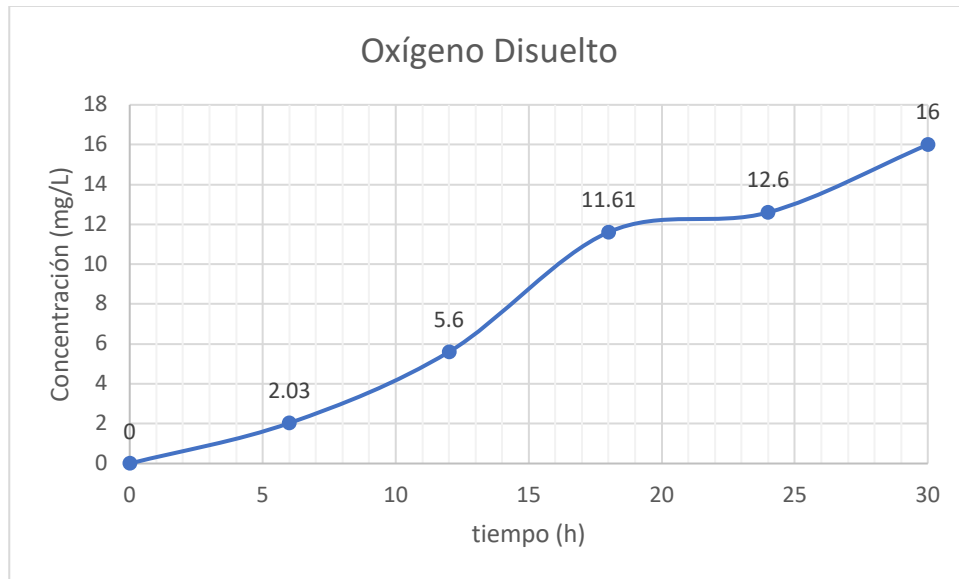
Agar/Tiempo	12 horas	24 horas
Nutritivo	MNPC	MNPC
Dextrosa y papa	3 Hongos y 3 Levaduras	Negativo
Bilis y rojo violeta	30 Cepas	16 Cepas
Sal y manitol	MNPC	MNPC
Citrato Simmons	MNPC	Negativo
Técnica: NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. MNPC (muy numeroso para contar)		

La tabla 2, muestra los resultados del análisis microbiológico, posterior a que se dio el proceso de agitación en el vaso de precipitados que simula el reactor con agitación para lograr que los microorganismos presentes, puedan actuar dentro del medio, además se estimó para dos tiempos para realizar la caracterización.

Tabla 3. Análisis químico del agua sin agitación

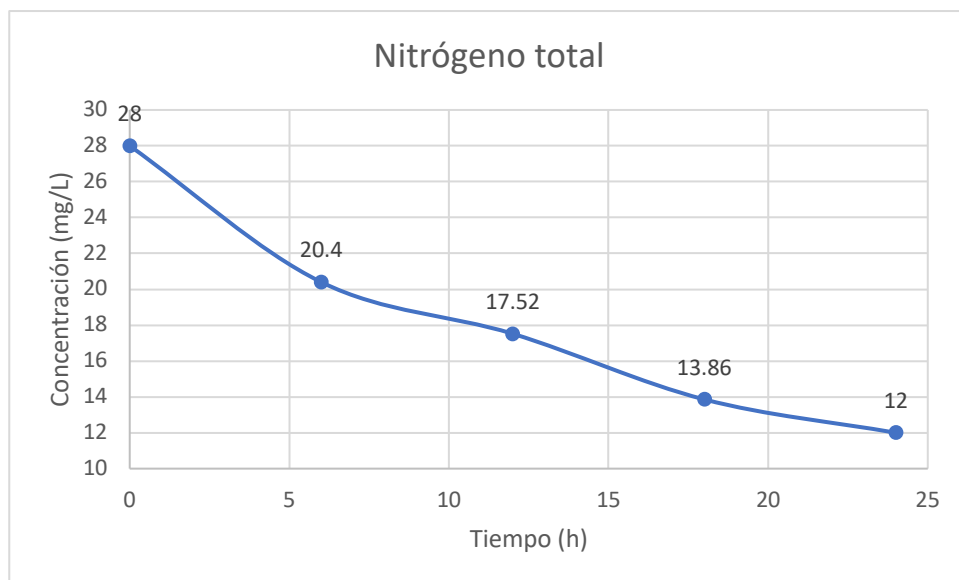
Parámetro	ppm (mg/L)	Límites máximos permisibles	
		PM (ppm)	PD (ppm)
N total	28	15	25
P total	20.4	5	10
Coliformes totales	+240 NMP (número más probable)	-	-

La tabla 3, muestra los valores de las características que complementan el estudio, para su análisis químico, sabiendo que corresponden a los valores iniciales del agua en reserva, y estimando que los valores determinados se encuentran fuera de norma. Además se estableció que a diferentes tiempos se determinaría la cantidad de oxígeno disuelto en el agua que se encuentra en el proceso de agitación, obteniendo los resultados que se muestran en la gráfica 1.



Gráfica 1. Concentración de oxígeno disuelto en el agua de arroyo a través del tiempo en el que promovió la agitación.

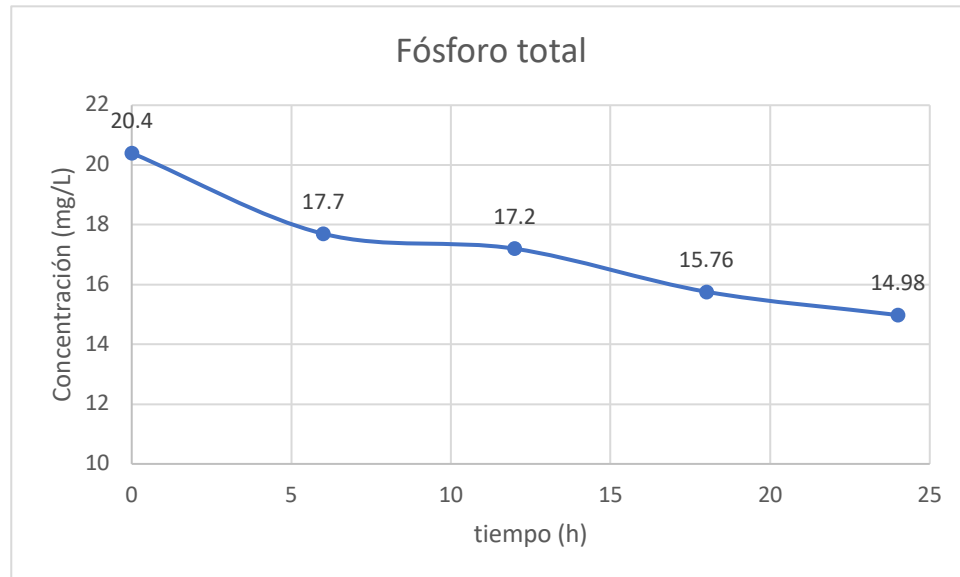
Sabiendo que de acuerdo a la norma para la determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, 4 mg/L corresponde al valor del parámetro a medir para considerar que el agua puede ser descargada en un río sin alterar el equilibrio, por lo que el valor esperado se alcanzó cuando se llevaba una agitación de 10 horas.



Gráfica 2. Concentración de nitrógeno total.

Como se muestra en la gráfica 2, se logra observar que la cantidad de nitrógeno total disminuyó desde una concentración de 28 mg/L, hasta llegar al valor de 12 mg/L, lo que se encuentra dentro de los parámetros

aceptables para que el agua, además de considerarse propicia para el riego, también puede descargarse en ríos sin que altere los equilibrios ecológicos. La reducción del nitrógeno total es del 57.14%.



Gráfica 3. Concentración de fósforo total.

Sabiendo que la norma NMX-AA-029-SCFI-2001 establece que el valor máximo de fósforo total (en cantidad de fosfatos) debe ser de 18 mg/L, teniendo de punto de partida el valor de 20.4 y llegando al valor de 14.98 mg/L, lo que representa una reducción del 26.56% en la cantidad contenida posterior a la agitación durante 24 horas, como es representado en la gráfica 3.

Conclusiones

Es indispensable el lograr tratar un agua residual, además de un agua gris como es el caso de estudio respecto del arroyo contiguo a la ENMS de Pénjamo, sabiendo que podrá ser utilizada esta agua para el riego de áreas verdes en nuestra Escuela, por lo que al hacer la caracterización de los parámetros para determinación de la calidad del agua, se encontró que los parámetros se encuentran fuera de norma (NOM), por lo que será necesario que se establezca un proceso para que al traer el agua con el fin de su utilización, permita que se encuentre en condiciones no nocivas para el medio y para la salud humana, por lo que se planteó el establecer un lote en el que se generará un tiempo de residencia del agua, con una agitación de 24 horas para que se logre disminuir los parámetros medidos inicialmente (Nitrógeno total, Oxígeno disuelto, Fósforo total y coliformes totales, además del pH). Teniendo como conclusión que después del proceso de agitación (aerobio), se entró la disminución de los parámetros antes referidos, logrando una disminución de los mismos. Para el Nitrógeno total, la disminución fue del 57.14%, lo que permite llegar a un valor dentro de la norma. Lo mismo ocurrió con el fósforo total, logrando una disminución del 26.56%. además de que el mismo proceso de agitación logró la disminución de las coliformes totales presentes en la muestra de agua tomada. Además, el utilizar una agitación constante durante 24 horas, logra que la cantidad de oxígeno disuelto llegue a 16 mg/L.

Lo anterior permite establecer que con esta estrategia de agitación a un lote de agua proveniente del arroyo por un periodo de 24 horas, se disminuyen los parámetros logrando que el agua deje de ser nociva para el ecosistema en donde se aplicará. También es importante señalar que para hacer que el agua se utilice en nuestras áreas verdes, se deberá contruir un contenedor con un sistema de agitación, para que aquí pueda ser bombeada el agua y posteriormente cubriendo el tiempo de residencia, se pueda distribuir al riego del as áreas sobre las que se verterá el agua.

Agradecimientos

La realización de este proyecto de investigación se logró gracias al apoyo incondicional del Director de la ENMS de Pénjamo, al Dr. Gerardo Fuentes Cordera, también fue posible por la orientación sobre el tratamiento de las aguas residuales y grises en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el municipio de Pénjamo, a la Lic. Daisy Lizbeth Villalobos Magaña y al Ing. Isaac Cardona Santos del Comité Municipal de Agua Potable de Pénjamo.

Y en especial, por la asesoría profesional de la Dra. Beatriz Eugenia Rubio Campos, quien, de manera atinada, complementa con aspectos relevantes en estos trabajos de investigación.

Referencias bibliográficas

Hernández, S., (2018). Tesis de Maestría. análisis de la percepción en la contaminación de arroyos urbanos en la microcuenca el Riito en Tonalá Chiapas, México. Recuperada de: www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/10/TESIS-Hernández-Solorzano-Sergio.pdf

Píldora de conocimiento – (julio 8, 2018). Aguas grises: origen, composición y tecnologías para su reciclaje. Revista Aqua España. Recuperado de: https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grises_origen.pdf

SEMARNAT NOTA-INCyTU. (enero 2019). Tratamiento de aguas residuales. Número 28. Ciudad de México. Recuperado de: https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf

Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana. (noviembre 20, 2021). La importancia del agua para la vida. Julio 23 de 2022, de Baja California, Gobierno del Estado. Sitio web: <https://www.cespt.gob.mx/informa/importanciaagua.aspx>

Normas Oficiales Mexicanas en DOF

NOM-112-SSA1-1994

NOM-113-SSA1-1994

NMX-AA-029-SCFI-2001

NMX-AA-012-SCFI-2001

NMX-AA-026-SCFI-2001