



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS
GRISES UTILIZANDO *SPIRODELA POLYRHIZA* y *EICHHORNIA
CRASSIPES* EN LA URB. PRIMAVERA-TRUJILLO 2017.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTORA:

VÁSQUEZ URIOL, FIORELLA NOEMÍ

ASESOR:

Dra. MERCEDES LÓPEZ GARCÍA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE RESIDUOS

TRUJILLO – PERÚ

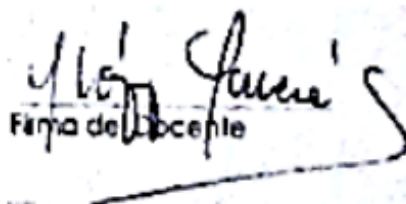
2017

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **Dra. MERCEDES LÓPEZ GARCÍA**, asesora del curso de Desarrollo de Tesis y revisión de la tesis de la estudiante FIORELLA NOEMÍ VÁSQUEZ URIOL; titulada “Disminución de la contaminación de las aguas grises utilizando *Spirodela polyrhiza* y *Eichhornia crassipes* en la Urb. Primavera-Trujillo 2017”, constando que esta tiene un índice de similitud de 12% verificable en el reporte de originalidad del programa turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. Mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Diciembre de 2017



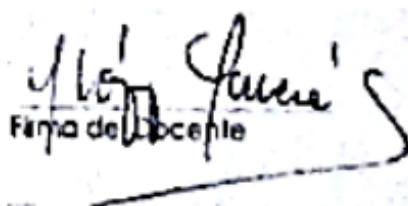
Firma del Docente

Dra. MERCEDES LÓPEZ GARCÍA
DNI: 17871533

INFORME DE CULMINACIÓN DE TESIS

Yo, Dra. **MERCEDEZ LÓPEZ GARCÍA**, asesor de la Tesis titulada “Disminución de la contaminación de las aguas grises utilizando *Spirodela polyrhiza* y *Eichhornia crassipes* en la Urb. Primavera-Trujillo 2017”, de la señorita FIORELLA NOEMÍ VÁSQUEZ URIOL, estudiante, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo; informo a Ud. que la presente Tesis ha culminado satisfactoriamente, ha sido revisada detalladamente por mi persona y se encuentra lista para ser sustentada y defendida por mi asesorado. Y para que conste firmo la presente.

Trujillo, Diciembre de 2017



Firma del docente

Dra. MERCEDEZ LÓPEZ GARCÍA
DNI: 17871533

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Fiorella Noemí Vásquez Uriol con DNI N° 48768489, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Desarrollo de Proyecto de Tesis, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Octubre de 2017.



FIRMA

Vásquez Uriol Fiorella Noemí

DNI: 48768489

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Título de tesis

DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS GRISES UTILIZANDO *SPIRODELA POLYRHIZA* y *EICHHORNIA CRASSIPES* EN LA URB. PRIMAVERA-TRUJILLO 2017.

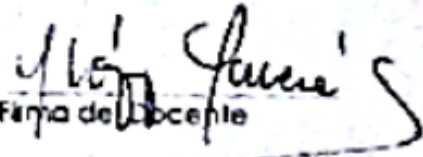


FIRMA

Vásquez Uriol Fiorella Noemí
Autor

Presentada a la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo,
para su aprobación.

Dr. Alberto Quezada Álvarez
Presidente



Firma del docente

Dra. Mercedes López García
Vocal

Dr. Félix Rivero Méndez
Secretario

DEDICATORIA

Este mérito se lo debo a Dios y a mis padres por darme la oportunidad de estudiar en esta universidad en donde conocí a personas maravillosas, a excelentes profesionales, docentes y amigos que forman parte de mi vida y mis logros.

Esta tesis no hubiera sido culminada sino fuera por mi madre Carmen Uriol de Vásquez, quien me apoyó en momentos de depresión y estrés, ella me brindó sus palabras de aliento y su apoyo incondicional.

A mi tía Hilda Uriol Narro, la mujer más bondadosa y comprometida que Dios ha puesto en mi vida aparte de mi madre, uno de mis más apreciados tesoros.

AGRADECIMIENTO

Entre mis más profundas deudas está la que tengo con decenas de investigadores que a lo largo de los años han compartido sus conocimientos conmigo y cuyos esfuerzos están estudiados aquí. A mi asesora la Ing. Químico y directora de la calidad Mercedes López García, le debo el nombre del título de este trabajo de investigación, ella fue la me dio la idea y sus esfuerzos prácticos en este proyecto.

Entre quienes despejaron mis dudas y me ofrecieron sus valiosas opiniones y eruditas se encuentra Priscilla Seijas Bernabé, biólogo de la Universidad Nacional de Trujillo, mi co asesor Félix Rivero Méndez, ingeniero Químico y ex decano de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, a Natalia Díaz Díaz, ingeniero Ambiental y coordinadora de la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, a Rosa Patricia Gálvez Carrillo biólogo de la Universidad Nacional de Trujillo, Misael Ydilbrando Villacorta, ingeniero químico y coordinador de Proyección social de la facultad de ingeniería de la Universidad César Vallejo, a Walter Moreno ingeniero de sistemas de la Universidad Nacional de Trujillo, a Alberto Medardo Quezada García, ingeniero químico de la Universidad Nacional de Trujillo, Jorge Mendoza Bobadilla, ingeniero químico, María Stefhany Castro Romero futura colega y Karol Mendoza Villanueva, ingeniero Agroindustrial de la Universidad César Vallejo, por permitirme el acceso al laboratorio.

Y mi familia, que me proporcionó el nido de calidez e inteligencia que alimentó la realización de este proyecto.

PRESENTACIÓN

Frente a ustedes, miembros del jurado tengo el agrado de presentar la siguiente tesis: “Disminución de la contaminación de las aguas grises utilizando *Spirodela polyrhiza* y *Eichhornia crassipes* en la Urb. Primavera-Trujillo 2017” con el fin de determinar la disminución de la contaminación de las aguas grises tomadas de las viviendas de la Urb. Primavera, las muestras fueron compuestas y sometidas a tratamiento, posteriormente analizadas en laboratorio cumpliendo con el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La autora.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| I. Introducción | 1 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 2 |
| 1.2. Trabajos previos | 3 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema | 8 |
| 1.4. Formulación del problema..... | 12 |
| 1.5. Justificación del estudio | 12 |
| 1.6. Hipótesis | 13 |
| 1.7. Objetivos | 13 |
| | |
| II. Metodología | 14 |
| 2.1. Diseño de investigación | 14 |
| 2.2. Variables, Operalización | 16 |
| 2.3. Población y muestra..... | 17 |
| 2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos | 17 |
| 2.5. Método de análisis de datos..... | 19 |
| 2.6. Aspectos éticos | 19 |
| | |
| III. Resultados | 20 |
| IV. Discusión | 25 |
| V. Conclusiones | 28 |
| VI. Recomendaciones | 30 |
| VII. Referencias | 31 |
| Bibliográficas..... | 31 |
| Anexos | 35 |

RESUMEN

Se aplicó fitorremediación con ***Eichhornia crassipes*** y ***Spirodela polyrhiza*** para remover la turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos en aguas grises provenientes de la Urb. Primavera. Se hicieron 3 repeticiones por grupo; al cabo de 10 días se obtuvieron los resultados, revelaron que ambos tratamientos son efectivos para la disminución de dichos parámetros. La disminución de estos contaminantes es significativa y varía en función de cada planta.

Palabras claves: agua gris, tratamiento, disminución, ***Eichhornia crassipes***, ***Spirodela polyrhiza***, turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos.

ABSTRACT

Applied phytoremediation with *Eichhornia crassipes* and *Spirodela polyrhiza* to remove turbidity, nitrites, nitrates and phosphates in grey water from the URB spring. 3 replicates were made per group; 10 days after the results were obtained, they revealed that both treatments are effective in the reduction of these parameters. The reduction of these pollutants is significant and varies according to each plant.

Key words: grey water, treatment, decrease, *Eichhornia crassipes*, *Spirodela polyrhiza*, turbidity, nitrites, nitrates and phosphates.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PLOBLEMÁTICA:

(GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, WATER FOOTPRINT NETWORK, ZSL,WWF, 2015) El agua es un recurso vital y a medida que la población aumenta su demanda también, se estima que para el año 2050 habrán 9 600 millones de humanos en todo el planeta, lo que representa un ritmo muy acelerado, eso significa que el consumo de agua también se incrementará, lo que puede generar un déficit del recurso hídrico, aproximadamente el 70% es usado para la producción de alimentos y el 30% es para generar energía a nivel mundial; y en países industrializados el 45% de agua dulce se emplea para la generación de energía; el consumo del líquido elemento sigue en aumento, los expertos señalan que habrá un exceso en la demanda mundial de agua dulce en más de un 40%. (9 pp.)

Ante tal situación, diversos países han tomado conciencia sobre la importancia del recurso hídrico y han buscado la manera de minimizar la huella hídrica, mediante distintos sistemas, métodos, entre ellos está la reutilización de aguas pluviales, reutilización de aguas grises, así como, la instalación de griferías que permitan ahorrar más agua, tanques económicos de inodoro, entre otros.

Grandes potencias mundiales han implementado estos sistemas en sus obras de construcción, entre ellos: EE.UU. y Japón. En Australia también se realizan proyectos similares. Estos países tomaron la iniciativa incorporando en la legislación esta buena práctica ambiental. En el 2012, Australia promueve esta técnica a nivel local, además como incentivo de la instalación de un sistema de reutilización de aguas grises se redujo el costo de servicio de agua. Mientras que en Tokio, se han adoptado medidas más estrictas, todos los edificios que superen un área de tres hectáreas obligatoriamente deben contar con un sistema de reutilización de aguas grises. Alemania y Reino Unido no se quedan atrás, a pesar que no son tan afectados ante la insuficiente cantidad de agua utilizan esta técnica. No muy lejos, dentro del mismo continente europeo, en España se han patentado e implementado sistemas de reutilización de aguas grises en obras civiles, las cuales son obligatorias en las nuevas viviendas multifamiliares en varias

localidades de España debido a la carencia del líquido vital (DOMÉNECH, 2010).

En el Perú lastimosamente no logran tratar el mayor porcentaje de agua, por su poca capacidad y la gran concentración de contaminantes provenientes de los efluentes municipales, comercial e industriales, estos van en un solo ducto lo que dificulta la depuración de estas aguas y como consecuencia se desperdician grandes volúmenes de agua.

(ANA, 2012) La Autoridad Nacional del Agua en el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) detalla que el consumo de agua total en todo el Perú es de 49 717,97 Hm³/año, de los que 26 080, 71 Hm³/año (52%) corresponden a usos consuntivos (sector agrícola, vivienda, industria y minería) y 23 637,26 Hm³/año, (48%) a usos no consuntivos (sector energía y pesquería). Cabe resaltar que la demanda poblacional a nivel nacional es de 2 319,74 Hm³/año (106 pp.)

(MINAGRI, 2015) Dentro del sector doméstico, el agua gris conforma más del 50% de la huella hídrica total del sector en su mayoría debido a bajos niveles de cobertura de sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Perú. (16 pp.)

(MINAGRI, 2015) El agua usada en los domicilios es el segundo mayor usuario, cuya demanda es en mayor parte para el suministro de agua apta para consumo humano. Una gran cantidad de agua consumida es devuelta al sistema, siendo considerada como agua gris. (17pp.)

En nuestro país son pocas las empresas que incluyen dentro de sus proyectos una planta de tratamiento de aguas residuales para tratar efluentes municipales, debido a la falta de interés y su elevado costo, ante esa objeción se propone la fitorremediación que es un método mucho más económico que la instalación de un sistema mecanizado tradicional para depurar aguas residuales domésticas a las cuales se les puede dar un doble uso para regar, lavar autos, realizar otras actividades excepto para consumo humano. Para que el agua domiciliaria pueda usarse para categoría III debemos de tener en cuenta la concentración de ciertos parámetros, entre ellos se consideró trabajar con la turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos en esta

tesis, al mencionar la palabra contaminantes nos referiremos a los parámetros mencionados.

1.2. TRABAJOS PREVIOS:

En esta investigación se comparó la eficiencia de especies de plantas acuáticas como: *Pontederia cordata* (*Eichhornia crassipes* y *Salvinia minima*) para tratar aguas residuales de industrias azucareras. Los parámetros que se midieron fueron: crecimiento de biomasa, DBO, DQO, NTK, N-NH₄, N-NO₃-y P-PO₄. El N-NH₄ disminuyó aplicando *E. crassipes*. Sin embargo, los fosfatos y el potasio no disminuyeron; esto es ventajoso para el riego de cultivos de caña por la concentración de nutrientes. La reducción de NTK, N-NO₃, y S-SO₄, ocurrió en porcentajes altos. Las especies contribuyeron a la desnitrificación en corto plazo. Este proyecto prueba que la fitorremediación es efectiva para tratar vinazas diluidas evitando los costos del pretratamiento mediante digestión anaerobia. (OLGUÍN, 2012)

Según el autor CANTORAL (2015) nos comparte en su trabajo de investigación, acerca de la construcción de una planta de tratamiento mediante fitofiltración utilizando *Cyperus alternifolius*, con la finalidad de determinar el porcentaje de remoción de Turbidez, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. Los resultados obtenidos en torno a estos parámetros fueron lo siguiente: 97,66% (turbiedad), 79,68%(SST), 72,84% (DBO5) y 76,85%(DQO) de nivel de remoción, concluyéndose que mediante este sistema de humedal artificial es eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas grises.

García, Z. (2012) En su investigación: "Comparación y Evaluación de tres Plantas Acuáticas para determinar la Eficiencia de Remoción de Nutrientes en el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas" encontró que la *Eichhornia crassipes* es más eficiente en la remoción de nutrientes con respecto a la *Azolla filiculoides* y *Lemna minor*. La remoción de estos nutrientes estuvo por el orden de 90%, con respecto al La *Eichhornia crassipes* pudo remover hasta un 86% en todo el sistema, en Nitrógeno amoniacal y el porcentaje de la

capacidad de remoción de fósforo total presenta para un tiempo de retención de 2.5 días, un valor de 40%; y para 5 días, una remoción de 52%.

Carreño (2016) en su investigación nos comparte en su artículo “Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*”: La fitorremediación con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) transforma la carga orgánica, además de absorber los metales pesados en su morfología, como prueba de ello se instalaron humedales artificiales en el sector industrial demostrando la viabilidad de este trabajo de investigación.

Los autores Gamarra, Quintero, Rueda y Aguilar (2006) en su investigación “Evaluación de un modelo piloto integrado para postratamiento del efluente del RAP utilizado *Spirodela sp.*” nos dice: El objetivo de la construcción de sistemas de aguas residuales es minimizar la carga orgánica y nutrientes, asimismo, el reuso de subproductos creados en el proceso, para ello se construyó un modelo piloto integrado con *Spirodela sp.*, con la finalidad de eliminar nutrientes (nitrógeno y fósforo), coliformes totales y fecales, con diferentes alturas de lámina de agua; los resultados reportaron eficiencias hasta de 77.07% para nitrógeno amoniacal, 97.10% fósforo total, 98.56% coliformes fecales y 96.4% coliformes totales.(pp. 1)

1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA:

- MINAGRI - ANA (2010) En el artículo 131° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 se definen los siguientes conceptos:
 - Aguas residuales, poseen características propias que han sido alteradas por el hombre a través de sus diversas actividades, son vertidas a un cuerpo receptor de agua o son tratadas para su reuso.
 - Vertimiento de aguas residuales, es el agua residual que ha recibido un tratamiento previo antes de su descarga en el mar o un río. (40 pp.)

- MINAGRI - ANA (2010) En el artículo 132° del mismo Reglamento, se denominan:
 - Aguas residuales domésticas, provienen de viviendas, centros comerciales e institucionales que en su composición tienen materia orgánica y otros desechos debido a las actividades antrópicas.
 - Aguas residuales municipales se llaman a las aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (40 pp.)

- MINAGRI - ANA (2010) En el Artículo 147° de Reglamento de la Ley de RR.HH. conceptualiza el reuso de agua residual como la utilización, de aguas residuales tratadas resultantes de las actividades antropogénicas. (44 pp.)

- Para (ESPINAL, y otros, 2014) aguas grises: son aquellas aguas provenientes de actividades cotidianas como el lavado de platos, lavado de ropa, ducharse, lavado de manos. En otras palabras son aguas residuales domésticas sin contar la de los retretes que se pierden a través de los desagües, que no contienen un alto índice de contaminantes que mediante un tratamiento previo puede ser reusadas para riego, sistema de alarma contra incendios y descargas en inodoros. (21 pp.)

- (ESPINAL, y otros, 2014) nos dice que las aguas pluviales: En estas aguas normalmente no suelen encontrarse contaminantes físicos ni químicos como pesticidas, plomo o arsénico. No tienen color, presentan pocas partículas en suspensión y son bajas en sales y dureza [Abdulla, Al-Shareef, 2009]. Los biofilms (comunidades de microorganismos que crecen en las paredes del tanque) adsorben los metales pesados, la materia orgánica y los patógenos del agua. Muchas bacterias se acumulan en la superficie del agua, mientras

que los metales pesados precipitan hacia el fondo del tanque., las paredes dentro y el fondo del tanque deben lavarse, limpiar todo el tanque usando cloro para desinfectar, además de un aclarado con agua [Abdulla, Al-Shareef, 2009]. (21 pp.)

- WATER FOOTPRINT PRINT (2011) define Huella Hídrica como el volumen de agua usado para producir bienes y servicios ya sea de un individuo, comunidad o las empresas. Es un indicador o una medida de la apropiación de la humanidad de agua dulce en volúmenes de agua, consumidos y/i contaminados por un individuo, país o global en una cuenca específica, río o acuífero. (2 pp.)
- (Peruano, 2010) (SINIA), 2010) dice que se llama Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), se refiere a la Infraestructura y procesos requeridos para el tratamiento de las aguas residuales Domésticas o Municipales. (2 pp.)
- En el diario oficial El (Peruano, 2010) (SINIA), 2010) Límite Máximo Permisible (LMP), medida de la concentración de los contaminantes físicos-químicos y biológicos que son vertidos en elevadas concentraciones representando un riesgo a la salud pública y al ambiente. que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (2 pp.)
- Según el diario el (Peruano, 2010) (SINIA), 2010) Protocolo de Monitoreo, llamados a los procedimientos y metodologías que forman parte de los Programas de Monitoreo dictadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento junto con el MINAM. (2 pp.)
- AHMED (2011) Jacinto de agua, nombre científico *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, especie acuática nativa de la cuenca del Amazonas, considerada una de las peores malezas entre las diez

primeras a nivel mundial, posee densos monocultivos que pueden amenazar la diversidad de especies nativas local y cambiar el medio ambiente acuático física y química, alterando así la estructura y función de los ecosistemas mediante la interrupción de las cadenas alimentarias y el ciclo de nutrientes; se alimenta de calcio, magnesio, azufre, férrico, manganeso, aluminio, boro, Cupper, molibdeno, zinc, nitrógeno, fósforo y potasio, lo que favorece su crecimiento en otras especies acuáticas. Favorece su crecimiento una temperatura de 35 ° C y la radiación solar con la duración de la luz larga. Ésta especie es invasiva y amenazante, absorbe el oxígeno disuelto del agua perjudicando la fauna que se encuentra en ese hábitat. Se extiende en regiones tropicales y subtropicales. (1 pp.)

- (MINAGRI, 2015) La ANA define la huella hídrica como un indicador para determinar la demanda de agua de manera directa e indirecta para la fabricación de un bien o producto mediante la cadena de suministro de un lugar geográfico. (2 pp.)
- (MINAGRI, 2015) De acuerdo a la Autoridad Nacional del Agua se llama agua gris a la cantidad de agua dulce que se va a necesitar para esparcir una determinada cantidad de contaminantes en base a las concentraciones en la naturaleza y a ECA para agua. (2 pp.)
- (MINAGRI, 2015) Agua verde se refiere al agua sacada del suelo no saturado mojado por precipitaciones, que se dirigen a los cuerpos de agua y en el camino pueden ser absorbida las raíces de las plantas sin ningún costo. (2 pp.)
- (MINAGRI, 2015) Se llama agua azul a aquella que puede ser sacada de un cuerpo de agua, natural, superficial o subterráneo que es almacenado y distribuido para ser consumida por la población, cuyo servicio tiene una tarifa. (2 pp.)

- TURBIDEZ

Definida como propiedad óptica de una muestra para disipar y absorber la luz en vez de transmitirla en línea recta, siendo en el caso del agua causada por material coloidal particulado ya sea mineral, arcilloso, diminutas partículas de materia orgánica e inorgánica, algas, plancton y microorganismos, provocando la coloración del agua. La turbidez aparente de una suspensión está directamente relacionada con el número, masa, índice de refracción y concentración de las partículas, siendo la causa principal de la turbidez del agua la dispersión de arcilla, ya que esta abarca una amplia gama de compuestos, pero generalmente son silicatos de aluminio con diversas formas, adquiriendo plasticidad al mezclarse con el agua (Melo, Turriago 2012).

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿En qué medida se disminuirá la contaminación de las aguas grises usando *Spirodela polyrhiza* y *Eichhornia crassipes*?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La demanda hídrica se ha incrementado debido a la creciente población y es probable que en los próximos años se sienta la escasez del líquido vital según afirman los expertos; por lo que se deben tomar medidas de control para aprovechar este recurso al máximo, pese a la abundancia de agua que hay en nuestro país; si bien es cierto, se han construido plantas de tratamiento de agua residual con la finalidad de reaprovechar el líquido vital, estas no son suficientes para tratar más del 50% de los efluentes, por lo que hay una pérdida inmensa de volúmenes de agua por día. Además, existe otro problema como el de la planta de tratamiento de aguas residuales que pertenece a la empresa SEDALIB S.A. ubicada en la ciudad de Trujillo, ésta no logra tratar los efluentes municipales en su totalidad y su tratamiento es más difícil porque los efluentes municipales son mezclados con los comerciales e industriales, por ejemplo: agua residual

de los canales la cual contiene gran cantidad de materia orgánica, grasas y aceites lo que representa un serio problema.

Por tal motivo se debe de optar por nuevas tecnologías o sistemas que permitan el ahorro de agua, que faciliten el reaprovechamiento de las aguas; es mejor darles un tratamiento cuando éstas no tienen mucha concentración de contaminantes como son las aguas grises de origen doméstico, se debe plantear la instalación de un sistema de tratamiento de aguas grises por fitorremediación en viviendas, utilizando especies como Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lentejitas de agua ("*Spirodela polyrhiza*"), las cuales han dado buenos resultados según lo investigado, además de ser eficientes es un método económico y se puede dar un uso estético, en otras palabras, ser parte de un diseño arquitectónico en proyectos inmobiliarios, de esta manera las empresas constructoras e inmobiliarias que incluyan este sistema en sus proyectos de construcción tendrán un valor agregado, una mejor imagen hacia sus clientes y tener mayores oportunidades de obtener certificaciones internacionales (LEED, Peru Green Building council, etc.) que indiquen que sus procesos están en armonía con el ambiente.

1.6. HIPÓTESIS:

La capacidad de remover la carga contaminante de las aguas grises es mayor en *Eichhornia crassipes*.

1.7. OBJETIVOS:

1.7.1. GENERAL:

Determinar la disminución de la contaminación de las aguas grises de las viviendas de la Urb. Primavera del Distrito de Trujillo utilizando *Spirodela polyrhiza* y *Eichhornia crassipes*.

1.7.2. ESPECÍFICOS:

- Determinar la concentración inicial de la turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos en las aguas grises de la Urbanización Primavera del Distrito de Trujillo.

- Determinar la concentración de la turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos en las aguas grises de la Urbanización Primavera del Distrito de Trujillo después del tratamiento con “*Eichhornia crassipes*”
- Determinar la concentración de la turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos en las aguas grises de la Urbanización Primavera del Distrito de Trujillo después del tratamiento con “*Eichhornia crassipes*”

II. MÉTODO:

El desarrollo de la presente investigación que utilizó aguas grises de la Urbanización Primavera, se inició mezclando las aguas tomadas de los domicilios en los siguientes puntos: cocina, bañeras o duchas, lavandería y lavatorios para obtener el agua gris a la que se aplicó el tratamiento. Las muestras fueron 3 de 4 litros cada una, las que se colocaron en acuarios a la temperatura 23°C y pH 6,17; una se constituyó en el testigo a las otras dos se aplicó tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Spirodela polyrhiza*. Estas muestras se repitieron por tres veces. Luego de 10 días de tratamiento, se analizó la concentración de nitritos, nitratos, fosfatos y turbidez.

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de esta investigación es experimental puro, es el diseño clásico que consiste en realizar una preprueba - postprueba y un grupo de control, llamado también sucesión en línea. (Córdova, 2015).

El modelo es el siguiente:

| | | |
|----------|------|----------|
| O_{1i} | ---- | O_{1f} |
| O_{2i} | X | O_{2f} |
| O_{3i} | Y | O_{3f} |

Hernández, Fernández, Baptista(2010)(p. 322)

O_{1i} : Concentración Inicial de contaminantes, muestra 1.

O_{1f} : Concentración Final de contaminantes, muestra 1.

O_{2i} : Concentración Inicial de contaminantes, muestra 2

O_{2f} : Concentración Final de contaminantes, muestra 2 (después del tratamiento con Eichhornia Crassipes).

O_{3i} : Concentración Inicial de contaminantes, muestra muestra 3

O_{3f} : Concentración Final de contaminantes, muestra 3 (después del tratamiento con Spirodela Polyrhiza).

X: Eichhornia Crassipes.

Y: Spirodela Polyrhiza.



2.2. VARIABLES, OPERALIZACIÓN:

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Indicadores | Escala de medición |
|--|--|---|--|------------------------|
| <p>-Variables independientes:</p> <p>-<i>Spirodela polyrhiza</i>.</p> <p>-<i>Eichhornia crassipes</i>.</p> | <p>- AHMED (2011) Jacinto de agua, nombre científico <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms, especie acuática nativa de la cuenca del Amazonas, considerada como maleza. (1 pp.)</p> <p>- Spirodela polyrhiza es una planta acuática monocotiledónea que presenta un ligero crecimiento en su morfología, tamaño del genoma y un número de genes codificantes de proteínas muy reducidos. (PUBMED, 2017)</p> | Balanza | gramos de especie/L. de agua gris. | Cualitativa Nominal. |
| <p>-Variable dependiente:</p> <p>Contaminación de las aguas grises.</p> | <p>Trastorno o alteración en la concentración de contaminantes de las aguas domésticas (aguas provenientes de duchas, bañeras, lavadoras, exceptuando los inodoros) por la acción de plantas depuradoras de agua. (Ingeniería, 2012)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Turbidímetro 2. Espectrofotómetro 3. Espectrofotómetro 4. Espectrofotómetro | <p>Mis indicadores son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Turbidez 2. Nitritos 3. Nitratos 4. Fosfatos | Cuantitativa de Razón. |

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA:

POBLACIÓN:

La población son las aguas grises provenientes de las viviendas de la Urbanización Primavera ubicada en el Distrito de Trujillo.

MUESTRA:

Según Hernández et al. (2010) las muestras que se tomarán son no probabilísticas también conocidas como dirigidas

Las muestras se prepararon tomando agua de los siguientes puntos: cocina, bañeras o duchas, lavandería y lavatorios, luego se mezclaron para obtener el agua gris para su tratamiento.

Se tomaron 3 muestras, una de las cuales corresponde al testigo cuya concentración de contaminantes es O_1 y las dos siguientes cuya concentración de contaminantes es O_2 y O_3 , éstas últimas se trataron por 10 días 143 g. de *Spirodela polyrhiza* y *Eichhornia crassipes* respectivamente.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

2.4.1. TÉCNICAS:

Para la técnica de recolección de datos se utilizó observación de campo experimental, como técnica de laboratorio se usaron los métodos normalizados tales como APHA, AWWA WPCF (Standard Methods) y como instrumento se usó la cadena de custodia del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de aguas superficiales en el que se reportarán los resultados obtenidos en laboratorio.



Se usaron los materiales y equipos de campo de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Aguas

Superficiales y para el procesamiento de datos se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics.

2.4.2. INSTRUMENTOS:

Verificación y validez

Los equipos (balanza, turbidímetro) del laboratorio de Química y Biotecnología de la Universidad César Vallejo fueron calibrados de acuerdo a la Norma Metrológica Peruana 003 .12. 2009, el espectrofotómetro de la Universidad Nacional de Trujillo fue calibrado y verificado por Bayomed Health Perú S.A.C., además se utilizaron kits Macherey Nagel, métodos normalizados alemanes para la determinación de los parámetros mencionados.

2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:

El método utilizado es ANOVA unidireccional. Según Hernández et al. (2010) éste consiste en analizar más de dos grupos para saber si difieren significativamente entre ambos con respecto a sus medias y varianzas. El programa estadístico IBM SPSS Statistics arrojó un nivel de significancia menor a $\alpha = 0,05$ lo quiere decir, que existe una diferencia significativa entre los grupos.

2.6. ASPÉCTOS ÉTICOS:

Todas las citas bibliográficas que aparecen están conforme a la Norma ISO 690, tomando como guía los modelos de la plataforma de metodología de la Investigación científica del docente Marlón Farfán Córdova, Ing. Estadístico de la Universidad César Vallejo. (Córdova, 2015)

Se tomó información de fuentes secundarias como: artículos de investigación, tesis, libros, noticias, información confiable de páginas institucionales y en otras fuentes de información de bases de datos; es decir, de fuentes confiables.

Este trabajo es original, ha sido constatado a través del software Turnitin que indica un bajo nivel de similitud en comparación con otros trabajos de investigación.

III. RESULTADOS:

3.1. Concentración inicial de Nitritos, Nitratos, Fosfatos y Turbidez del agua gris de la Urbanización Primavera sin Tratamiento. A continuación se encuentran los resultados de las mediciones de dichos parámetros.

Tabla 1. Caracterización de las aguas grises de la Urbanización Primavera antes del tratamiento.

| PARÁMETROS | UNIDADES | TESTIGO INICIAL |
|------------|----------|-----------------|
| TURBIDEZ | NTU | 333 |
| NITRITO | ppm | 0.27 |
| NITRATO | ppm | 25.03 |
| FOSFATO | ppm | 13.77 |

Fuente: *Elaboración propia.*

La Tabla N° 1 muestra la concentración inicial de los contaminantes en estudio que es la misma para todas las muestra ya que se tomaron al mismo tiempo de la muestra compuesta.

3.2. Concentración de Nitritos, Nitratos, Fosfatos y Turbidez del agua gris de la Urbanización Primavera después del tratamiento.

Tabla 2. Caracterización de las aguas grises de la Urbanización Primavera después del tratamiento aplicando Spirodela polyrhiza y Eichhornia crassipes.

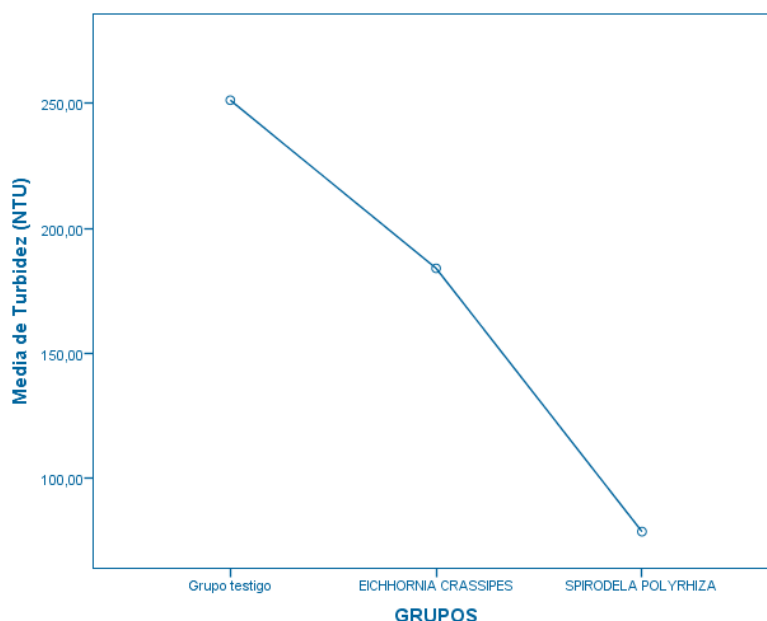
| CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA | PROMEDIO | | | % DE VARIACIÓN | |
|--------------------------------|-----------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|
| | Muestra 1 | Muestra 2 (SPIRODELA POLYRHIZA) | Muestra 3 (EICHHORNIA CRASSIPES) | SPIRODELA POLYRHIZA | EICHHORNIA CRASSIPES |
| TURBIDEZ (NTU) | 251.33 | 78.57 | 184 | 68.7 | 26.8 |
| NITRITOS(ppm) | 0.21 | 0.11 | 0.02 | 50.0 | 92.2 |
| NITRATO(ppm) | 16.03 | ND | ND | Indefinido | Indefinido |
| FOSFATO(ppm) | 11.23 | 6.2 | 8.17 | 44.8 | 27.3 |

ND: No detectable

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede apreciar en la Tabla N°2, la mayor disminución de los contaminantes en las aguas grises de la Urb. Primavera se obtiene cuando las muestras se trataron con *Spirodela polyrhiza* que alcanzó en 68,7% respecto a la turbidez, 50,0% de nitritos, 44,8% de fosfatos y con respecto a nitratos el equipo arrojó como resultado no detectable (ND) quiere decir, que la presencia de nitratos es menor a 4.0 que es el rango mínimo de medición del espectrofotómetro.; mientras que para la *Eichhornia crassipes* se obtuvo 26.8 % de remoción frente a la turbidez, en cuanto a la nitritos resultó ser mucho más eficaz en un 92,2%, en cambio en fosfatos tuvo una menor absorción en un 27,3%, por último se obtuvo como resultado en nitratos al igual que Spirodela, ambas disminuyeron las concentraciones de nitratos pero no fueron detectadas por el equipo por estar fuera del límite inferior. Se se ve representado en las presentes gráficas:

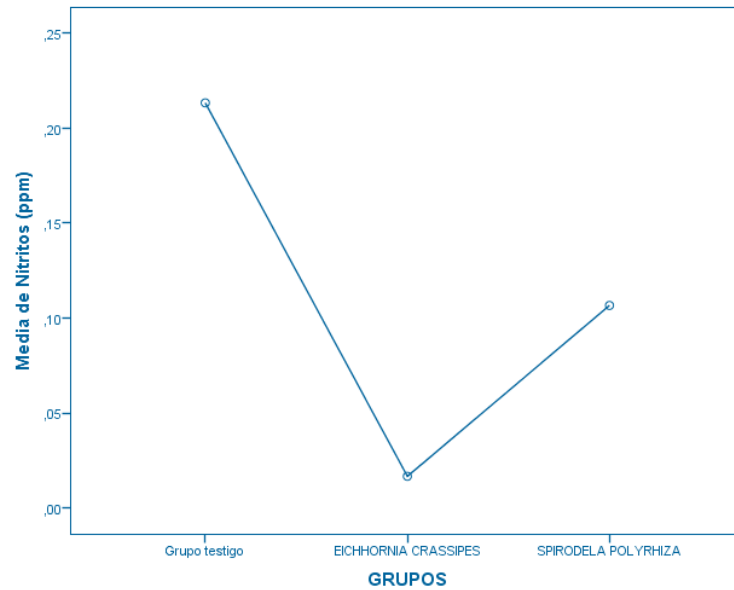
Gráfico N°1. Reducción de la turbidez (NTU) en las aguas grises.



Fuente: IBM SPSS Statistics.

Se muestra la variación de la turbidez, respecto a la cantidad de partes por millón (ppm) y la eliminación de los mismos por cada especie en comparación con el blanco, demostrando que es más eficiente el tercer espécimen.

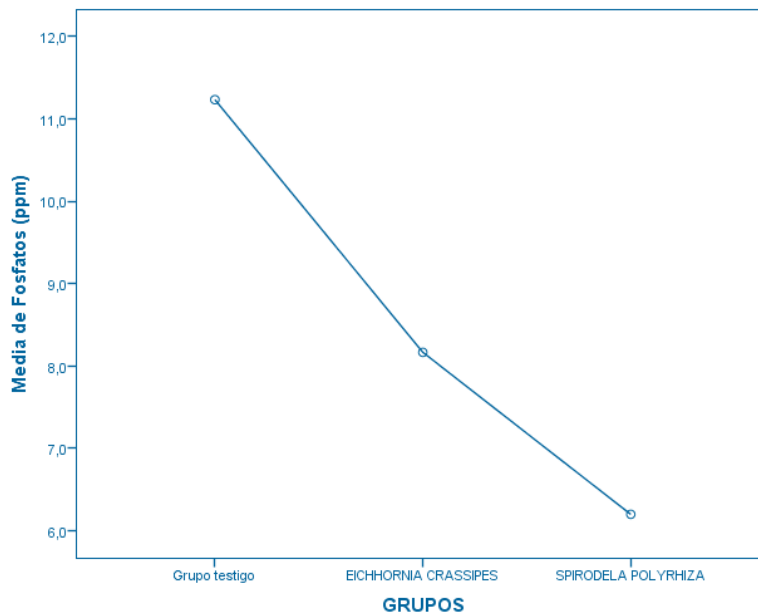
Gráfico N°2. Reducción de nitritos (ppm) en las aguas grises.



Fuente: IBM SPSS Statistics.

Esta gráfica representa la efectividad del tratamiento aplicando Eichhornia crassipes en relación a las ppm de nitritos absorbidas por la planta.

Gráfico N°3. Reducción de fosfatos (ppm) en las aguas grises.



Fuente: IBM SPSS Statistics.

La gráfica muestra la relación de ppm de fosfatos que disminuyen en cada grupo, el demuestra una mayor erradicación es el tratamiento con Spirodela polyrhiza.

3.3. ANOVA Unidireccional para turbidez, nitritos y fosfatos.

Tabla 3. ANOVA- turbidez.

Turbidez (NTU)

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 45498,287 | 2 | 22749,143 | 363,044 | ,000 |
| Dentro de grupos | 375,973 | 6 | 62,662 | | |
| Total | 45874,260 | 8 | | | |

Fuente: IBM SPSS Statistics

Esta prueba se hace para aceptar o rechazar la hipótesis.

H_0 : No existe diferencia en la remoción promedio de la turbidez en el grupo control y los grupos de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Spirodela polyrhiza*.

$$\mu_c = \mu_s = \mu_e$$

La ecuación significa que todos los grupos son iguales.

H_1 : Existe diferencia en la remoción promedio de la turbidez en el grupo control y los grupos de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Spirodela polyrhiza*.

$$\mu_c \neq \mu_s \neq \mu_e$$

Indica que ninguno de los grupos son iguales.

La hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis inicial.

Tabla 4. ANOVA- Nitritos.

Nitritos (ppm)

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | ,058 | 2 | ,029 | 872,333 | ,000 |
| Dentro de grupos | ,000 | 6 | ,000 | | |
| Total | ,058 | 8 | | | |

Fuente: IBM SPSS Statistics

H_0 : No existe diferencia en la remoción promedio de nitritos en el grupo control y los grupos de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Spirodela polyrhiza*.

$$\mu_c = \mu_s = \mu_e$$

La ecuación significa que todos los grupos son iguales.

H_1 : Existe diferencia en la remoción promedio de nitritos en el grupo control y los grupos de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Spirodela polyrhiza*.

$$\mu_c \neq \mu_s \neq \mu_e$$

Indica que ninguno de los grupos son iguales.

La hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis inicial.

Tabla 5. ANOVA- Fosfatos

Fosfatos (ppm)

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|----------|------|
| Entre grupos | 38,607 | 2 | 19,303 | 8686,500 | ,000 |
| Dentro de grupos | ,013 | 6 | ,002 | | |
| Total | 38,620 | 8 | | | |

Fuente: IBM SPSS Statistics

H_0 : No existe diferencia en la remoción promedio de fosfatos en el grupo control y los grupos de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Spirodela polyrhiza*.

$$\mu_c = \mu_s = \mu_e$$

La ecuación significa que todos los grupos son iguales.

H_1 : Existe diferencia en la remoción promedio de fosfatos en el grupo control y los grupos de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Spirodela polyrhiza*.

$$\mu_c \neq \mu_s \neq \mu_e$$

Indica que ninguno de los grupos son iguales.

La hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis inicial.

IV. DISCUSIÓN

- 4.1. Luego del tratamiento por 10 días con "*Eichhornia crassipes*" se obtuvieron los siguientes resultados Turbidez 184 NTU, nitritos 0,017 ppm, fosfatos 8,17 y los nitratos arrojó como resultado no detectable (ND) quiere decir, que la presencia de nitratos es menor a 4.0 que es el rango mínimo de medición del espectrofotómetro, entonces si los nitratos ya no son detectables es decir la concentración será inferior a 4 ppm y el porcentaje de remoción de nitratos sería mayor al 75%, y de los nitritos se disminuyeron en 92,19%, lo que es concordante con lo encontrado por García, Z. (2012) para la "*Eichhornia crassipes*" que manifiesta que la remoción de N como nitrógeno amoniacal fue de 83 a 86%. En lo que se refiere a Fosfatos se disminuyó en 27.30%, García, Z. (2012) alcanzó una remoción de fósforo total para un tiempo de 40% y 52%, como Él explica la remoción de fósforo será mayor cuando los contenidos de Nitrógeno sean menores y las muestras que se han estudiado han tenido una alta cantidad de nitrógeno en forma de nitritos y nitratos. Con respecto a la turbidez también se logró disminuir en 26,79% a diferencia de la *SPIRODELA POLYRHIZA*, la disminución de nitritos fue de 50%, de fosfatos 44,81% y de turbidez 68,74%, los nitrato tampoco fueron detectados, en consecuencia resultó más eficiente en remoción de N como nitritos (42 puntos porcentuales) que la disminución de Nitrógeno en forma de nitratos no se puede determinar sin embargo de acuerdo a los antecedentes se espera que también sea mayor para la *Eichhornia Crassipes* en un en cuanto a disminución de fosfatos y turbidez resultó más eficiente la *Spirodela Polyrhiza* (17,5 y 22 puntos porcentuales respectivamente).

5. CONCLUSIONES

1. *Spirodela polyrhiza* reduce considerablemente la turbidez en comparación con *Eichhornia crassipes*.
2. Los nitritos son consumidos casi en su totalidad por *Eichhornia crassipes*.
3. Ambas especies tienen como alimento principal nitrógeno, asimilan este compuesto en gran magnitud y en corto tiempo. Se obtuvieron mejores resultados en este parámetro.
4. La concentración de fosfatos disminuyó notablemente aplicando *Spirodela polyrhiza* en comparación del otro tratamiento.
5. En todos los parámetros analizados hubo reducción de contaminantes por lo que las dos especies depuran las aguas grises, su resultado varía en función al parámetro.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aclimatar las especies por lo menos 2 semanas antes para que no se sufran cambios bruscos y mueran en el proceso.
- Agitar de manera manual las aguas grises en tratamiento mínimo 2 veces al día para dispersar los nutrientes sedimentados.
- Para las próximas investigaciones se recomienda experimentar con otras especies y comparar remoción en diversos parámetros y por una mayor prolongación del tiempo.
- Se recomienda aplicar este tratamiento en situaciones de baja disposición económica para la disminuir de turbidez, nitrito, nitrato y fosfato en aguas no aptas para consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Acceso al agua potable aún es precario en el Perú, advierte Banco Mundial [en línea]. Perú 21.PE. 13 de Julio de 2016. [Fecha de consulta: 13 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://peru21.pe/economia/banco-mundial-acceso-agua-potable-sigue-siendo-precario-peru-2251930>

Ahmed Aboul-M Enein, Ahmed Al-Abd M, Emad A Shalaby, Faten Abul-Ela, Amr Un Nasr-Allah, Ali M Mahmoud, Hany El-A Shemy. Plant Signaling & Behavior [en línea]. Julio-Diciembre 2011, n.º e13200. [Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2017].

Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3218481/>
PMC3218481

AUTORIDAD Nacional del Agua. MINAGRI. Enero de 2010. Disponible en: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/reglamento_lrh_29338.pdf

Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, institutos Nacionales de Salud [en línea]. EE.UU.: PUBMED, 2017 [fecha de consulta: 27 de Julio de 2017]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27754575>

CANTORAL Tito, Rolando. Tratamiento de aguas residuales grises domésticas con la especie *paragüitas cyperus alternifolius* en humedales artificiales, urbanización Zárate – San Juan de Lurigancho 2015. Tesis (Magister en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, 2015.

http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_3f4eb6161471c8618c379599d5407516/Description#tabnav

CARREÑO, Uriel. Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. Rev. Colomb. Biotecnol. [en línea]. Julio-Diciembre 2016, n.º 2. [Fecha de consulta: 08 de Mayo de 2017].

Disponible en <http://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/52271/58101>

ISSN electrónico 1909-8758. ISSN impreso 0123-3475.

CONTAMINACIÓN. En: Diccionario de la Real Academia de Ingeniería. RAE: Madrid, 2012. DRAI, 2012. p. 211.

D.S. n.º 003-2010-MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 17 de Marzo de 2010.

ESPECIE. En: Glosario de Términos Botánicos. UNLPA: Santa Rosa, 2015. Facultad de Agronomía-UNLPA, 2015. p. 9.

ESPINAL, Cristian, OCAMPO, David, ROJAS, Juan. Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar. Tesis (Magister en Ingeniería Mecatrónica). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería - Facultad de Tecnología, 2014.

Disponible en:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4349/62167E77C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GAMARRA, Yolanda. La CT+I y nuestra parte. Revista Colombiana de Biotecnología [en línea]. Julio-Diciembre 2006, n.º 2. [Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2017].

Disponible en:
<http://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/510/996>

ISSN: 1909-8758.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, WATER FOOTPRINT NETWORK, ZSL.LowRES. Febrero de 2015. Disponible en:
http://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Informe-PlanetaVivo2014_LowRES.pdf

GREYWATER Action. Laura Allen. 20 de Abril de 2015. Disponible en: <https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>

Hernández, Roberto. Metodología de la Investigación [en línea]. 5ª ed. México: Mc Graw Hill, Inc., 2010 [fecha de consulta: 20 de Mayo 2017].

Disponible en:
https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

ISBN: 978-607 - 15-0291 - 9

Ley n.º 29338. Autoridad Nacional del Agua, Lima, Perú, Enero de 2010.

MELO, G., TURRIAGO, F. *Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias*. Titulación Ing. Agroforestal. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, 2012.

MINAGRI, ANA, WWF . LowRES . Febrero de 2015. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/media/1256542/estudio%20huella%20h%C3%ADrica%20nacional.pdf>

ORGANIZACIÓN mundial de la salud. OMS. 20 de octubre de 2015. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/

SISTEMA Nacional de Información Ambiental. MINAM. 24 de Marzo de 2010. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-Imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>

UNIVERSIDAD César Vallejo. UCV. 3 de octubre de 2015. Disponible en: http://docs.wixstatic.com/ugd/070bf9_a4dadf9815ca477dbed8cfcf1916c646.pdf

Trujillo: 10 mil personas sufren sequía de agua en cuatro centros poblados de Laredo [en línea]. El Correo. 14 de Diciembre de 2016. [Fecha de consulta: 13 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/trujillo-10-mil-personas-sufren-sequia-de-agua-en-cuatro-centros-poblados-de-laredo-717707/>

WATER Footprint Print. Fair Smart use of the world's fresh water. 2011. Disponible en: <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

ZARELA García, Milagros. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis (Título Ing. Sanitario). Lima: Universidad Nacional del Ingenieria, Facultad de Ingenieria Ambiental– 2012.

Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1292/1/garcia_tz.pdf.

ANEXO I

PROCEDIMIENTO

Muestreo

El experimento se inició recolectando el agua gris de cada punto de muestreo (la cocina, lavatorios, lavamanos, duchas, bañeras, lavandería, excluyendo el inodoro) en cada vivienda. Se seleccionaron 40 viviendas de la Urbanización Primavera.

Una vez recolectadas estas aguas, se compuso la muestra para su caracterización.

Aplicación de tratamiento

Luego de analizar la muestra testigo inicial se aplicó el tratamiento con cada especie, para ello se utilizó una balanza analítica de la universidad César Vallejo debidamente calibrada, se pesaron 143 gramos de cada espécimen. Antes de eso se aclimató a las especies para evitar su muerte antes de comenzar el tratamiento.

Cada planta fue colocada en acuarios de 40 cm de largo x 35 cm de ancho y 30 cm de profundidad, en donde se almacenaron 4 litros de agua en cada uno. Un testigo y dos recipientes en donde se aplicaron tratamientos diferentes a cada uno, se hicieron 3 repeticiones; durante el experimento se hizo una agitación manual diaria en cada acuario para dispersar los nutrientes que se sedimentan, cabe resaltar que esto no altera ninguno de los resultados puesto que no se inyecta oxígeno al agua y se utilizó 1 palo de bambú descartable para agitar el agua, esto se repitió por un período de 10 días; una vez finalizado este tiempo se retiraron los especímenes, Eichhornia Crassipes no sobrevivió, la planta se pudrió, mientras que Spirodela Polyrhiza en su mayoría sobrevivieron, a pesar de presentar lesiones.

Pasado el tiempo de retención, se tomó la muestra de cada acuario para analizar las aguas grises en laboratorio. Los datos se colocaron en la cadena de custodia en el Anexo II.

APÉNDICE A

Tabla 6. Caracterización físico-química

| CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA | | TESTIGO INICIAL | | | TESTIGO FINAL | | | EICHHORNIA CRASSIPES | | | SPIRODELA POLYRHIZA | | |
|------------------------------------|----------|--------------------|------------|------------|---------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|
| | | N° DE REPETICIONES | | | | | | | | | | | |
| PARÁMETROS | UNIDADES | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| pH | - | 6.17 | 6.19 | 6.16 | 7.72 | 7.69 | 7.73 | 7.21 | 7.2 | 7.21 | 7.73 | 7.73 | 7.74 |
| T | °C | 23 | 23 | 23.1 | 21.2 | 21.2 | 21.3 | 21 | 21.1 | 21 | 20.9 | 21.1 | 21 |
| C.E. | µs/cm | 2130 | 2140 | 2130 | 2140 | 2160 | 2130 | 3700 | 3610 | 3700 | 3170 | 31500 | 3170 |
| S.T. | g/L | 6.00753487 | 6.00761013 | 6.01023736 | 3.33737864 | 3.31523952 | 3.28926543 | 4.3504654 | 4.67601132 | 4.20657893 | 3.72323922 | 3.68359718 | 3.71263482 |
| S.D. | g/L | 2.94715447 | 2.91827325 | 2.93795421 | 2.95466123 | 2.94896633 | 2.95217387 | 3.64556962 | 3.62752338 | 3.64021937 | 3.5794641 | 3.56883728 | 3.61813211 |
| S.S. | g/L | 3.0603804 | 3.08933688 | 3.07228315 | 0.38271741 | 0.36627319 | 0.33709158 | 0.70489578 | 1.04848794 | 0.56635956 | 0.14377512 | 0.1147599 | 0.09450271 |
| TURBIDEZ | NTU | 349 | 326 | 323 | 241 | 264 | 249 | 183 | 181 | 188 | 74.3 | 85.7 | 75.7 |
| NITRITO | ppm | 0.27 | 0.26 | 0.27 | 0.21 | 0.22 | 0.21 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.11 | 0.11 | 0.1 |
| NITRATO | ppm | 25 | 25.1 | 25 | 16 | 16.1 | 16 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| <i>Fuente: Elaboración propia.</i> | | | | | 11.2 | 11.2 | 11.3 | 8.2 | 8.1 | 8.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 |
| CLORUROS | ppm | 638.1 | 666.46 | 669.74 | 711.54 | 701.91 | 722.16 | 946.515 | 850.8 | 822.44 | 652.28 | 662.915 | 645.19 |
| ALCALINIDAD TOTAL | ppm | 2268 | 2280 | 2362 | 2135 | 2208 | 2224 | 1170 | 1140 | 1200 | 1335 | 1309 | 1361 |

2. ANEXO II

✓ Instrumento de recolección de datos

Cadena de Custodia.

| Código número de custodia: | | | | | Solicitante: | | | | | DNI: | | Firma: | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-------------------|------------------|---------------------|-------------------------------------|-------|-------|--------------|-------|-----------|------|-------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------|----|---------------|------------------|
| Institución: | | | | | Dirección: | | | | | Distrito: | | Provincia: | Dpto: | | | | | | |
| Teléfono: | | FAX: | | | Responsable del muestreo: | | | | | Firma: | | Urgencia: | | <input type="checkbox"/> Regular | <input type="checkbox"/> Alta | | | | |
| Código DLAB (1) | Código de campo | Fecha de muestreo | Hora de muestreo | Tipo de muestra (Z) | N° de envases por punto de muestreo | | | Preservación | | | | | Parámetros Físico-Químicos | | | | | Observaciones | |
| | | | | | P (3) | V (3) | F (3) | HCL | H2SO4 | HNO3 | NaOH | Zn(O2CCH2)2 | Otra: | Nitritos (ppm) | Nitratos (ppm) | Fosfatos (ppm) | pH | | Temperatura (°C) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- Fuente: ANA .Protocolo de monitoreo de calidad de aguas superficiales.

Análisis estadístico de la disminución de la turbidez, nitritos y fosfatos del agua gris

APENDICE B

3.4. Pruebas post hoc

Tabla 7. Comparaciones múltiples en relación a la turbidez.

| | (I) GRUPOS | (J) GRUPOS | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD Tukey | Grupo testigo | EICHHORNIA CRASSIPES | 67,33333 [*] | 6,46334 | ,000 | 47,5020 | 87,1646 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | 172,76667 [*] | 6,46334 | ,000 | 152,9354 | 192,5980 |
| | EICHHORNIA CRASSIPES | Grupo testigo | -67,33333 [*] | 6,46334 | ,000 | -87,1646 | -47,5020 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | 105,43333 [*] | 6,46334 | ,000 | 85,6020 | 125,2646 |
| | SPIRODELA POLYRHIZA | Grupo testigo | -172,76667 [*] | 6,46334 | ,000 | -192,5980 | -152,9354 |
| | | EICHHORNIA CRASSIPES | -105,43333 [*] | 6,46334 | ,000 | -125,2646 | -85,6020 |
| Scheffe | Grupo testigo | EICHHORNIA CRASSIPES | 67,33333 [*] | 6,46334 | ,000 | 46,6037 | 88,0629 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | 172,76667 [*] | 6,46334 | ,000 | 152,0371 | 193,4963 |
| | EICHHORNIA CRASSIPES | Grupo testigo | -67,33333 [*] | 6,46334 | ,000 | -88,0629 | -46,6037 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | 105,43333 [*] | 6,46334 | ,000 | 84,7037 | 126,1629 |
| | SPIRODELA POLYRHIZA | Grupo testigo | -172,76667 [*] | 6,46334 | ,000 | -193,4963 | -152,0371 |
| | | EICHHORNIA CRASSIPES | -105,43333 [*] | 6,46334 | ,000 | -126,1629 | -84,7037 |

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Representa diferencia de medias en los tres grupos, se comparan entre sí, para determinar qué grupo presenta niveles más bajos y elevados, esto se ve el límite inferior y el límite superior. A mayor diferencia mayor remoción.

Tabla 8. Subconjuntos homogéneos en relación a la turbidez.

| | | Turbidez (NTU) | | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|----------|----------|
| GRUPOS | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | | 1 | 2 | 3 |
| HSD Tukey ^a | SPIRODELA POLYRHIZA | 3 | 78,5667 | | |
| | EICHHORNIA CRASSIPES | 3 | | 184,0000 | |
| | Grupo testigo | 3 | | | 251,3333 |
| | Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Scheffe ^a | SPIRODELA POLYRHIZA | 3 | 78,5667 | | |
| | EICHHORNIA CRASSIPES | 3 | | 184,0000 | |
| | Grupo testigo | 3 | | | 251,3333 |
| | Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Esta tabla quiere decir que las varianzas en todos los grupos son desiguales. Quién redujo más los niveles de turbidez fue Spirodela polyrhiza seguida por Eichhornia crassipes y finalmente el grupo testigo al que no se le aplicó estímulo.

Tabla 9. Comparaciones múltiples en relación a la presencia de nitritos.

| | (I) GRUPOS | (J) GRUPOS | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD Tukey | Grupo testigo | EICHHORNIA CRASSIPES | ,19667 [*] | ,00471 | ,000 | ,1822 | ,2111 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | ,10667 [*] | ,00471 | ,000 | ,0922 | ,1211 |
| | EICHHORNIA CRASSIPES | Grupo testigo | -,19667 [*] | ,00471 | ,000 | -,2111 | -,1822 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | -,09000 [*] | ,00471 | ,000 | -,1045 | -,0755 |
| Scheffe | SPIRODELA POLYRHIZA | Grupo testigo | -,10667 [*] | ,00471 | ,000 | -,1211 | -,0922 |
| | | EICHHORNIA CRASSIPES | ,09000 [*] | ,00471 | ,000 | ,0755 | ,1045 |
| | Grupo testigo | EICHHORNIA CRASSIPES | ,19667 [*] | ,00471 | ,000 | ,1815 | ,2118 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | ,10667 [*] | ,00471 | ,000 | ,0915 | ,1218 |
| | EICHHORNIA CRASSIPES | Grupo testigo | -,19667 [*] | ,00471 | ,000 | -,2118 | -,1815 |
| | | SPIRODELA POLYRHIZA | -,09000 [*] | ,00471 | ,000 | -,1051 | -,0749 |
| | SPIRODELA POLYRHIZA | Grupo testigo | -,10667 [*] | ,00471 | ,000 | -,1218 | -,0915 |
| | | EICHHORNIA CRASSIPES | ,09000 [*] | ,00471 | ,000 | ,0749 | ,1051 |

Fuente: IBM SPSS Statistics.

En esta tabla se observan las diferencias de medias entre el grupo sin tratamiento y los dos grupos de plantas depuradoras, al compararse se ve que

el límite inferior y el límite superior indican cuál es el grupo en donde hay mayor diferenciación.

Tabla 10. Subconjuntos homogéneos en relación a la presencia de nitritos.

| | | Nitritos (ppm) | | | |
|---------------------------|---------------|----------------|------------------------------|-------|-------|
| GRUPOS | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | | 1 | 2 | 3 |
| HSD Tukey ^a | EICHHORNIA | 3 | ,0167 | | |
| | CRASSIPES | | | | |
| | SPIRODELA | 3 | | ,1067 | |
| | POLYRHIZA | | | | |
| | Grupo testigo | 3 | | | ,2133 |
| | Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Scheffe ^a | EICHHORNIA | 3 | ,0167 | | |
| | CRASSIPES | | | | |
| | SPIRODELA | 3 | | ,1067 | |
| | POLYRHIZA | | | | |
| | Grupo testigo | 3 | | | ,2133 |
| | Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: IBM SPSS Statistics.

La tabla indica la diferencia entre todos los grupos, presentando en orden de menor a mayor, el grupo que tiene menos concentración de nitritos.

Tabla 11. Comparaciones múltiples en relación a la presencia de fosfatos.

| | (I) GRUPOS | (J) GRUPOS | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------------|---------------|----------------------|----------------------------|----------------|--------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD Tukey | Grupo testigo | EICHHORNIA | 3,0667 [*] | ,0385 | ,000 | 2,949 | 3,185 |
| | | CRASSIPES | | | | | |
| | SPIRODELA | 5,0333 [*] | ,0385 | ,000 | 4,915 | 5,151 | |
| | POLYRHIZA | | | | | | |
| Scheffe | Grupo testigo | EICHHORNIA | -3,0667 [*] | ,0385 | ,000 | -3,185 | -2,949 |
| | | CRASSIPES | | | | | |
| | SPIRODELA | 1,9667 [*] | ,0385 | ,000 | 1,849 | 2,085 | |
| | POLYRHIZA | | | | | | |
| Scheffe | Grupo testigo | EICHHORNIA | -5,0333 [*] | ,0385 | ,000 | -5,151 | -4,915 |
| | | CRASSIPES | | | | | |
| | SPIRODELA | -1,9667 [*] | ,0385 | ,000 | -2,085 | -1,849 | |
| | POLYRHIZA | | | | | | |
| Scheffe | Grupo testigo | EICHHORNIA | 3,0667 [*] | ,0385 | ,000 | 2,943 | 3,190 |
| | | CRASSIPES | | | | | |
| | SPIRODELA | 5,0333 [*] | ,0385 | ,000 | 4,910 | 5,157 | |
| | POLYRHIZA | | | | | | |
| Scheffe | Grupo testigo | EICHHORNIA | -3,0667 [*] | ,0385 | ,000 | -3,190 | -2,943 |
| | | CRASSIPES | | | | | |
| | SPIRODELA | 1,9667 [*] | ,0385 | ,000 | 1,843 | 2,090 | |
| | POLYRHIZA | | | | | | |
| Scheffe | Grupo testigo | EICHHORNIA | -5,0333 [*] | ,0385 | ,000 | -5,157 | -4,910 |
| | | CRASSIPES | | | | | |
| | SPIRODELA | -1,9667 [*] | ,0385 | ,000 | -2,090 | -1,843 | |
| | POLYRHIZA | | | | | | |

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Se aprecia la diferencia de medias en todos los grupos, estos se comparan y se interpretan leyendo los límites inferior y superior, en donde hay un valor más alto significa que hay más diferencia, en este caso, el que más difiere del grupo testigo es en donde hay mayor remoción de fosfatos.

Tabla 12. Subconjuntos homogéneos en relación a la presencia de fosfatos.

| | | Fosfatos (ppm) | | | |
|---------------------------|---------------|----------------|------------------------------|-------|--------|
| GRUPOS | | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
| | | | 1 | 2 | 3 |
| HSD Tukey ^a | SPIRODELA | 3 | 6,200 | | |
| | POLYRHIZA | 3 | | 8,167 | |
| | EICHHORNIA | 3 | | | 11,233 |
| | CRASSIPES | 3 | | | |
| | Grupo testigo | 3 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Scheffe ^a | SPIRODELA | 3 | 6,200 | | |
| | POLYRHIZA | 3 | | 8,167 | |
| | EICHHORNIA | 3 | | | 11,233 |
| | CRASSIPES | 3 | | | |
| | Grupo testigo | 3 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: IBM SPSS Statistics.

La tabla indica la diferencia entre todos los grupos, presentando en orden de menor a mayor, el grupo que tiene menos concentración de fosfatos.

Tabla 13. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM

CATEGORÍA 3

| CATEGORIAS | | ECA AGUA: CATEGORIA 3 | |
|---|------------------------------|--|-------------------------------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES | PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES |
| | | D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO | D2: BEBIDA DE ANIMALES |
| FÍSICOS - QUÍMICOS | | | |
| Aceites y grasas | mg/L | 5 | 10 |
| Bicarbonatos | mg/L | 518 | ** |
| Cianuro Wad | mg/L | 0,1 | 0,1 |
| Cloruros | mg/L | 500 | ** |
| Color (b) | Color verdadero escala Pt/Co | 100 (a) | 100 (a) |
| Conductividad | (uS/cm) | 2 500 | 5 000 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/l | 15 | 15 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/l | 40 | 40 |
| Detergentes (SAAM) | mg/l | 0,2 | 0,5 |
| Fenoles | mg/l | 0,002 | 0,01 |
| Fluoruros | mg/l | 1 | ** |
| Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N) | mg/l | 100 | 100 |
| Nitritos (NO ₂ -N) | mg/l | 10 | 10 |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | 4 | 5 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | 6,5 – 8,4 |
| Sulfatos | mg/L | 1000 | 1000 |
| Temperatura | °C | Δ 3 | Δ 3 |

Fuente: (2015) ANA.

ANEXO IV



Figura 1. Pesaje de especímenes.



Figura 2. *Spirodela polyrhiza* y *Eichhornia crassipes*.



Figura 3. Determinación de Cloruros.



Figura 4 Aplicación de tratamiento.