



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACÁDEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Fitoextracción de aniones en Humedales artificiales empleando *Lenma minor* y *Scyrpus* a nivel de laboratorio”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

AUTORES:

Julca Pastor, Luis Antony Jhefferson

Zamora Aguilar, Roxana Marina

ASESOR:

Msc. Moreno Eustaquio, Walter

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

TRATAMIENTO Y GESTION DE RESIDUOS

TRUJILLO – PERÚ

2019

PAGINA DEL JURADO

Mg. Antis Jesús Cruz Escobedo

Presidente

Dr. Medardo Alberto Quezada

Secretario

Msc. Walter Moreno Eustaquio

Vocal

DEDICATORIA

Principalmente esta tesis le dedicamos a Dios, a nuestros padres que con esfuerzo nos apoyaron en salir adelante, en ayudarnos a esforzarnos día a día y por orientarnos en nuestra vida profesional.

A nuestros hermanos y abuelos por estar ahí con nosotros incentivándonos a levantarnos en cada caída del desarrollo profesional

A nuestros amigos por el apoyo mutuo durante toda la carrera profesional y así lograr en cumplir las metas que nos propusimos.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Dios por habernos unidos, por darnos las fuerzas de culminar y tener buenos resultados en la tesis.

A nuestro asesor Mg. Walter Moreno Eustaquio por la asesoría constante, por su aporte profesional, por la confianza que nos brindó desde el primer día.

A nuestros padres por forzarnos a ser grandes profesionales y ser el orgullo para ellos.

Finalmente queremos agradecer a todos los que estuvieron ahí con nosotros, por el corto tiempo dándonos su apoyo en la finalización de nuestra tesis.

PRESENTACIÓN

Presentamos ante los miembros del jurado la tesis titulada:

“Fitoextracción de aniones en Humedales artificiales empleando *Lemna minor* y *Scyrpus* a nivel de laboratorio”; con la finalidad de obtener el grado de Ingeniero Ambiental y cumplir con el reglamento de la Universidad César Vallejo.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Los autores

INDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
INDICE	6
RESUMEN.....	8
ABSTRAC.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Realidad Problemática.....	10
1.2 Trabajos Previos.....	11
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	15
1.3.1 Contaminación ambiental.....	15
1.3.3 Humedales	16
1.3.4 Humedales en la costa peruana.....	17
1.3.5 Tratamientos físico-químicos	19
1.3.6 Tratamientos biológicos.....	19
1.3.7 Humedales artificiales en el tratamiento biológico de las aguas.....	19
1.3.8 Humedales construidos o artificiales, tipos.....	20
1.3.9 Remoción física.....	20
1.3.10 Remoción biológica.....	20
1.3.11 Remoción química.....	20
1.3.12 Plantas acuáticas emergentes.....	21
1.4 Formulación del problema	21
1.5 Justificación del estudio.....	21
1.6 Hipótesis.....	22
1.6.1. Variables	22
1.7 Objetivos	22
1.7.1 Objetivo General	22
1.7.2 Objetivos Específicos.....	23
II. METODO.....	23
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	23
2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	24
2.2.1 VARIABLES	24
2.2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	25
2.3 Población y muestra.....	26
2.3.1 Población.....	26

2.3.2 Muestra.....	26
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	26
2.4.1 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	26
2.4.2 Validez y confiabilidad	26
2.5 Métodos de análisis de datos	27
2.6 Aspectos éticos	27
III. RESULTADOS.....	28
IV. DISCUSIÓN.....	32
V. CONCLUSIONES.....	33
VI. RECOMENDACIONES.....	33
VII. REFERENCIAS	34
VIII. ANEXOS	37

INDICE DE TABLA

Tabla 1: Taxonomía (Lenteja de agua).....	17
Tabla 2: Taxonomía (Junco de agua).....	17
Tabla 3: Tipos de remediación	18
Tabla 4: Operacionalización de variables.....	25
Tabla 5: Parámetros analizados	26
Tabla 6: Comparación de los porcentajes de fitoextracción de Nitritos.....	28
Tabla 7: Comparación de los porcentajes de fitoextracción de sulfatos.....	29
Tabla 8: Comparación de la fitoextracción de Nitritos y Sulfatos por las dos plantas.	30
Tabla 9: Análisis de Varianza para Nitritos y Sulfatos.	31
Tabla 10: HSD de Tukey: Fitoextracción de Nitritos y Sulfatos.....	31

INDICE DE FIGURA

Figura 1: Métodos de Biorremediación	16
Figura 2: Como observamos en la gráfica tenemos la comparación de la remoción de nitritos en 15 días, donde se determinó que la lenteja de agua tiene el mayor porcentaje con 75.74 % en los 15 días.	28
Figura 3: .Mostramos la comparación de la remoción de sulfatos en los 15 días, donde determinamos que la lemna menor(lenteja de agua) lleva mayor porcentaje con un 58.44 %.....	29
Figura 4: Figura 4. .Mostramos la comparación de la fitoextracción de nitritos y sulfatos en los 15 días, donde determinamos que la lemna menor(lenteja de agua) lleva mayor porcentaje con un 75.74 %.....	30

RESUMEN

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Su disponibilidad es paulatinamente menor; debido a su contaminación por diversos medios, incluyendo a los mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social. (Saavedra Sánchez, Lizet, 2016)

El lavado de ropa con detergentes que llevan como uno de sus componentes sulfatos, sumado a las aguas residuales ricas en nitritos, impactan de manera negativa el medio ecológico; su presencia en las aguas de los ríos y lagos acelera en el proceso de eutrofización ocasionando la ausencia de oxígeno y, en consecuencia, los ríos y lagos quedan contaminados (Díaz Ana y Sotomayor Lenin, 2013).

La vida depende en gran manera del agua, razón por la cual se ha tomado como símbolo de vida; el agua juega un rol importante en las actividades humanas, la relación que la humanidad tiene con este líquido elemento es aún más importante (Mercado, 2012).

El presente trabajo de investigación se realiza durante un periodo de quince días lo cual esta propone desarrollar nuevas tecnologías para la remoción de nitritos y sulfatos en aguas grises domesticas médiante humedales artificiales utilizando plantas acuáticas como *Lemna minor* (lenteja de agua y *Scyrpus* (junco).

Se ha podido determinar en la presente investigación que en el humedal artificial construido por *Lemna minor* (lenteja de agua) tiene mayor porcentaje de remoción de nitritos y sulfatos con un 75.74% y 58.44% respectivamente frente al humedal construido por *Scyrpus* (junco) con un 60.29% y 48.50%.

de los resultados obtenidos podemos recomendar el uso de humedales artificiales para la remoción de nitritos y sulfatos de aguas grises dementicas antes de ser depositadas al mar

PALABRA CLAVE: Nitritos y Sulfatos, Humedales artificiales

ABSTRACT

Water is one of the natural resources that is part of the development of any country; It is the most abundant chemical compound on the planet and is essential for the development of life. Its availability is gradually smaller; due to its contamination by diverse means, including to the aquifers, which represents an environmental, economic and social imbalance. (Saavedra Sánchez, Lizet, 2016)

The washing of clothes with detergents that carry as one of their phosphate components, added to the waste water rich in nitrites, have a negative impact on the ecological environment; its presence in the waters of rivers and lakes accelerates in the process of eutrophication causing the absence of oxygen and, consequently, rivers and lakes are contaminated (Diaz Ana and Sotomayor Lenin, 2013).

Life depends greatly on water, which is why it has been taken as a symbol of life; water plays an important role in human activities, the relationship that humanity has with this liquid element is even more important (Mercado, 2012).

The present research work is carried out during a period of fifteen days which proposes to develop new technologies for the removal of nitrites and sulphates in domestic gray waters, artificial mediated wetlands using aquatic plants such as *Lemna minor* (duckweed and *Scyrpus* (junco).

It has been determined in this research that in the artificial wetland constructed by *Lemna minor* (duckweed) has a higher percentage of removal of nitrites and sulfates with 75.74% and 58.44% respectively compared to the wetland built by *Scyrpus* (junco) with a 60.29% and 48.50%.

of the results obtained we can recommend the use of artificial wetlands for the removal of nitrites and sulphates dementic greywater before being deposited to the sea.

KEY WORD: Nitritos y Sulfatos, Humedales artificiales.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

El crecimiento de la población a nivel mundial se comprueba drásticamente en el calentamiento global, convirtiendo en un tema vital el cuidado del agua debido a todo lo que significa para la vida en nuestro planeta. Desde hace mucho tiempo la población se ha olvidado que como sistema complejo las plantas, animales, suelo, agua y otros elementos son indispensables para que el ser humano pueda desarrollarse y realizar cada una de sus actividades ya conocidas; por lo que resulta un deber ineludible conservar estos recursos naturales básicos. (Delgado y col., 2016)

La falta de conciencia ambiental o simplemente las conductas cambiantes e inapropiadas del ser humano ha generado que se rompa la relación armoniosa entre el ser humano y el agua en todo el planeta, influenciando de manera negativa en el ciclo del agua y la disposición de este vital recurso. (Morales y col., 2018; Tilano y col., 2017)

Se calcula que entre 220 millones de personas de países en vías de desarrollo carecen de una fuente de agua cerca a sus hogares. Además, se estima que el 90% de las aguas residuales de las ciudades de los países emergentes se vierte sin su respectivo tratamiento en ríos, lagos y cursos de aguas. Así más de 900 millones de personas al año sufren de enfermedades relacionadas con el agua insalubre. (Raffo Lecca, 2013)

La población de América Latina se encuentra concentrada en la zona urbana en más de un 80%. Pero la provisión y distribución de agua no es suficiente, se calcula que el 70% de las aguas grises no tienen tratamiento generando consecuencias críticas al medio ambiente. En Perú solamente se ha ejecutado un 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural. La contaminación del agua ocurre a niveles primario, secundario y terciario de las fuentes de agua; esto pone en peligro la Salud Pública del ciudadano. (Larios-Meño y col., 2015)

La calidad o concentración del agua gris depende de las actividades de cada ciudad que la origina y también de su procedencia. Este líquido residual contiene jabón, detergente, champú, aceites, grasas y diversas sustancias químicas con aniones como sulfatos y nitritos que causan riesgos a la salud de la población y deterioro del medio ambiente. (Carranza y col, 2017; Moreno, 2017)

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. (Vásquez Uriol, 2017)

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. (Zarela, 2012)

En nuestro país son pocas las empresas y también hogares que incluyen dentro de sus proyectos una planta de tratamiento primario de aguas residuales para tratar efluentes municipales, debido a la falta de interés y su elevado costo, ante estos problemas existen mecanismos de depuración como la fitorremediación que es mucho más económica que la instalación de un sistema mecanizado tradicional para tratar aguas grises 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 como turbidez, nitritos, nitratos y fosfatos. (Vásquez Uriol, 2017)

A nivel local, en la provincia de Trujillo existe un alto riesgo sanitario a la población y también de contaminación a ríos y al mar por aguas grises, debido a la alta concentración de sustancias químicas que impactan severamente en el ecosistema y muchísimas colonias de bacterias que afectan la salud de todo el ecosistema. (Carranza y col, 2017)

En la presente investigación se evaluará la capacidad de fitoextracción de dos tipos de plantas acuáticas, *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco), en humedales artificiales y tomará como referencia concentraciones de 3 mg NO⁻²/L, 3.5 mg/L PO₄⁻³ valores máximos permitidos en aguas destinadas a su potabilización por el DS. N° 015-2015-MINAM.

1.2 Trabajos Previos

MALDONADO CUEVA, L. A. (2018). Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en la remoción de nitrógeno. Se evaluaron los mecanismos de los humedales artificiales para remover Nitrógeno del agua residual doméstica. La evaluación consistió en comparar cómo varía la capacidad de un humedal para remover nitrógeno al variar dos condiciones: 1) antigüedad del humedal, y 2) oxigenación del humedal. Se construyeron 3 humedales: uno convencional para que sea el blanco, uno con 1 año de antigüedad y un humedal recién construido con aireación. La macrófita utilizada fue el Junco (*Thypa spp*).

El Tiempo de Retención Hidráulico fue de 24 horas aproximadamente. El caudal del afluente fue de 104 ml/min para cada uno y este se captó a la salida del reactor. Se concluyó que el humedal con un año de antigüedad tiene mayor capacidad de remover Nitrógeno que el blanco debido a que las raíces de los juncos son más gruesas y permiten una mayor oxigenación del agua residual

MALAVÉ MORENO, A. F. (2017). Evaluación de un humedal artificial de flujo superficial empleando lenteja de agua (*Lemna minor*) para el tratamiento de aguas residuales generadas por la industria de curtiembres. Se implementaron humedales de flujo superficial inoculados con lenteja de agua para el tratamiento de aguas residuales de la industria de curtiembre. Múltiples investigaciones anteriores demostraron la acumulación de materia orgánica, nitrógeno y fosforo en la lenteja de agua. Este hecho motivo al uso de esta planta para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con cromo trivalente. Se evaluó un sistema de humedales de flujo superficial para el tratamiento de aguas residuales contaminadas materia orgánica y cromo (III). El sistema se conformó por cuatro (4) humedales de igual capacidad, cada uno de los humedales fue construido para un tiempo de retención hidráulica de 18 horas en cada etapa. Cada etapa del humedal fue cargada con 300 g (base húmeda) de lenteja de agua y 4300 g de grava. Con el fin de verificar el sistema se construyó un sistema blanco, este no contenía lenteja de agua, las demás características fueron idénticas a las del humedal cargado con material vegetal. Se comprobó que el tanto el humedal blanco como el humedal con *Lemna* permiten la remoción de materia orgánica y cromo (III). El humedal plantado con lenteja de agua presenta una mayor remoción que el humedal blanco. La temperatura del agua dentro del sistema fue afectada principalmente por la temperatura ambiente. Debido al tiempo de retención en cada etapa, el sistema presentó una alta capacidad de retención de sólidos en los dos sistemas de humedales (blanco y sembrado) siendo mayor el porcentaje de retención en el humedal plantado con *Lemna*. De igual forma la remoción de DQO, Nitrógeno orgánico total y fosforo total es mayor en el humedal plantado que el humedal blanco. En cuanto al cromo, la remoción de Cr³⁺ es mayor en el humedal con *Lemna* que en el blanco. Se comprobó la aplicabilidad del uso de lenteja de agua para la retención de contaminantes en los vertimientos generados por la industria del curtiembre existente en la ciudad de Bogotá D.C, siendo un sistema de retención de contaminantes, económico, de fácil instalación y efectivo.

CORONEL CASTRO, E. (2016). Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lentejas de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas-2015. Se determinó la eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. El agua se vertió en 3 depósitos, uno con jacinto de agua, el segundo con lenteja de agua y un tercero de control durante 10 días. Para determinar la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas flotantes se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos y después de los diez días de estancado. Obteniendo como resultado que la planta *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas con un porcentaje promedio de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%, mientras que *Lemna minor* obtuvo un promedio de remoción del 81,24%.

ARROYO LAVADO, F. M. (2016). Evaluación de la remoción de la materia orgánica con las plantas acuáticas redondita de agua (*Hydrocotyle bonariensis*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) en el agua residual del colector del río Chilca-distrito Chilca-provincia Huancayo-departamento Junín. Se presentó una alternativa para el tratamiento y control de la contaminación del agua residual del colector del río Chilca con el uso de humedales artificiales. El estudio comparativo acerca de la capacidad depuradora de materia orgánica presentes en las aguas residuales, de dos plantas acuáticas flotantes: *Lemna minor* y *Hydrocotyle Bonariensis*; donde sus partes fotosintetizadoras sobre la superficie del agua y sus raíces se extienden hacia abajo dentro de la columna de agua. Se realizó una caracterización inicial, luego se evaluaron las especies macrofitas *Lemna Minor* y la *Hydrocotyle Bonariensis* en 3 diferentes tiempos de retención hidráulica de 1 día; 2,5 días y 5 días. Se determinaron la disminución de la concentración de materia orgánica obteniendo un valor del 72% con la planta acuática *Lemna Minor* siendo este el mayor de todos los tratamientos un tiempo de retención hidráulica de 5 días y para la *Hydrocotyle Bonariensis*; se obtuvo el 55,9% de remoción de materia orgánica en un tiempo de retención hidráulica de 5 días. Se concluyó que la planta acuática *Lemna Minor* es más eficiente en la remoción por las características de su crecimiento de biomasa y propiedades de adhesión de microorganismos en sus raíces para la degradación de la materia orgánica.

ALDANA Arcila, E. J. (2014). Remoción de aluminio en aguas residuales industriales usando especies macrófitas. El empleo de especies macrófitas se ha convertido en una opción viable para remediar aguas contaminadas, en especial por su bajo costo y eficiencia. Este estudio está enfocado en verificar cuantitativamente la capacidad de adsorción de metal pesado aluminio, contenidos en una muestra de agua residual industrial, usando plantas (fitorremediación). Se evaluó el potencial de adsorción que tienen algunas especies de macrófitas (Enea, junco y Pasto Vetiver), para la remoción de Aluminio en aguas residuales industriales provenientes de una industria metalmeccánica. Se planteó un diseño experimental por bloques utilizando como variable de respuesta la concentración de Aluminio y como factores, el tipo de planta y la concentración inicial del metal, para realizar las comparaciones múltiples entre las diferentes especies e identificar cual presenta una mejor remoción del compuesto de interés. Se concluyó que el junco presenta una ligera ventaja en los porcentajes de remoción que sus otras plantas compañeras de esta investigación.

VELARDE K., ZAVALETA M. & AGUILAR C. (2013) en su investigación ambiental “Estudio de la absorción del ion Cromo VI con Jacinto de agua (*eichhornia crassipes*)”, el ión cromo VI ($Cr6+$) presente en los efluentes de curtiembre es considerado un serio contaminante medioambiental para los cuerpos de agua. Se estudió la absorción de ($Cr 6+$) utilizando el Jacinto de agua. Las plantas acuáticas procedieron de La Laguna de Conache – Laredo, Trujillo, las cuales fueron expuestas a la simulación de un efluente de curtido con $K_2Cr_2O_7$ a concentraciones de 10 ppm, 25 ppm y 50 ppm por un periodo de 9 semanas en un sistema hidropónico libre al medioambiente en el exterior del laboratorio de Catálisis de la Universidad Nacional de Trujillo. Se realizaron análisis del ($Cr6+$) residual presente en el agua cada semana. Los resultados mostraron que la concentración de ($Cr6+$) en el agua disminuye proporcionalmente en el tiempo, alcanzando después de 9 semanas 3.6 ppm, 8.6 ppm y 21.4 ppm respectivamente. Durante el periodo de exposición del Jacinto de 4 agua, se observó que las expuestas a altas concentraciones ($Cr6+$), las plantas cambian a un color amarillo oscuro “sin vida”, sin embargo, en su parte central continua la planta renaciendo de color verde.(Shanker et al; 2005 ; Barbosa et al ; 2007 ; Vernay et al ; 2007 ; Mangabeira et al ; 2004 ; Lu et al ; 2004) han encontrado que la planta acumula ($Cr6+$) en sus raíces, hojas y tallo, y esa sería la razón por la cual esta planta cambia de color. Los análisis se realizaron empleando el método colorimétrico en un espectrofotómetro de luz visible.

JARAMILLO & FLORES. (2012), en su tesis “Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (Lenteja de agua), y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera” se pudo observar en el caso del Jacinto de agua, presentó necrosis en sus hojas y en la lenteja de agua un proceso de clorosis. Se consumió un litro de agua, al principio tenía una concentración de 1,2 ppm de Hg y al finalizar el experimento tenía 0,366 ppm, se logró que el Jacinto de agua tiene mayor eficiencia logrando absorber un mayor porcentaje de 28%, y con la Lenteja de agua 26 y 27 % y con el tratamiento de ambos entre un 24 y 26%.

LU X, KRUATRACHUE M, POKETHITIYOOKB P (2004), en su artículo “Removal of Cadmium and Zinc by Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes*”. La contaminación tóxica de metales pesados del agua es un problema medioambiental, los enfoques convencionales de remediación no proporcionan soluciones aceptables. Se están utilizando plantas de humedales con éxito para la fitorremediación de oligoelementos en humedales naturales y construidos. Este estudio demuestra el potencial de fitorremediación del Jacinto de agua, para la eliminación de Cadmio (Cd) y zinc (Zn). Los Jacintos de agua se cultivaron en agua del grifo, que se suplementó con 0,5, 1, 2 Y 4 mg / l de Cd y 5, 10, 20 y 40 mg / L de Zn, y se cosecharon separadamente después de 0, 4, 8 y 12 días. El experimento mostró que tanto Cd como Zn tenían efectos sobre el crecimiento relativo de la planta. Eliminación de metales de solución fue rápida, especialmente en los primeros cuatro días. La acumulación de Cd y Zn en brotes y raíces aumentó con la concentración inicial y también con el paso del tiempo. Las plantas tratadas con 4 mg / L de Cd La mayor concentración de metal en las raíces (2044 mg / kg) y brotes (113,2 mg / kg) después de 8 días; Mientras que aquellos Tratados con 40 mg / L de Zn acumuló la mayor concentración de metal en las raíces (9652,1 mg / kg) y (1926,7 mg / kg) después de 4 días. Los valores máximos del factor de bioconcentración (BCF) para Cd y Zn Fueron 622,3 y 788,9, respectivamente, lo que sugiere que el Jacinto de agua fue un acumulador moderado de Cd y Zn y podría utilizarse para tratar el agua contaminada con concentraciones bajas de Cd y Zn.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Contaminación ambiental.

La contaminación ambiental es la alteración de las características físicas, químicas y biológicas. O mezclas de varios puntos que causan nocivos en los seres vivos., poniendo en riesgo la naturaleza.

1.1.1. Fitoextracción

Emplea a las plantas para absorber y extraer los contaminantes del agua, acumulando en sus tallos y hojas los aniones, considerantes un proceso viable y de fácil acceso para la extracción de contaminantes.

1.3.3 Humedales

Un sistema constituido por plantas acuáticas flotantes o sumergidas en aguas poco profundas, se conoce con el nombre de humedal. En estos sistemas predominan dos tipos de plantas:

- El primer tipo usa plantas flotantes, son aquellas toman el dióxido de carbono de la atmosfera, liberando el oxígeno a la misma mediante el proceso de fotosíntesis, tomando nutrientes del agua mediante las raíces.

El segundo tipo consiste en plantas sumergidas, las cuales absorben oxígeno, dióxido de carbono y nutrientes dentro del agua. Su acción es inhibida por la presencia de aguas turbias que limitan el ingreso de la luz solar, limitando la fotosíntesis.

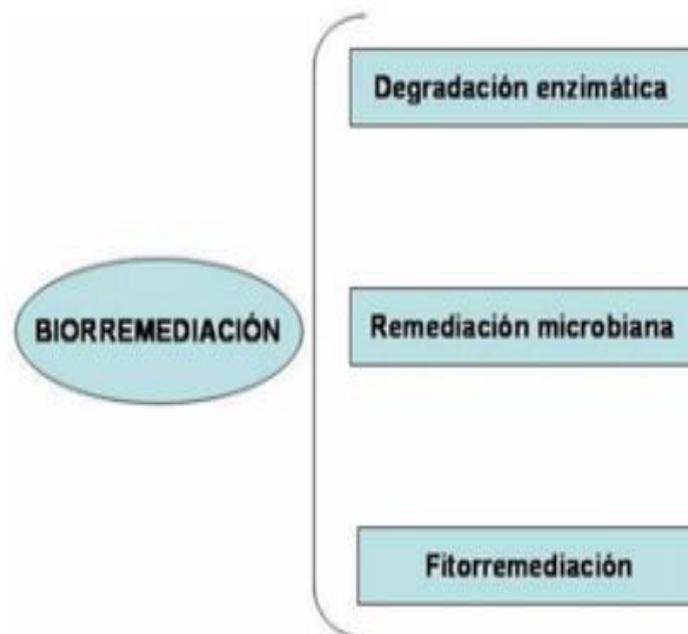


Figura: 1: Métodos de Biorremediación

1.3.4 Humedales en la costa peruana

La costa del Perú presenta humedales que constituyen un corredor biológico, cada uno dependiendo de la constitución de su comunidad de plantas presenta una estructura particular que tiene relación con las actividades del hombre en su sociedad.

Desde la época de los Chimú la costa de la ciudad de Trujillo presenta humedales conocidos como valsares entre las cuales se encuentran las especies que serán utilizadas en la investigación propuesta: *lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrpus* (junco).

***Lemna minor* (Lenteja de agua)**, es una planta acuática flotante que tiene una estructura simple y una de las plantas con más crecimiento en el mundo.

Tabla 1: Taxonomía (Lenteja de agua)

Taxonomía	
Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Aralesss
Familia	Lemnaceaes
Género	<i>Lemna</i>

***Scyrpus* (junco)**, es cosmopolita, crece en humedales, pantanos algunas especies se adaptan a la salinidad, presenta hojas tipo gramínea.

Tabla 2: Taxonomía (Junco de agua)

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Cyperaceae
Género	<i>Scirpus L.</i>

Tabla 3: Tipos de remediación

Tipo	Proceso Involucrado	Contaminantes Tratados
Fito extracción	Filtración de los contaminantes a través de sus raíces y su acumulación en el tallo y hojas.	Cadmio, cobalto, mercurio, cromo, níquel, plomo, zinc, selenio.
Rizo filtración	Los metales pesados son absorbidos, precipitados, acumulados o degradados los compuestos orgánicos mediante las raíces.	Metales pesados, incluido isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fito estabilización	Las plantas reducen la movilidad de los metales evitando su difusión en la napa freática o el aire.	Pozas de relaves de actividades mineras. Utilizados también para compuestos fenólicos y clorados.
Fito estimulación	Las raíces emiten sustancias que favorecen el crecimiento de bacterias y hongos que degradan los contaminantes.	Derivados del petróleo y poli aromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fito volatilización	Las plantas emiten a la atmosfera mediante la transpiración compuestos orgánicos y metales pesados absorbidos ya transformados.	Solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano), mercurio, selenio.
Fito degradación	Es la degradación de compuestos orgánicos en otros menos tóxicos, mediante la absorción por las plantas terrestres y acuáticas.	Pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, explosivos, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, entre otros.

1.3.5 Tratamientos físico-químicos

Las plantas degradan mediante procesos físicos o químicos contaminantes transformándolos en lodos o fangos, los cuales se pueden utilizar después de evaluar su grado de toxicidad.

1.3.6 Tratamientos biológicos

Proceso llamado biorremediación y realizado por bacterias, hongos u plantas, descontaminan aguas y suelos. La biotecnología tiene en la biorremediación una rama para solucionar problemas de contaminación utilizando microorganismos y plantas con capacidad para transformar compuestos que ocasionan en el medio ambiente un desequilibrio.

1.3.7 Humedales artificiales en el tratamiento biológico de las aguas.

Los humedales construidos o artificiales son utilizados para realizar el tratamiento biológico de aguas residuales.

El convenio para la conservación de humedales de la Fundación Kennedy, firmado en la ciudad de Ramsar, Irán; define los humedales como: "Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" que son de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas,

Los humedales reducen la contaminación por productos orgánicos e inorgánicos, proveen de nutrientes y son hábitat de aves y organismos acuáticos. Esta actividad bioquímica de los microorganismos, la producción de oxígeno fotosintético por las plantas y la presencia de material inerte permite el desarrollo de las hidrófilas, permiten el mecanismo de biorremediación que está alcanzando relevante importancia, utilizando como filtros biológicos a las plantas superiores, que descomponen, estabilizan, precipitan, absorben, metales pesados o degradan componentes orgánicos.

Los humedales artificiales considerados como una tecnología efectiva por sus costos bajos de operación, son utilizados para reducir la contaminación por metales, plaguicidas, solventes, explosivos, petróleo, hidrocarburos aromáticos policíclicos y lixiviados en vertederos, entre otros, poseen alta eficiencia física en la remoción material participado que se encuentra en suspensión en el agua. Presentan un flujo laminar lento debido a la resistencia de las raíces de las especies vegetales que captan los contaminantes como nutrientes como el Nitrato, Amonio, sulfatos y Fosfato, los cuales son tomados del humedal. Otras especies

de plantas del humedal tienen la capacidad de absorber, acumular de manera significativa metales tóxicos, como Cadmio, Cromo y Plomo ayudados por bacterias y otros microorganismos que la degradan captando y almacenando nutrientes y algunos contaminantes ocasionando la mineralización del suelo. La absorción es el proceso más importante de la remoción química, reteniendo o inmovilizando las sustancias contaminantes.

1.3.8 Humedales construidos o artificiales, tipos.

De acuerdo a la circulación del agua son: de flujo superficial o subterráneo. En los que el agua fluye por la superficie circulando a través de los tallos de las hidrofitas y está expuesta a la atmósfera, parecidas a las plantas de tratamiento de aguas residuales con algunas modificaciones, y de poca profundidad (aproximadamente 40 cm) y con plantas acuáticas.

En los humedales de flujo subterráneo el agua circula a través de un suelo que presenta característica granular (a profundidad media de 60 cm) en interacción con las raíces de las macrófitas. Son parecidos a los sistemas de infiltración de agua en el terreno.

1.3.9 Remoción física

Es la remoción del material participado en suspensión por los humedales debido al desplazamiento de las aguas a flujo lento y la resistencia que ocasionan las raíces de las especies vegetales, obteniendo alta eficacia en la remoción física.

1.3.10 Remoción biológica.

Las plantas de los humedales aprovechan las sustancias contaminantes como nutrientes, este proceso es el más importante en la remoción, los cuales absorben como Nitrato, Amonio y Fosfato. Varias especies vegetales tienen la capacidad de captar y acumular nutrientes, metales tóxicos, como Cadmio, Cromo y Plomo; ayudando a la mineralización del suelo con la ayuda de los microorganismos existentes (BELTRÁN, Mayra y GÓMEZ, Alida, 2016)

1.3.11 Remoción química.

La remoción química se realiza mediante reducción u oxidación de los compuestos ocasionando la transferencia de iones insolubles de la solución (agua) a suelo. La remoción química mediante la absorción y precipitación de sustancias contaminantes es el proceso más importante. Este intercambio de electrones permite el depósito de la materia insoluble sobre la superficie de los suelos de arcilla y materia orgánica (PITAN Y PALOMINO 2017).

1.3.12 Plantas acuáticas emergentes.

Son aquellas en las cuales sus hojas y tallos emergen sobre la superficie del agua, y sus raíces se encuentran fijas en el suelo ejemplos, carrizos, juncos, eneas entre otras, logrando alcanzar una altura de 1 a 2 metros.

1.1.2. Plantas acuáticas

Son plantas que necesitan de abundancia agua para que puedan proporcionar sus raíces y así puedan sobrevivir, pueden desarrollarse en lugares muy húmedos y totalmente inundados.

1.4 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto en la fitoextracción de nitritos y sulfatos por las plantas, *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrpus* (junco)

1.5 Justificación del estudio

La sociedad está tomando conciencia sobre la importancia del líquido elemento, debido a su limitado abastecimiento por el cambio climático una buena alternativa es reutilizar el agua y su conservación, cada persona gasta en promedio 160 litros por día, el 60% es generado por el agua de higiene corporal y lavado de ropa.

La reutilización del agua por las familias permitiría ahorrar una cantidad considerable mediante un sistema de tratamiento de aguas de lavado, agua de aseo personal (lavado de ropa, ducha) y reutilizarlas para el riego de parques, jardines, en el inodoro u otros usos no potables.

La finalidad de la presente investigación es contribuir a reducir el gasto per cápita de agua potable reutilizando las aguas de lavado contribuyendo a la economía familiar.

Las aguas contaminadas son un problema a todo nivel; el aumento poblacional, la concentración urbana y el desarrollo de las industrias han contribuido a la contaminación que hoy día es la mayor amenaza para la vida.

La contaminación del agua con microorganismos, productos químicos, residuos industriales o aguas residuales en forma desmedida deterioran la calidad de la misma sobrepasando su capacidad natural depuración (UNIVERSIDAD MARIANO GÁLVEZ, 2012)

Los humedales artificiales son sistemas que permiten la depuración de DBO5, sólidos en suspensión y nitritos, para el tratamiento de aguas residuales, económicamente son viables, removiendo de manera eficaz los metales, trazas orgánicas y patógenos (SANABRIA, 2010).

Los humedales artificiales son métodos no convencionales para el tratamiento de aguas residuales necesitan extensas áreas, aproximadamente de 3 a 5 m² por persona, este sistema de tratamiento es apropiado para pequeñas comunidades como centros educativos, poblaciones rurales (CARBAJAL Rowan, 2018).

Los humedales forman un elemento de vital importancia para orientar una buena gestión logrando la interrelación sostenible entre sociedad y naturaleza, interactuando de diversas formas.

Los humedales presentan una dinámica donde intervienen factores biogeofísicos y socioeconómicos y sobre ellos es necesario disponer del conocimiento que proporcione la base para realizar una gestión sostenible en la relación sociedad-humedales.

Mediante diferentes sistemas de tratamiento se pueden lograr los parámetros permisibles en la calidad del agua residual, no se puede comparar los diseños de plantas depuradoras para grandes y pequeñas comunidades. Siendo una alternativa para pequeñas comunidades el uso de humedales debido a los presupuestos más ajustados que poseen.

En la presente investigación se definen las variables:

Plantas acuáticas, *Lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco) y fitoextracción de nitritos y sulfatos en aguas de humedales artificiales.

1.6 Hipótesis

H₁: Las plantas acuáticas *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco) si extraen los nitritos y sulfatos en los humedales artificiales a nivel de laboratorio.

H₀: Las plantas acuáticas *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco) no extraen los nitritos y sulfatos en los humedales artificiales a nivel de laboratorio.

1.6.1. Variables

VI: Las plantas acuáticas: *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco)

VD: Fitoextracción de nitritos y sulfatos en las aguas de los humedales artificiales

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Evaluar la Fitoextracción de nitritos y sulfatos por las plantas acuáticas, *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco) en humedales artificiales a nivel de laboratorio.

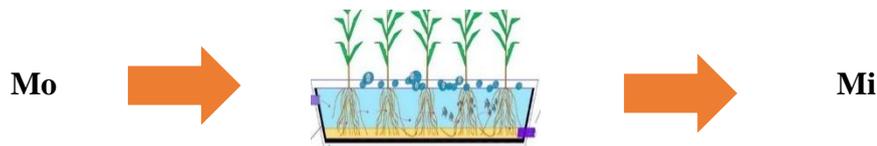
1.7.2 Objetivos Específicos

- Analizar la concentración de nitritos y sulfatos en una de las aguas grises domésticas– Trujillo.
- Determinar los porcentajes de fitoextracción de nitritos y sulfatos en aguas de los humedales artificiales, en las plantas *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrpus* (Junco).
- Comparación de la fitoextracción de nitritos y sulfatos a través de las plantas acuáticas

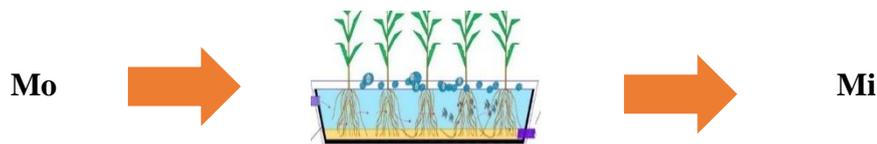
II. METODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Plantas acuáticas: *Lemna minor*



Plantas acuáticas: *Scyrpus*



Mo: Concentraciones iniciales de los nitritos y sulfatos en aguas de humedales artificiales

Mi: Concentraciones de nitritos y sulfatos en las aguas de los humedales artificiales después del tratamiento.

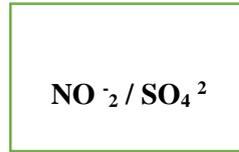
Plantas acuáticas: *Lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrpus* (junco)

T = 5, 10 Y 15 días.

Humedales artificiales

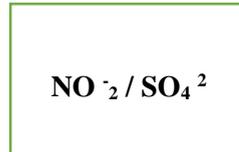
Tiempo: 5, 10 y 15 días

M_{01} : *Lemna minor*



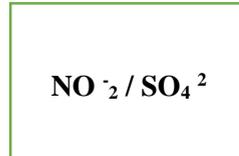
→ $M_5 M_{10} M_{15}$

M_{02} : *Scyrpus*



→ $M_5 M_{10} M_{15}$

M_{03} : Blanco



→ $M_5 M_{10} M_{15}$

2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

2.2.1 VARIABLES

a. Variables Independientes

Plantas acuáticas: *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrpus* (junco)

b. Variables Dependiente

Fitoextracción de nitritos y sulfatos en aguas de humedales artificiales.

2.2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 4: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA
<p>Independiente</p> <p>Humedal artificial con plantas acuáticas, <i>Lemna minor</i> (lenteja de agua) y <i>Scyrpus</i> (junco).</p>	<p>Son plantas que son el resultado a remover metales pesados, elaboran un rol importante en los mecanismos de la absorción en los nutrientes de nitritos y sulfatos.</p>	<p>En baldes pequeños se añadió por separado 40 litros de aguas, conteniendo nitritos a un volumen de 0.068 ppm y sulfatos a 97.54 ppm, donde fueron colocadas las plantas acuáticas <i>lemna minor</i> (lenteja de agua) y <i>Syrpus</i> (junco) por un tiempo de 15 días.</p>	<p>Densidad: Plantas/ m2</p>	<p>Razón</p>
<p>Dependiente:</p> <p>Fitoextracción: absorción nitritos y sulfatos</p>	<p>El volumen de algunas plantas por sus raíces, tallos tienden a absorber, metabolizar, acumular o fijar contaminantes presentes en el agua se llama fitoextracción.</p>	<p>A los 5, 10 y 15 días se observó el contenido de los nitritos y sulfatos en las soluciones, y se comparó cuál de las plantas tuvo mayor absorción.</p>	<p>% Fitoextracción</p>	<p>Razón</p>

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población tomada equivalió al 60 % del total de agua residual generada por la población de Trujillo la que equivalió a 22.731 m³/día. Los análisis realizados a las muestras de aguas residuales domésticas procedentes de aseo personal y lavado de ropa se tomaron como referencia para considerar la concentración en sulfatos y nitritos a trabajar, estas fueron: concentración de 97.74 ppm de sulfatos y 0.068 ppm de nitritos, los cuales fueron llevados a preparar al laboratorio.

2.3.2 Muestra

Se tomó 150 litro de solución preparada en el laboratorio conteniendo nitritos 0.068 ppm y para sulfatos con una concentración de 97.74 ppm, para abastecer los humedales artificiales, realizamos repeticiones por cada muestra a trabajar

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La evaluación de nitritos y sulfatos se realizaron mediante el método espectrofotométrico ya normalizados para estos análisis, en el espectrofotómetro UNICO 2800 UV- Vis; Laboratorio de química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Tabla 5: Parámetros analizados

PARÁMETRO	MÉTODO	NORMA
NO ₂ ⁻¹ total	Espectrofotométrico Colorimétrico	Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales 4500-SO ₄ ²⁻ E. APHA-AWWA-WEF (2012)
PO ₄ ⁻³ total	Espectrofotométrico Colorimétrico	Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales 4500-SO ₄ ²⁻ E. APHA-AWWA-WEF (2012)

Fuente: Propia

2.4.2 Validez y confiabilidad

Los instrumentos de recolección de datos serán validados por dos expertos con el grado de magister o doctor, de acuerdo a los objetivos y variables de la presente investigación.

2.5 Métodos de análisis de datos

Los datos recolectados se analizarán mediante el estadístico Shapiro Wilk para determinar su normalidad. Se utilizará el método estadístico de análisis de varianza (ANOVA) prueba TUKEY

2.6 Aspectos éticos

La información presentada será validado con instrumentos y técnicas validadas, la información requerida son con autores citados respetando sus publicaciones. Durante la presente investigación, garantizamos el cuidado y respeto del medio ambiente, se respetará las ideologías políticas y morales.

III. RESULTADOS

Tabla 6: Comparación de los porcentajes de fitoextracción de Nitritos.

Tiempo de tratamiento (Días)	NO2- Resultante (ppm)	
Especies	Remoción (ppm)	
	<i>Scyrpus</i> (junco)	<i>Lemna Minor</i> {lenteja de agua)
0	0	0
5	11.76	24.26
10	22.06	46.32
15	60.29	75.74

Tabla 6. Comparación de los porcentajes de fitoextracción de Nitritos

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°6, se muestra el resultado de la de la remoción de nitritos cada 5 días por las 2 plantas utilizadas *Scyrpus* (junco) y *lemna minor* (lenteja de agua), incluso la mejor planta que removi6 con un 75.74 a los 15 días fue la *Lemna minor* (lenteja de agua) sobrepasando a la otra planta.

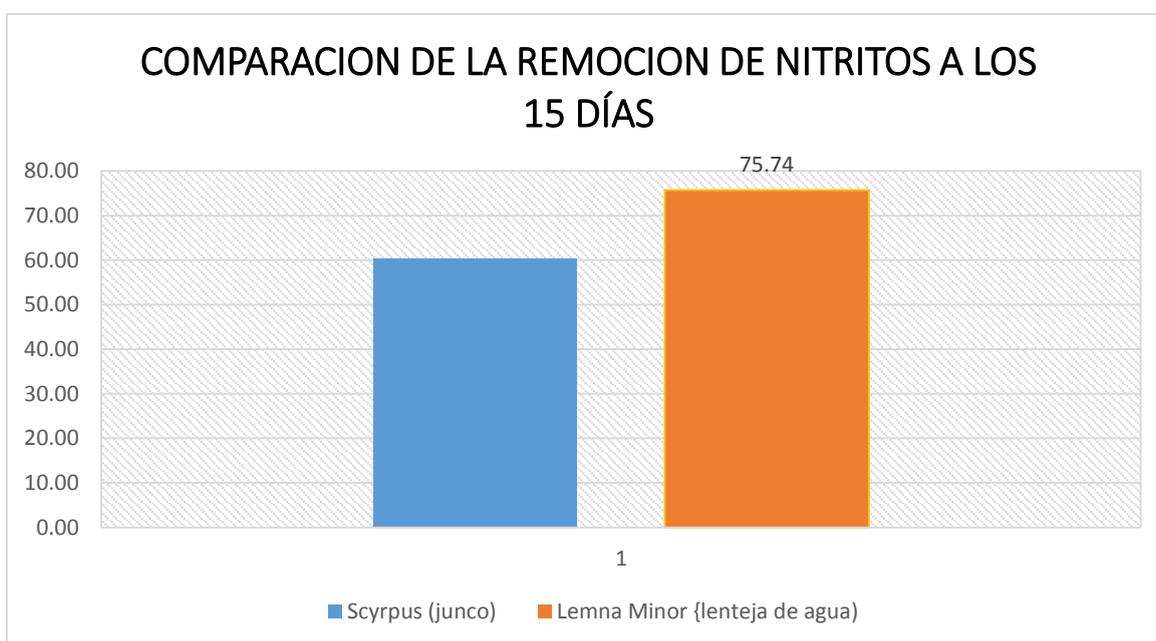


Figura 2: Como observamos en la gráfica tenemos la comparación de la remoción de nitritos en 15 días, donde se determinó que la lenteja de agua tiene el mayor porcentaje con 75.74 % en los 15 días.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Comparación de los porcentajes de fitoextracción de sulfatos.

Tiempo de tratamiento (Días)	SO4-2 Resultante (ppm)	
	Remoción (ppm)	
Especies	<i>Lemna Minor {lenteja de agua}</i>	<i>Scyrpus (junco)</i>
0	0	0
5	7.64	6.31
10	25.99	29.66
15	58.44	48.50

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 7. Mostramos la remoción de nitritos en las plantas: *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrpus* (junco), estudiando cada 5 días, obteniendo a la lenteja de agua con un porcentaje de 58.44% de remoción en los 15 días.

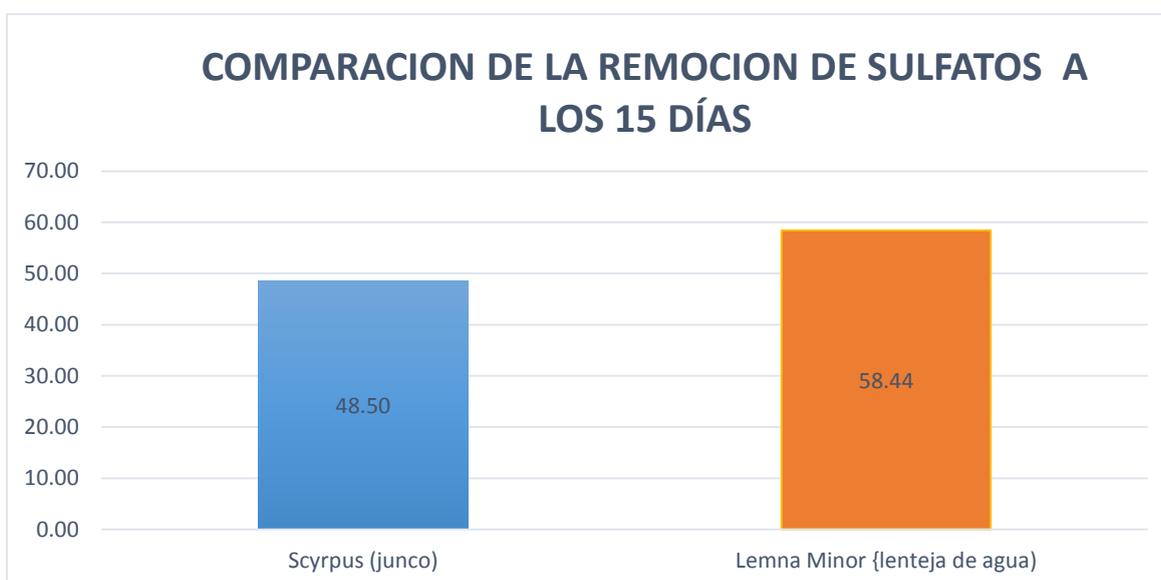


Figura 3: .Mostramos la comparación de la remoción de sulfatos en los 15 días, donde determinamos que la lemna minor(lenteja de agua) lleva mayor porcentaje con un 58.44 %.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Comparación de la fitoextracción de Nitritos y Sulfatos por las dos plantas.

Especies	<i>Scyrpus (junco)</i>		<i>Lenna minor Lenteja de agua</i>	
	Remoción	Remoción	Remoción	Remoción
Tiempo (Días)	%	%	%	%
	NO ₂ -	SO ₄₋₂	NO ₂ -	SO ₄₋₂
	15	60.29	48.5	75.74

Fuente Elaboración propia

En la Tabla N°8. Se comparó la fitoextracción de nitritos y sulfatos a los 15 días, observándose que remueve en mayor porcentaje *Lenna minor* (lenteja de agua) con un 75.74 % de nitritos y 58.44 % de sulfatos.

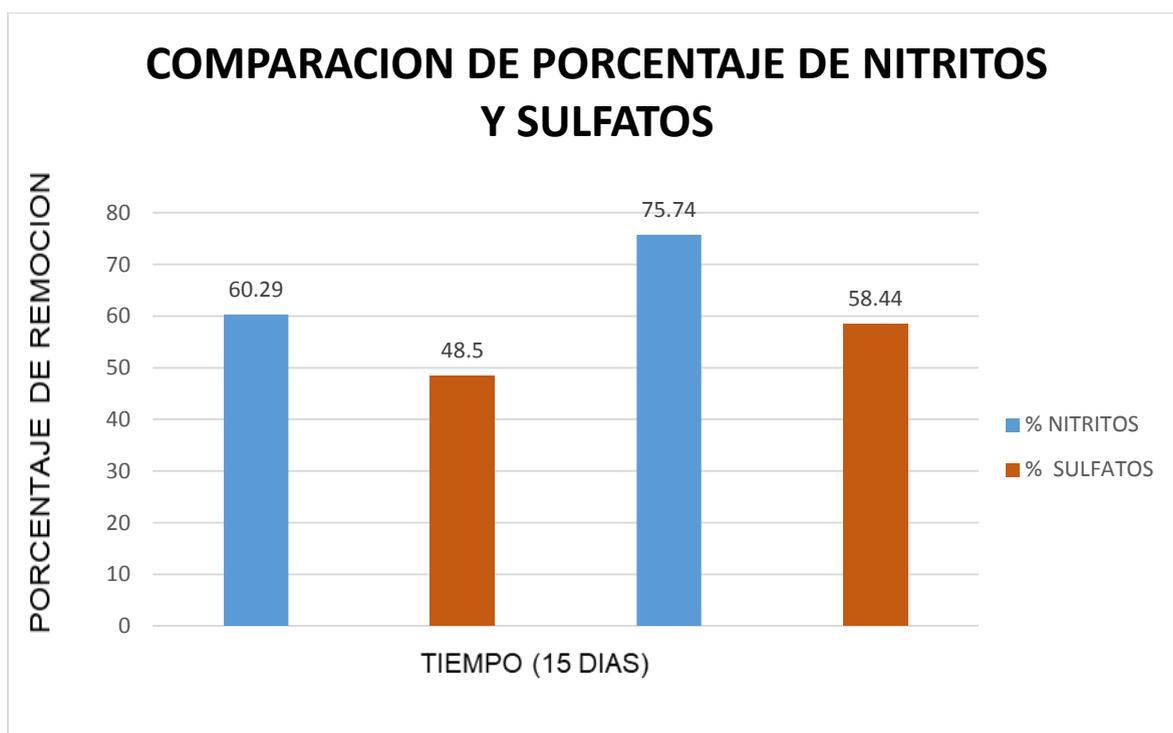


Figura 4: Figura 4. Mostramos la comparación de la fitoextracción de nitritos y sulfatos en los 15 días, donde determinamos que la *lenna minor* (lenteja de agua) lleva mayor porcentaje con un 75.74 %.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para realizar el análisis ANOVA, los datos obtenidos previamente se analizaron para determinar si obedecen a un comportamiento normal, mediante el estadístico Shapiro Wild

Tabla 9: Análisis de Varianza para Nitritos y Sulfatos.

ANOVA					
Respuesta					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7475,353	3	2491,784	227,286	,000
Dentro de grupos	131,558	12	10,963		
Total	7606,911	15			

Obteniendo un valor $p < 0.05$ se acepta la H1: Las plantas acuáticas *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrcpus* (junco) si extraen los nitritos y sulfatos en los humedales artificiales a nivel de laboratorio.

Ahora realizamos la prueba de Tukey, para comparar y determinar cuáles de las plantas presentan mayor remoción

Tabla 10: HSD de Tukey: Fitoextracción de Nitritos y Sulfatos

	TRemocion	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
			1	2	3	4
HSD Tukey ^a	0	4	0			
	5	4		8,3375		
	10	4			25,925	
	15	4				56,4175

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,00.
- Razón de gravedad de error de tipo 1/Tipo 2 = 100

El tratamiento a 15 días obtiene el mejor promedio de extracción en los nitritos y sulfatos en los humedales artificiales a nivel de laboratorio.

IV. DISCUSIÓN

- a. Los humedales artificiales tienen un efecto favorable en la remoción de nitritos y fosfatos, como se puede observar en los resultados de la presente investigación en la Tabla N° 9; coincidiendo con los resultados obtenidos por Medina y López (2015) quien en su investigación concluye que, las aguas residuales, domésticas, urbanas, industriales, de drenaje de extracciones mineras, escorrentía superficial agrícola y urbana han sido tratadas utilizando humedales artificiales.
- b. Los humedales artificiales constituidos por las plantas acuáticas *Lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrpus* (junco).utilizados en la presente investigación, han removido a los 15 días el 60.29% y 75.74% de nitritos respectivamente; así como 58.44% y 48.50% de sulfatos respectivamente, como se puede observar en la figura N° 9; porcentajes de remoción parecidos a los alcanzados por León Andrés (2017), quien utilizando, *Helianthus annuus* (girasoles) y *Mentha pipertita* (menta), en un sistema hidropónico, removieron nitratos y fosfatos en aguas residuales alcanzando un 60% en la remoción de nitratos y 40% de la remoción de fosfatos.
- c. Los humedales artificiales representan una alternativa en la disminución de la contaminación de las aguas marinas con nitritos y fosfatos contenidas en las aguas residuales, que ocasionarían eutrofización y destrucción de la vida en el mar; esto va a depender del diseño, operación y adecuación de los humedales coincidiendo con la investigación realizada por Miglio Toledo y Villarreal Cárdenas (2012), quienes concluyen en su investigación que los humedales artificiales son una nueva opción en la reducción de la contaminación ocasionada por aguas residuales.
- d. En la investigación realizada se ha determinado que las plantas acuáticas *Lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrpus* (junco) tienen mayor preferencia en la fitoextracción de los nitritos y que los sulfatos, coincidiendo con la investigación de León Andrés (2017).
- e. Se ha podido determinar en la presente investigación que el humedal artificial constituido por *Lemna minor* (Lenteja de agua) tiene mayor porcentaje de remoción de nitritos y sulfatos con un 75.74% y 58.44% respectivamente; frente a los humedales artificiales constituidos por *la lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrpus*(junco)

V. CONCLUSIONES

- a. De acuerdo a los resultados podemos concluir que los humedales artificiales constituidos por las plantas acuáticas *Lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco) si remueven los nitritos y sulfatos a nivel de laboratorio.
- b. De los humedales artificiales utilizados la *lemna minor* (Lenteja de agua) es la que remueve en mayor porcentaje nitritos y sulfatos en solución de los humedales artificiales a nivel de laboratorio.
- c. En la investigación realizada se ha determinado que las plantas acuáticas *Lemna minor* (Lenteja de agua y *Scyrrpus* (junco) remueven en mayor proporción los nitritos y en menor proporción los sulfatos, como se puede observar en la Tabla N° 8.
- d. En las primeras semanas el porcentaje de absorción por las plantas acuáticas *Lemna minor* (Lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco) es lento debido al estrés ocasionado por el trasplante, luego la velocidad de absorción aumenta.

VI. RECOMENDACIONES.

- a. Dando los resultados con la presente investigación sugerimos que la utilización de los humedales artificiales para la fitoextracción de nitritos y sulfatos de las aguas residuales antes de ir al mar.
- b. Se aconseja que continúen indagando y utilizando plantas de otras variedades en los humedales artificiales y concentraciones más mayores de nitritos y susfatos.
- c. Se recomienda seguir un estudio más a profundo sobre las raíces que tienen las plantas *lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco) en los humedales artificiales ya que traen buenos resultados en cuanto a la extracción de aniones.
- d. Recomendamos proceder una investigación en humedales artificiales a flujo continuo para determinar el tiempo de residencia de la mejor extracción.
- e. Se recomienda valorar la influencia del pH de la solución en la absorción de nitritos y sulfatos por las plantas acuáticas *lemna minor* (lenteja de agua) y *Scyrrpus* (junco).

VII. REFERENCIAS

- ✚ **ARIAS Carlos. /Hans Brix**, Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. Ciencias e ingeniería Neogranadina, 2013, numero 013. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, pp.17-24.
- ✚ **BELTRÁN-Pineda, Eleonora, Gómez-Rodríguez, Alida Marcela**, Biorremediación de Metales Pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg), Mecanismos Bioquímicos e Ingeniería Genética. Disponible en línea: 25 de julio de 2016.
- ✚ **Carranza, A., Gonzales, D., Mendocilla, C., Rojas, A., Ch, L. S., & Vejarano, A.** Análisis de riesgo sanitario en aguas grises en la provincia de trujillo, urbanización covicorti, 2017.
- ✚ **Delgado, C. C., Reyes, M. M., & López, S. J. A.** Propuesta para el uso responsable del agua en la educación básica. *Atenas*, 1(33), 98-109, p.2016.
- ✚ **Larios-Meño, J., González, C., Yennyfer, T., & Olivares, M.** Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Recuperado el*, 23. 2015.
- ✚ **CARVAJAL Rowan, Alicia; Zapattini Irala, Claudia; Quintero Zamora, Carolina.** “Humedales Artificiales, una alternativa para la depuración de aguas residuales en el municipio de Mizque, Bolivia”. Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo UPM-UCM, 2018.
- ✚ **JARAMILLO Jumbo, Mariuxi del Cisne Flores Campo verde, Edison Darío** Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (Lenteja de agua), y *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera., 2012. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2939>
- ✚ **Maldonado Cueva, L. A.** Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en la remoción de nitrógeno.2018.
- ✚ **Malaver Moreno, A. F.** Evaluación de un humedal artificial de flujo superficial empleando lenteja de agua (*Lemna minor*) para el tratamiento de aguas residuales generadas por la industria de curtiembres. 2017.
- ✚ **LLANOS Bonilla, Guillermo**, Propuesta de Instalación Hidráulica Sanitaria para la Reutilización de Aguas Grises y aprovechamiento de Agua Pluvial en Unidades Habitacionales ubicadas en la Ciudad de México Tesis para obtener el grado de: Maestro en Ingeniería Civil – Gestión Administrativa de la Construcción, Facultad

- de Ingeniería. Programa de Maestría y Doctorado, México, Enero, 2012.
- ✚ **Morales, M. R., & Zambrano, D. A (2018).** Analysis of the sanitation management in the informal settlement Bajo Los Anonos, San José, Costa Rica, from a social, technical and institutional perspective. *Población y Salud en Mesoamérica*, 16(1), 107-131 p.
 - ✚ **PAITAN de la Cruz, Luis Ángel; Palomino Barrientos, Diana Carolina.** “Remoción de Arsénico del agua potable del distrito de Quero provincia de Jauja, por el método de electrocoagulación, a nivel de laboratorio”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú 2017.
 - ✚ **PAREDES Salazar, José Luis,** Optimización de la Fitorremediación de Mercurio en Humedales de Flujo Continuo empleando *Eichhornia crassipes* "Jacinto de Agua". Tesis para optar el grado de: Magister en Ciencias de Agroecología Mención Gestión Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú 2015.
 - ✚ **RAFFO LECCA, E. D. U. A. R. D. O. (2013).** Tratado del agua y la legislación peruana. *Industrial Data*, 16(2).
 - ✚ **RAMOS, Y.*; Uribe, I.,** Planta piloto para tratamiento de aguas residuales industriales de ACESCO por medio de humedales construidos – láminas filtrantes® Acerías de Colombia - ACESCO & Cía. S.C.A. Parque Industrial Malambo-PIMSA. Km 3 Vía Malambo-Sabana Grande
 Disponible en:
<https://guayacan.uninorte.edu.co/divisiones/Ingenierias/IDS/upload/File/Memorias%20II-SIIR/7b-Ramos-Colombia-001.pdf>
 - ✚ **SAAVEDRA SANCHEZ, Lizet.** Remoción de fosforo en aguas residuales por método de floculación y sedimentación utilizando cal artesanal y alumbre- KOLLPA. 2016.
 - ✚ **Tilano, N. A. J., Rivillas, G. Z., Campillo, O. A. S., & Uribe, C. A. R. (2017).** Diagnóstico sobre la disposición adecuada de las aguas residuales y concienciación de la comunidad de la vereda convento salinas, copacabana, antioquia. *Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 556-567 p.

- ✚ **Vásquez Uriol, F. N. (2017).** Disminución de la contaminación de las aguas grises utilizando Spirodela Polyrhiza y eichhornia crassipes en la Urb. Primavera-Trujillo 2017.
- ✚ **UNAD,** Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Una Mirada a la Fitorremediación en Latinoamérica, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, ECAPMA, Programa Especialización en Biotecnología Agraria Zipaquirá, 2017.
- ✚ **VILLARROEL Ávalos, Cesar,** Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el Cortijo para uso agrícola con humedales construidos de flujo superficial, Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Postgrado Programa Doctoral en Medio Ambiente, trabajo presentado al XXI Congreso Interamericano de Ingeniería Química – abril 2005 sección: Tratamiento de efluentes, Lima – Perú 20.
Disponible en: <http://www.fundacionkennedy.cl/que-son-los-humedales/>.
www.sedalib.com.pe/upload/drive/12017/20170131-6629297152.pdf
<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=36>.
- ✚ **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 Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental– 2012.

VIII. ANEXOS

ANEXO A. Recolección de Datos

Tabla N° 8.1. Instrumentos de recolección de datos

DATOS GENERALES	Universidad Cesar Vallejo	Ingeniería Ambiental	
TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION	“Fitoextracción de aniones en Humedales artificiales empleando <i>Lenma minor</i> y <i>Scyrpu</i> a nivel de laboratorio - Trujillo”		
INVESTIGADORES	Julca Pastor, Luis Antony Jhefferson Zamora Aguilar, Roxana Marina		
INSTRUCCIONES	Registrar la información obtenida en la presente investigación.		
Mediciones	Fecha:	Lugar:	
Plantas acuáticas: <i>lemna minor</i> (Lenteja de agua) y <i>Scyrpus</i> (junco)	Concentración inicial	Fosfatos: 97.74 ppm Nitritos: 0.068 ppm	
	Concentración de nitritos y sulfatos a los 5,10 y 15 días.	Nitritos: M1: M2: Sulfatos: M1: M2:	
	Remoción	$R = M_0 - M_i$	
PROCEDIMIENTO: Los análisis pre tratamiento pos tratamiento se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Química de La Universidad Nacional de Trujillo			
FITORREMEDIACION:		Remoción promedio	R 1
RESULTADOS:	Parámetros		R 2
	Nitritos		
	Sulfatos		
OBSERVACIONES:			

Tabla N° 8.2. Instrumento de recolección de datos.

DATOS GENERALES	Universidad Cesar Vallejo	Ingeniería Ambiental		
TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION	“Fitoextracción de aniones en Humedales artificiales empleando Lemna minor y Scyrpu a nivel de laboratorio -Trujillo”			
INVESTIGADORES	Julca Pastor, Luis Antony Jhefferson Zamora Aguilar, Roxana Marina			
INSTRUCCIONES	Registrar la información obtenida en la presente investigación.			
Mediciones	Fecha:	Lugar:		
Plantas acuaticas: <i>lemna minor</i> (Lenteja de agua) y <i>Scyrpus</i> (junco) Densidad= 20 plantas/m ²	Concentración inicial	Fosfatos: 97.74 ppm Nitritos: 0.068 ppm		
	Concentración de nitritos y fosfatos a los 0, 5,10 y 15 días.	Fosfatos: M1: M2: Nitritos: M1: M2:		
	Remoción	$R = (M_0 - M_i)$		
PROCEDIMIENTO: Los análisis pre tratamiento pos tratamiento se realizaran en un laboratorio.				
FITORREMEDIACIÓN:		Remoción promedio	R 1	R2
RESULTADOS:	Parámetros			
	Nitritos			
	Sulfatos			
OBSERVACIONES:				

Tabla 8.3. Fitoextracción de Nitritos y Sulfatos en la lenteja de agua

DÍA	<i>Lemna minor</i> (lenteja de agua)	
	Nitritos	Sulfatos
0	0.068	0
5	0.0515	24.26
10	0.0365	46.32
15	0.0165	75.74

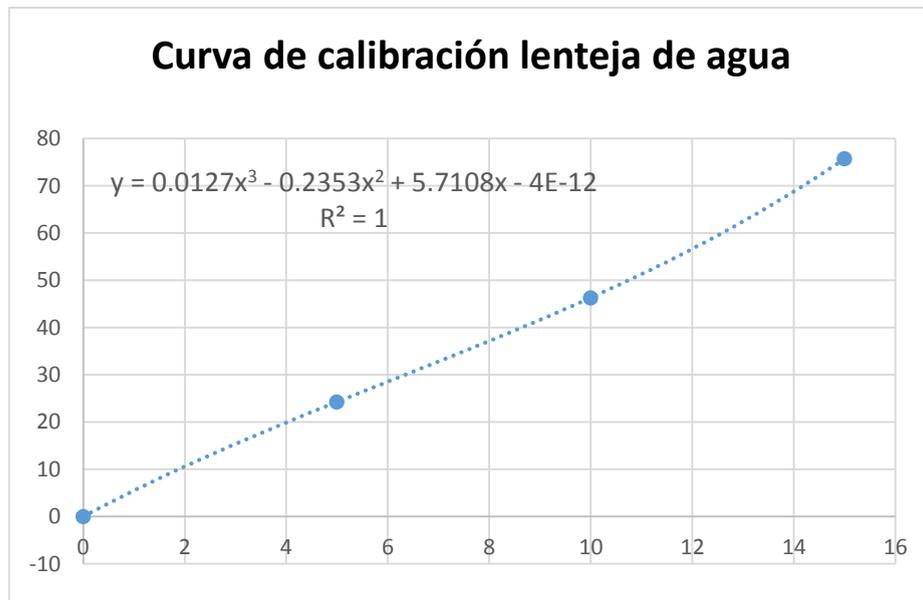


Figura 5. Observamos la curva de calibración de la lenteja de agua en nitritos y sulfatos.

Tabla 8.3. Fitoextracción de Nitritos y Sulfatos en el junco de agua

DÍA	<i>Scyrrpus (junco)</i>	
0	97.54	0
5	91.39	6.31
10	75.73	22.36
15	50.235	48.50

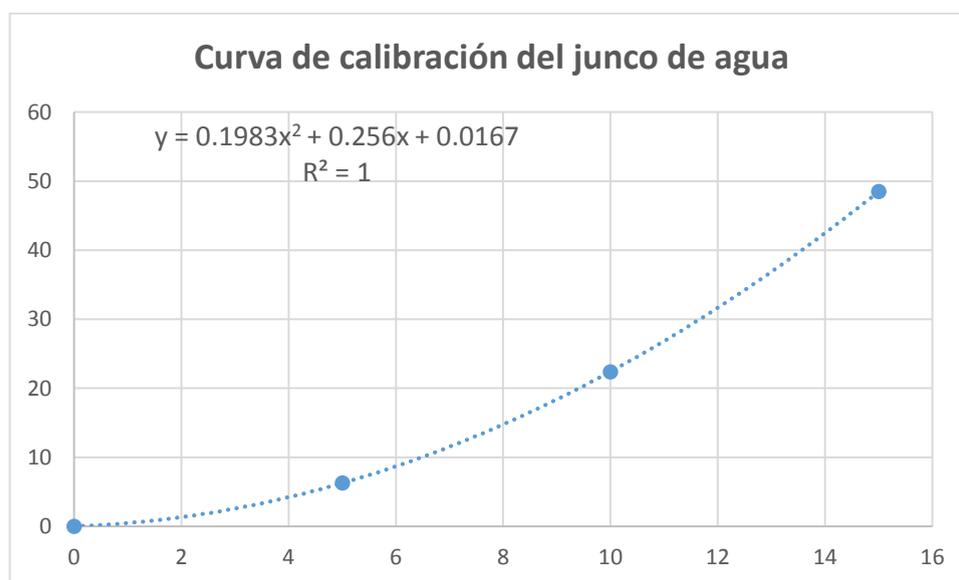
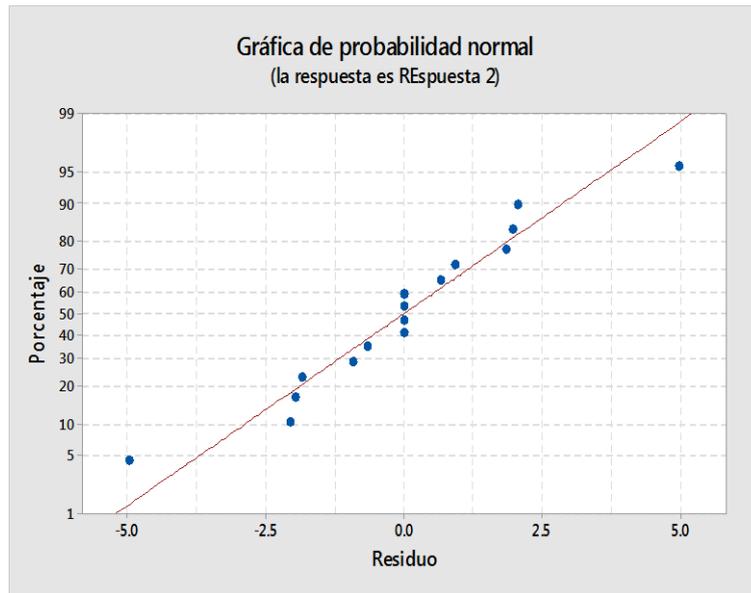
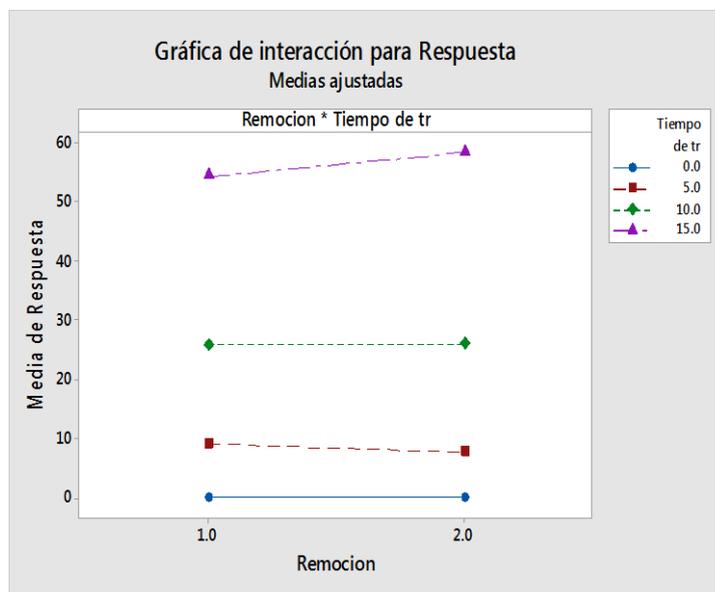


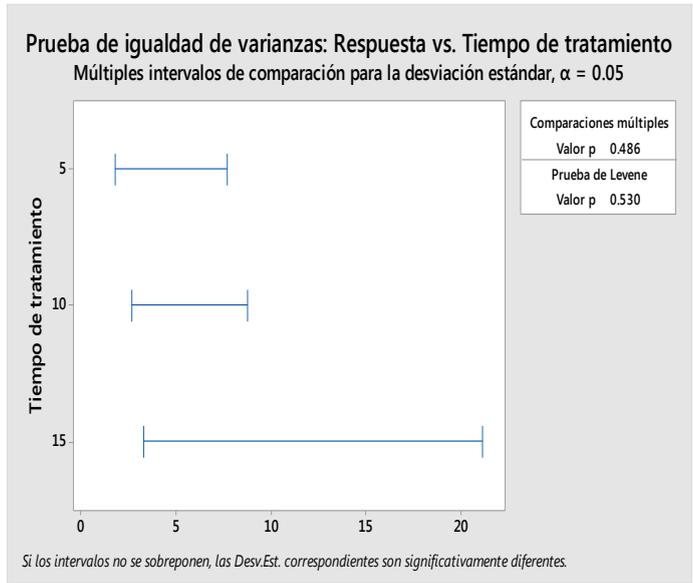
Figura 6. Se observa la curva de calibración de nitritos y sulfatos en el junco.



Los datos presentan una distribución normal



En el siguiente grafico podemos observar que el mejor promedio se presenta a los 15 dias en la lenteja de agua



Las variables cumple la prueba de homogeneidad de varianza al presentar valores $p > 0.05$

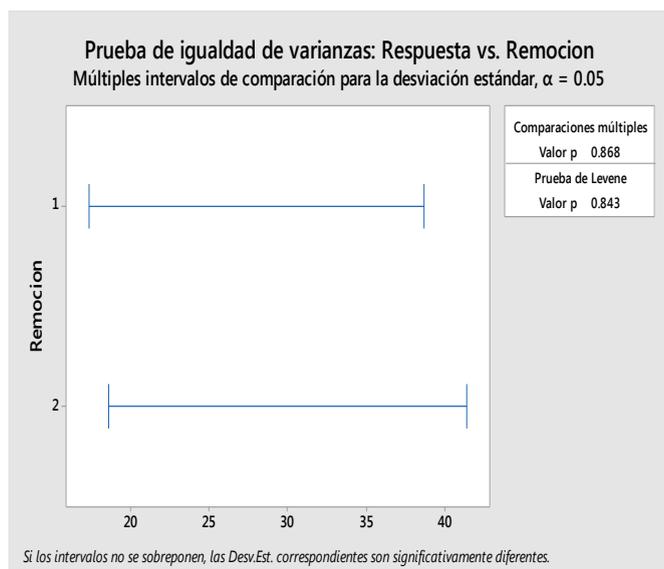


IMAGEN 1:



RIVELAB - S.A.C.

LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS

REPORTE DE ANALISIS

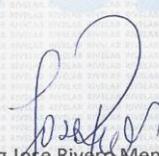
SOLICITANTE	Julca Pastor, Luis Antony Jhefferson Zamora Aguilar, Roxana Marina			
MUESTRA	Aguas Grises			
FECHA DE INGRESO	15 de Abril del 2019			
ENSAYO SOLICITADO	Nitritos Y Sulfatos			

MUESTRA 1					
	DIAS	0	5	10	15
NITRITOS		0.068	0.062	0.052	0.025
PROMEDIO			0.06	0.053	0.027
SULFATOS		97.54	91.32	75.19	50.3
			91.46	75.27	50.17
			91.39	75.73	50.24

MUESTRA 2					
	DIAS	0	5	10	15
NITRITOS		0.068	0.054	0.038	0.015
PROMEDIO			0.049	0.037	0.017
SULFATOS		97.54	91.60	79.15	42.03
			88.58	65.23	39.04
			90.09	71.19	40.5

Método de Nitrito y sulfato: Espectrofotométrico APHA – AWWA – WPCF 4500 – NO2

Trujillo, 02 de Mayo 2019



Ing Jose Rivero Mendez
Perito CIP 20384



BIOQUÍMICOS - HEMATOLÓGICOS - MICROBIOLÓGICOS - INMUNOLÓGICOS - PRUEBAS ESPECIALES

J. Pizarro N°137 - Oficina N° 108

rivelabperu@hotmail.com

Cel. 943631454
RPM: # 943631454
Fijo: 044 - 346297

Fuente: Propia

IMAGEN 2:



Fuente: Propia

IMAGEN 3:



Fuente: Propia

IMAGEN 4:



Fuente: Propia

IMAGEN 5:



Fuente: Propia