



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

La fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en la
remoción del agua dura del Distrito de Reque – Chiclayo 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Fernández Reátegui, Yuriko Alexandra (ORCID: 0000-0003-3053-6773)

ASESOR:

Dr. Arbulú López Cesar Augusto (ORCID: 0000-0002-1120-0978)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los recursos naturales.

CHICLAYO - PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a:

A Dios, a mi madre y a mis bisabuelos quién con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre, sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi hijo, a mi pareja y a mis suegros por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón.

Yuriko Alexandra

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios por sus bendiciones, siempre llenan mi vida y mi familia, Dios siempre está ahí.

Agradezco profundamente a todas las autoridades y personal que integran la Universidad Cesar Vallejo, ellos confiaron en mí y me abrieron la puerta para que pudiera realizar todo el proceso de investigación.

Asimismo, agradecer a toda la Facultad de Ingeniería Ambiental, a todos mis profesores que me enseñaron valiosos conocimientos que me permitieron crecer como profesional, gracias por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Arbulú López Cesar Augusto quien fue mi asesor y responsable de todo el proceso, por su orientación, conocimiento, enseñanza, paciencia y colaboración para hacer que este trabajo se desarrolle.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización	9
3.3. Población, muestra y muestreo	9
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
3.5. Procedimientos.....	10
3.6. Método de análisis de datos.....	12
3.7. Aspectos éticos	12
IV. RESULTADOS.....	13
V. DISCUSIÓN.....	17
VI. CONCLUSIONES.....	20
VII. RECOMENDACIONES	21
REFERENCIAS.....	22
ANEXOS	27

Índice de tablas

Tabla 01. Clasificación del <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua).....	8
Tabla 02. Parámetros físicos químicos del agua potable del distrito de Reque antes y después de la fitorremediación con <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua).....	16

Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque antes de aplicar la fitorremediación con <i>Eichhornia crassipes</i>	13
<i>Figura 02.</i> Parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque después de aplicar la fitorremediación con <i>Eichhornia crassipes</i>	14
<i>Figura 03.</i> Niveles de calcio y magnesio del agua potable del distrito de Reque antes y después de la fitorremediación con <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua).....	15

Resumen

La dureza representa un problema cuando es demasiado baja porque es corrosiva para las tuberías, y por el contrario, los cationes reaccionan con los carbonatos en el agua para producir precipitados químicos afectando la cantidad de detergente necesarios para la limpieza. Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la efectividad de fitorremediación del *Eichhornia crassipes* para la remoción de la dureza en agua del distrito de Reque mediante una metodología aplicada de enfoque cualitativo con diseño cuasi experimental. Los resultados evidenciaron que los valores iniciales del agua fueron 6,97 pH, temperatura de 21,6 °C, conductividad eléctrica de 00,8 dS/cm y dureza de 404 ppmCaCO₃, mientras que luego de 9 días de contacto con la planta acuática se encontró un pH de 7,25, temperatura de 22,1 °C, conductividad eléctrica de 00,7 dS/cm y dureza de 340 ppmCaCO₃, sin embargo, en comparación con 18 días después se obtuvo 7,68 pH, temperatura de 23, 3 ° C, conductividad eléctrica de 00,8 dS/cm y dureza de 300 ppmCaCO₃. Por lo tanto, se concluye que el tratamiento logró una disminución de dureza en un 25.7%, sin embargo, aumentó los niveles de pH y temperatura, mientras que la conductividad eléctrica se conservó constante.

Palabras clave: Tratamiento, agua, potable, biorremediación, dureza.

Abstract

Hardness is a problem when it is too low because it is corrosive to pipes, and on the contrary, cations react with carbonates in water to produce chemical precipitates by affecting the amount of detergent needed for cleaning. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effectiveness of phytoremediation of *Eichhornia crassipes* for the removal of hardness in water in the district of Reque through an applied methodology of qualitative approach with quasi-experimental design. The results showed that the initial values of the water were 6.97 pH, temperature of 21.6 °C, electrical conductivity of 00.8 dS/cm and hardness of 404 ppmCaCO₃, while after 9 days of contact with the aquatic plant was found a pH of 7.25, temperature of 22.1 °C, electrical conductivity of 00.7 dS/cm and hardness of 340 ppmCaCO₃, however, compared to 18 days later 7.68 pH, temperature of 23.3 °C, electrical conductivity of 00.8 dS/cm and hardness of 300 ppmCaCO₃ were obtained. Therefore, it is concluded that the treatment achieved a reduction in hardness by 25.7%, however, increased pH and temperature levels, while the electrical conductivity was kept constant.

Keywords: Treatment, water, drinking, bioremediation, hardness.

I. INTRODUCCIÓN

Sabemos que los componentes más importantes son el oxígeno y el agua, para la subsistencia del ser humano, el elemento más abundante de nuestro cuerpo simbolizando del peso corporal un 70%.

El punto focal para promover el cumplimiento del sexto objetivo sostenible es la Autoridad Nacional del Agua, según las metodologías que aplica sobre los indicadores de las cuales se observa los avances del objetivo mencionado. (UNESCO, 2015).

Los primeros países en implementar los índices de calidad de agua con una metodología que califica este recurso fueron Alemania, Estados Unidos, Canadá y España, de esta manera a través de los años al administrar sus características del agua en el mundo, observaron la evolución del recurso hídrico, siendo los países que recién se acoplaron México, Brasil, Colombia, entre otros.

Las conclusiones de los índices referidas al consumo poblacional, ecológica y biológica entre otros; tuvieron diferentes orientaciones y objetivos entre países. El objetivo de los índices de la calidad ambiental son proponer y buscar otras alternativas para de esta manera analizar la calidad de los recursos hídricos. (ANA, 2020).

Las elevadas solidificaciones de agua dura registradas en el agua potable provenientes de factores geológicos por fuentes principales de la tierra y conforme a sus componentes del suelo, el agua tendrá un porcentaje alto o bajo. Los causas de percepción de piedras precipitadas, que lo más frecuente

es la roca caliza, se unen con las aguas duras. (Ahumada Theodoluz & Hidalgo Tapia, 2006).

El presente trabajo de investigación esta principalmente enfocado en la problemática del agua potable que abastecen para el consumo de la población que se encuentra con altas concentraciones de Calcio (Ca) y magnesio (Mg) del distrito de Reque, que está afectando a gran cantidad de personas por el consumo de estas aguas, y se asegura su seguridad, evitar las causas de los elementos de

inseguridad salubre, además resguardar y fomentar la vitalidad y seguridad social de la población.

Tomando en consideración la poca investigación que existe del contenido de la dureza del agua en Perú y la probabilidad de resultados referente a la salud del ser humano y la producción, deriva importante la ejecución de este proyecto de investigación utilizando plantas acuáticas a manera de un procedimiento alternativo para separar este componente del agua.

Correspondiendo a la formulación del problema ¿Fue factible tratar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de las concentraciones de la dureza del agua potable del distrito de Reque? siendo la justificación que se trata de un líquido indispensable y necesario para todas las actividades que desarrollamos en nuestra vida diaria.

Aportando en este proyecto como una idea fundamental para investigaciones posteriores para proporcionar la evaluación de peligros contra la salud inclusive de las averiguaciones que no están aptas.

Para el desarrollo de esta investigación, se tuvo como objetivo general: evaluar la efectividad de fitorremediación del *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de las concentraciones de la dureza del agua potable del distrito de Reque. De la misma forma, como objetivos específicos fueron: identificar los parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque antes de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), identificar los parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque después de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y comparar los niveles de calcio y magnesio del agua potable del distrito de Reque antes y después de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), para definir su efectividad.

II. MARCO TEÓRICO

Las investigaciones sobre fitorremediación con Jacinto de agua han sido ampliamente desarrolladas, así a nivel internacional se evidenció a Robalino (2020) que tuvo como objetivo determinar en la eficiencia de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales en Ecuador, empleando una metodología cuasiexperimental y experimental. Los resultados después de diez días de fitorremediación expusieron que el pH tuvo valor final de 6,97 en P1 y P2, mientras que 6,76 en el P3, en tanto a la conductividad eléctrica tuvo nivel de 250, 350 y 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el P1, P2, P3 respectivamente. De esta manera, se concluye que los parámetros de pH y conductividad eléctrica no presentaron una variabilidad debido a factores externos como el clima como la lluvia.

Barreno et al. (2020) llevó a cabo el objetivo de reducir la dureza del agua de riego proveniente de un río en Ecuador mediante una metodología experimental tanto antes y después del tratamiento. Los resultados indicaron que la dureza tuvo un valor inicial de 218 mg/l (CaCO_3), conductividad eléctrica de 688 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y pH de 8,4 pero después de una semana de tratamiento se observó valores de 227,3 ppm (CaCO_3), 638,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 8,63 respectivamente, en cambio en la quinta semana se obtuvo 377,4 mg/l (CaCO_3) de DT, 1186,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de CE y 8,33 de pH. Se concluye que a menor tiempo es posible disminuir la conductividad eléctrica, mientras que el pH se disminuye y la dureza se eleva significativamente en mayor tiempo.

De Lacerda et al. (2019) en su investigación llevó a cabo el objetivo de evaluar la reducción de la salinidad de las soluciones salinas experimentales a través de la capacidad de absorción de iones de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en Brasil empleando una metodología experimental. Los resultados evidenciaron que la CE inicial era 1,89, dS/m, y pH inicial de 5,3 pero luego de 21 días de tratamiento se logró valores de 2,03 dS/m y 7.2 pH, sin embargo, en el caso de calcio y magnesio se alcanzó una reducción potencial del 54% y 55% respectivamente. En conclusión, la actividad del ión bivalente se redujo mucho más intensamente, mientras que CE y pH aumentaron.

Parwin y Paul (2019) tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de *Eichhornia*

crassipes en el tratamiento de aguas residuales crudas de cocina en India a través de una metodología experimental donde se analizaron diferentes parámetros. En los resultados, se encontró que, durante la caracterización del agua, el valor del pH fue 4,32 por lo que excedía el límite permisible para la calidad del agua de riego, mientras que después del tratamiento de 15 días, el valor de pH aumentó de 4,3 a 6,67 pero la concentración de nitrógeno nitrato y nitrógeno amónico se redujo a 97,79% y 92,03%, respectivamente. Se concluye que el tratamiento permite reutilizar para fines de riego, ya que cumplía con las pautas estándar.

Saha, Shinde y Sarkar (2017) desarrollaron el objetivo de evaluar la fitorremediación con *E. crassipes* para reducir la dureza del agua mediante la eliminación de Ca y Mg en India, para lo cual la metodología se llevó a cabo de manera experimental. Los resultados revelaron que los valores iniciales de calcio y magnesio eran 16 ppm y 46.23 ppm respectivamente, pero después de 15 días disminuyeron a 10 ppm para calcio y 32 para magnesio. De esta manera, la conclusión fue que el Jacinto de agua logra reducir el calcio en un 37.5% y magnesio en 30.78%, por lo tanto, es una herramienta muy eficaz para limpiar las aguas residuales después del tratamiento de biofiltración.

Ravi et al. (2017) tuvo como objetivo evaluar la fitorremediación del calcio, dureza total y pH del agua salina empleando como metodología experimental en India. Los resultados demostraron que la concentración inicial de dureza fue 833.33 ppm (CaCO₃) y pH de 8,5, los cuales disminuyeron a 813.33 ppm (CaCO₃) y 8,2 pH respectivamente después de 6 días. Asimismo, el mayor porcentaje de eliminación de calcio se observó en 2,5 ppt de salinidad (47,7%), seguido de 5 y 7,5 ppt de salinidad (36,04 y 23,13%). Se concluye que el sistema integrado con *E. crassipes* demostró que era eficiente, pues a menor salinidad (2,5 ppt), la eliminación eficiente del calcio se puede obtener en el cuarto día mientras que para mayores salinidades se requiere un período de tiempo más largo.

Carreño (2016) que tuvo como objetivo de diseñar y construir un biosistema de agua en la implementación de procesos y herramientascurtiembre mediante *Eichhornia crassipes* mediante una metodología cuantitativa experimental para la evaluación de cromo y DBO en Colombia. Los resultados demostraron que lo valores iniciales

fueron 40 gr/L y 1200 gr/L para cromo y DBO respectivamente, pero luego de dos días de tratamiento se observó una remoción de cromo de 18% hasta un 60% en 24 días, mientras que en el caso del DBO fue de 66% a 80%. A partir de ello, se concluye que la planta acuática de jacinto de agua es una alternativa eficiente para la eliminación de metales pesados y materia orgánica.

Sampaio y Parolin (2015) tuvo como objetivo probar la eficiencia de la macrofita acuática amazónica *Eichhornia crassipes* como biofiltro para el tratamiento de efluentes de la piscicultura en Brasil mediante una metodología experimental donde se midieron y analizaron las propiedades físicas y químicas del agua después de pasar el sistema de biofiltro, con un tiempo de retención hidráulica de 24 horas. Los resultados evidenciaron que todos los parámetros se redujeron después del paso del biofiltro en un 73.7% para conductividad eléctrica, 15% para pH, 84.5% para turbidez, 86.8% para nitrito, 69% para fósforo total, y 77.8% para dureza. Se concluye que *E. crassipes* es eficaz en la mejora de la calidad de los efluentes de la piscicultura.

Mientras que nacionalmente en el trabajo de estudio de Benavides et al. (2021) tuvo como objetivo determinar la utilización de macrofita como *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales en Pucallpa aplicando dos métodos de investigación experimental y aplicada en estanques de vidrio. Los resultados evidenciaron que el agua presentó inicialmente un pH de 6.64 y una temperatura de 23 °C, sin embargo, luego de 122 días, se consiguió un pH de 7.56 y temperatura de 23.1 °C. Por lo tanto, se concluye que el potencial hidrogeno aumentó, pero la temperatura se mantuvo constante.

Delgado (2020) tuvo como objetivo evaluar el bio-tratamiento de fluidos residuales de una organización empresarial en Arequipa, para ello la metodología se desarrolló experimental con la utilización *Eichhornia crassipes* para la eliminación de cr, as, cd y materia orgánica durante ocho días. En cuanto a los resultados, se demostró que antes del tratamiento el pH fue 5,1 a 24,5°C; y resultó posterior al tratamiento con pH 6,5 a 25,1°C; con una conductividad eléctrica de 585,3 uS/cm, por otro lado, la materia orgánica como DBO de 503 mg/L al principio y 151 mg/L al final; la DQO fue de 600,10 mg/L inicialmente y 225,9 mg/L finalmente, mientras

que la dureza fue 188,43 mg/L y culminó en 182,57 mg/L de CaCO₃.

Lozada (2019) se analizó la eficacia de la *Eichhornia crassipes* en la eliminación del Cd de la conducción de agua subterránea en Cajamarca, mediante una metodología experimental, donde los resultados demostraron que para la mitigación del cadmio a través de las cuatro especies de *Eichhornia crassipes* en las aguas residuales tratadas, al finalizar la investigación se obtuvo en la muestra tres que está basada en 40 vegetales la cual a los 21 días removió 94.64% de cadmio, siendo la más eficaz. Por lo tanto, se concluye que se llegó que esta especie acuática tiene gran eficiencia con el fin de erradicar los minerales pesados.

Llontop (2017) tuvo como objetivo evaluar el tratamiento de aguas residuales del centro poblado El Arenal en ficticios humedales en Jayanca, para lo cual se llevó a cabo una investigación experimental para el análisis de turbidez y DBO. Los resultados demostraron que el pH de origen de los dos 7.95 y decreció a 7.32 y la 7.61, turbidez de 222 se redujo a 94 y el siguiente a 134, DBO de las dos plantas originales fue de 80 y finalizó con 15 y 35, respectivamente, DQO estuvo al principio con 196 y terminó 20.6 en una y en la otra 44.8, de esta manera se concluye que la *Eichhornia crassipes* es más eficaz a comparación de *Nelumbo nucifera*.

Castro (2016) en su estudio destaca como su objetivo determinar la capacidad de jacinto de agua en el tratamiento de aguas residuales de la UNTRM en Chachapoyas mediante una metodología experimental que obtuvo resultados de valores iniciales de temperatura a 20,45 °C y el pH se encontró en 8,73 en cambio, luego del tratamiento por diez días se obtuvo valores de 19,98 °C y 7,20 pH. Por lo tanto, se concluye que el *Eichhornia crassipes* fue capaz de disminuir el porcentaje para la mitigación de parámetros fisicoquímicos hasta situarlos por debajo de los límites máximos permisibles.

A partir de las últimas consideraciones, es necesario puntualizar el marco de referencia conceptual que se detalla a continuación:

(Calenza, 2000) Contaminación de cuerpos de agua, en el entorno marítimo comprende una diversidad de parámetros que contribuyen a la preservación de la homeostasis, el cual es necesario para el desarrollo y la procreación de la fauna

marina. La polución en las aguas altera inmediatamente a la fauna marina, los cuales son: parámetros físicos, químicos y biológicos

(Plantas y Flores, 2017) Plantas macrófitas o acuáticas, plantas hidrofílicas necesita una gigantesca porción de líquido en su lexema para subsistir, se desarrollan en áreas mojadas y del todo anegado, precisan los mismos nutrientes de los vegetales geológicos. El glosario de las plantas y ratificado por el Dr. P. Font determina que las plantas macrófitas subsisten en zonas inundadas por largo tiempo de por vida.

(Poveda O., 2014) Eficiencia de la macrófita flotante *Eichhornia crassipes*, se especifica que *Eichhornia crassipes* fundamentalmente es el descenso de ciertas variables infecciosas existentes en el agua residual, también alude considerar el tanto por ciento en los estudios de la elaboración de la biomasa de la Plantas hidrofílicas. El hito a recordar son el pH, biomasa y temperatura.

(Guillen y Cañazaca, 2020) Agua dura contiene altos niveles de minerales y otros compuestos con cantidades variables, generalmente sales de calcio y magnesio, son los responsables principales de la dureza. (García, 2017) La gran consistencia de la dureza (provisional o fijo), dependiendo de los aniones responsables de la dureza de agua. En cambio, la OMS clasifica el agua según su grado de dureza, con el objetivo de establecer rangos de referencia para el uso y consumo humano del agua.

(Delgadillo et al., 2011) Fitorremediación es un conjunto de tecnologías que se amena en el lugar de centralización de muchas composiciones desde la transformación de bioquímicos hechos por los vegetales y microbios afiliados en sí. La fitorremediación emplea a las plantas para agitar, disminuir, alterar, endurecer, destituir y fijar contaminantes. Se registro gran variedad de especímenes que se usan para una terminación

(Poma y Valderrama, 2014) El *Eichhornia crassipes* (Jacinto Acuático) es una planta macrofita con grandes investigaciones, requerida por sus propiedades filtradoras y posibilitar su desarrollo en climas cálidos y templados. Este género obtiene del agua su compuesto químico que necesita para su transformación,

pertenecientes al N y P, al igual que K, Ca, Mg, Fe, NH₄⁺, NO₂⁻, SO₄²⁻, Cl, PO₄³⁻ y el carbonato.

(Hidalgo, Junod y Sandoval, 2005) Las características del *Eichhornia crassipes* (Jacinto Acuático) tiene un rizoma, lo cual pueden tener microorganismos añadidos a ellas que beneficia a la purificación de las macrófitas. La ejecución se estima que es por medio de configuraciones complejas de los aminoácidos y los metales pesados de la célula, anteriormente las raíces metabolizan los metales pesados. También se dice que los microorganismos que están en la cepa de la planta producen lóbulos solidos que sedimentan por gravitación.

(Poma & Valderrama, 2014) Nombre científico del Jacinto de Agua corresponde a *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms- Laubach y tiene una posición taxonómica dentro de las *Pontederiaceae* del reino Plantae de la división Magnoliophyta.

Tabla 01. Clasificación del *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Commelinales</i>
Familia	<i>Pontederiaceae</i>
Género	<i>Eichhornia</i>
Especie	<i>Eichhornia crassipes</i>

Fuente: Martínez y Iglesias (2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación se realizó de manera cuasi experimental, donde el investigador utilizó las variables de estudio para un mejor monitoreo, y se basó en ejecutar una modificación de variable independiente y así visualizar el efecto en la variable dependiente. Por consiguiente, dicho proyecto experimental estuvo compuesto por el agua potable del distrito de Reque con concentraciones de agua dura (calcio y magnesio) en donde se procederá a hacer un análisis previo y se efectuó la fitorremediación *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) luego se realizó un post análisis.

3.2. Variables y operacionalización

La investigación tuvo 2 variables siendo la variable independiente: Efectividad de fitorremediación con *Eichhornia crassipes* como variable dependiente: Disminuir las concentraciones de la dureza del agua potable. Por lo tanto, la operacionalización de dichas variables fueron detalladas en la matriz que se encuentra en la Tabla 1 en los Anexos. Estas variables responden lo siguiente la variable independiente: Características del *Eichhornia crassipes*(Jacinto de agua), color y tamaño, cada uno con sus propios indicadores. Mientras que la variable dependiente: Análisis físicoquímicos y Remoción de la dureza del agua potable, mediante el método de complexometría (EDTA).

3.3. Población, muestra y muestreo

Como población se consideró El agua potable del distrito de Reque, la cual se encuentra la provincia de Chiclayo.

La muestra fue la cantidad de 30 Litros de Agua potable del distrito de Reque para el respectivo tratamiento.

Muestreo: El lugar donde se obtuvo la muestra del agua potable (Agua Dura) estuvo ubicado en un pueblo llamado Montegrando; está localizado a 15 minutos del Distrito de Reque. El dueño de la vivienda conocido como Sr. Pedro Cornejo ha

proporcionado la recolección de su agua en donde utilizan para uso doméstico y regadío, las aguas que fueron recolectadas se llevaron al laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, para realizar los análisis de los parámetros Físico-Químicos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El método utilizado en este trabajo de investigación fue la observación real para visualizar los cambios de (agua potable) experimentados por la muestra y comprender su validez a través del análisis comparativo del proceso de tratamiento de fitorremediación en donde se emplearon los EPP adecuados (guantes, cofia, mascarillas, guardapolvo y recipientes debidamente esterilizados) para la recolección.

Las muestras de las tres especies acuáticas se depositaron en un neceser térmico con hielo para su ozonización para luego ser limpiadas con agua destilada, posteriormente se llevará para su análisis respectivo al laboratorio.

La técnica de laboratorio una vez llevada y depositada la muestra para el análisis en el laboratorio, adecuado e implementado para su debido análisis, se realizó hacer el análisis por el método de complexometría (EDTA), para determinar la cantidad de la dureza del agua del agua potable y seguidamente después de los 9 días hábiles se procederá a realizar el tratamiento con la especie acuática *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), igualmente se tomó las muestras correspondientes después de otros 9 días, con la finalidad de determinar la efectividad de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua).

3.5. Procedimientos

Identificación de la zona. - En este periodo se realizó, la localización del área de recolección del agua potable de Distrito de Reque para el reconocimiento de la zona de donde se obtuvo el agua potable para luego emplear el sistema que se trabajará utilizando un aplicativo de GPS para obtener las coordenadas de UTM siendo la Latitud -809, una Altitud de 42m. Por consiguiente, la locación del área del D-1400/Km 22+798 para obtener las especies acuáticas *Eichhornia crassipes*

se obtuvo las coordenadas de UTM teniendo una Latitud -662 y una Altitud 29m.

Selección de muestra. - El punto de muestreo fue el distrito de Reque, para lo cual se siguió el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016- ANA), durante la toma de muestra se tendrá que emplear la vestimenta y EPP adecuados.

Toma de muestra. – La muestra del agua potable seguidamente fueron almacenadas en recipiente de plástico (PET) con una cantidad de 30 litros, para luego ser llevadas al laboratorio respectivo para su análisis de agua inicial. En un neceser térmico con hielo se colocó la especie acuática para que sea llevada y analizada; y poder determinar la concentración de la dureza del agua potable presente en el distrito de Reque.

Selección del *Eichhornia crassipes* - Se recolectó 3 ejemplares de Jacinto de agua del D-1400/Km 22+798, cuyo peso da unos 300gr, la elección se basó en sus singularidades físicas, el color verdusco y el volumen que tenga cada planta. La *Eichhornia crassipes* pasó por una rígida limpieza con agua destilada para ser trasladadas a un depósito que contenga agua corriente manteniéndola en pausa día y noche (24 horas), para más tarde ser colocadas en otro depósito que contenga el agua potable del Distrito de Reque para aplicar el pertinente tratamiento.

Tratamiento con la especie. - El *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) fue aplicable en el recipiente PET de 30 litros de cavidad, este depósito contiene la dureza del agua potable y así determinare cuánto nivel de Calcio y Magnesio (agua dura) ha removido.

Monitoreo final. – Se tomaron pequeñas muestras a lo largo de la investigación para que sean examinadas e ir controlando la densidad de la dureza del agua potable exhibas en las aguas a tratarse, e ir valorando la efectividad de la planta acuática de esta manera observar si decrece la densidad de la dureza del agua a lo largo del tiempo.

La primera toma de análisis fue a los 9 días de aplicarse el *Eichhornia crassipes* y

la última fue después de otros 9 días de la primera muestra para cuantificar la disminución del nivel de Calcio y Magnesio (agua dura).

Comparación de análisis. - Seguidamente de recaudar todas las evidencias del proyecto de investigación se realizó un análisis comparativo de todos los resultados anteriores realizados en el laboratorio; antes, durante y después de insertar la planta acuática *Eichhornia crassipes*, y de esta manera determinar su efectividad en la dureza del agua potable inicial presente en el distrito de Reque.

3.6. Método de análisis de datos

Durante la ejecución del presente proyecto de investigación las muestras fueron medidas por los parámetros de (Ph, T°, Conductividad eléctrica; Dureza) dentro del laboratorio. La elaboración de las evidencias obtenidas mediante Imágenes JPG Y Videos MP4, fueron descritas en una adecuada libreta de información para próximamente ser plasmados en gráficos y tablas utilizando Microsoft Word, para obtener óptimos resultados.

3.7. Aspectos éticos

Durante el trayecto de carrera profesional se tuvo la necesidad de afrontar varias normas y leyes las cuales han sido establecidas por la sociedad que nos rodea. Los resultados que fueron obtenidos de esta investigación fueron verídicos y acreditables porque se realizara y analizarán en el área correspondiente especializada, donde fueron completamente honestos, así también como la información recolectada fue citada del investigador respectivo respetando sus derechos de autor.

Por otro aspecto la información contenida en esta investigación estuvo enfocado principalmente en la remoción de la dureza de agua potable, puesto que es un recurso natural de vital importancia; haciendo uso de una especie vegetal, a misma que no requiere de más costo económico.

IV. RESULTADOS

A continuación, se muestran gráficos sobre los resultados obtenidos en el agua potable antes de aplicar la fitorremediación, cuyo primer objetivo específico:

Identificar los parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque antes de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).

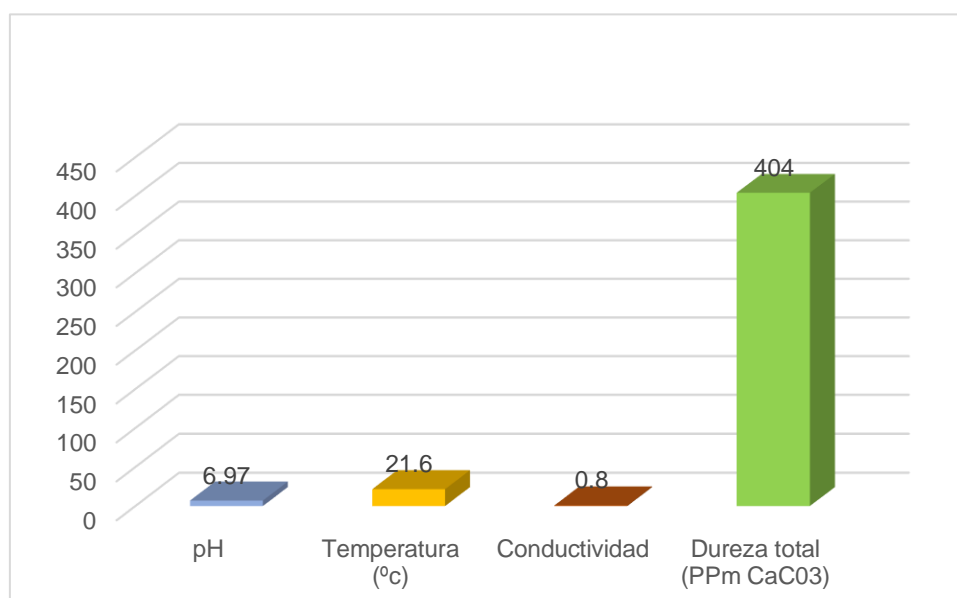


Figura 01. Parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque antes de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes*.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 01 se muestra el agua sin ninguna intervención de fitorremediación con *Eichhornia crassipes*, donde el pH encontrado fue igual a 6,97, la temperatura conseguida fue de 21, 6° centígrados, y la conductividad eléctrica tomó un valor igual a 0,8 dS/cm. Cabe mencionar que estos parámetros pueden ser mejorados a fin de ver una efectividad, para ello, debe intervenir al agua con la planta en estudio. Por su parte la dureza total alcanzó un valor igual a 404 ppm CaCO₃.

Se muestran gráficos sobre los resultados obtenidos en el agua potable en un después de 9 días y posteriormente después de otros 9 días, cuyo segundo objetivo específico: Identificar los parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque después de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).

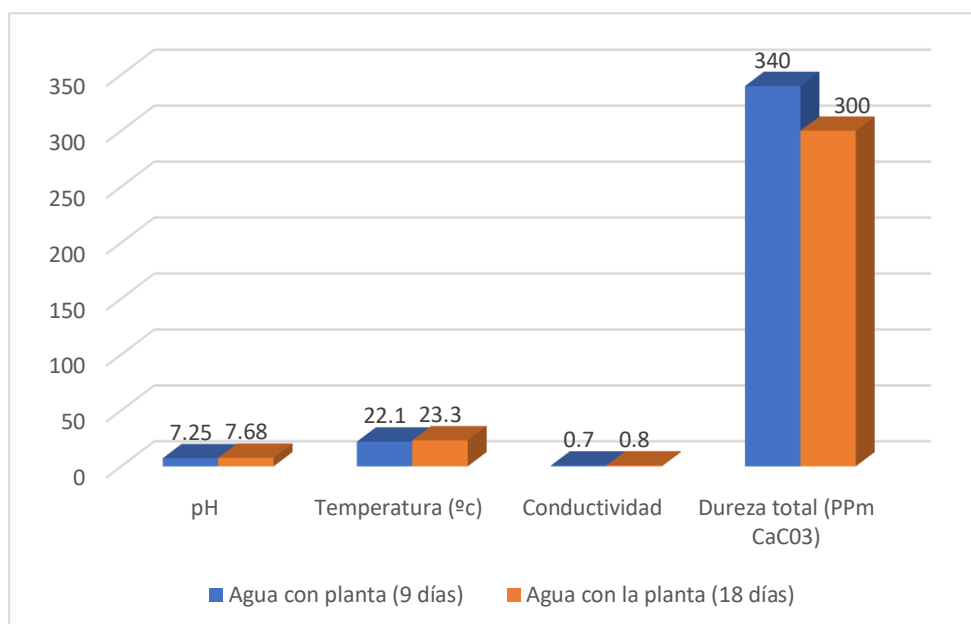


Figura 02. Parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque después de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes*.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 02, se observa los parámetros físico químicos del agua potable, donde después de 9 días se aplicó la fitorremediación con *Eichhornia crassipes*, donde se obtuvo un pH igual a 7,25, la temperatura fue de 22, 1° centígrados y la conductividad eléctrica igual a 00,7 dS/cm. Se volvió aplicar la fitorremediación dentro de 18 días obteniéndose un pH igual 7,68, la temperatura alcanzó los 23, 3° centígrados, mientras que la conductividad eléctrica tomó un valor de 00,8 dS/cm. La dureza total, a los 9 días arrojó un valor igual a 340 ppm CaC03, mientras que a los 18 días se obtuvo 300 ppm CaC03. Comparados con los valores encontrados antes de la fitorremediación, se nota un leve incremento.

Se muestran gráficos sobre los resultados obtenidos de la comparativa de las concentraciones de calcio y magnesio en un antes, durante y después de la fitorremediación con la planta acuática, cuyo tercer objetivo específico:

Comparar los niveles de calcio y magnesio del agua potable del distrito de Reque antes y después de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).

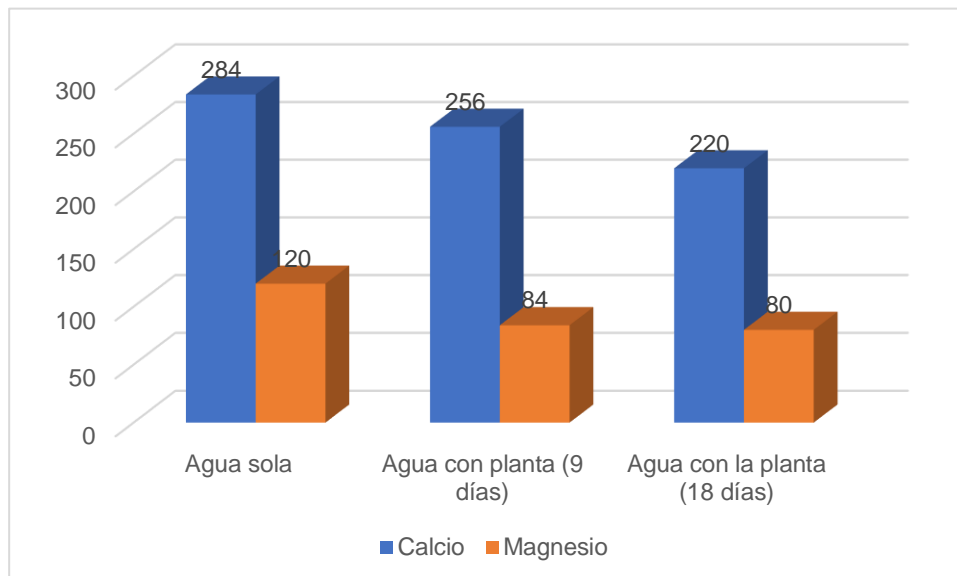


Figura 03. Niveles de calcio y magnesio del agua potable del distrito de Reque antes y después de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 03 se muestra los niveles de calcio y magnesio antes y después de la fitorremediación, para ello se describe que, en un primer momento sin intervención, el calcio obtuvo un valor igual a 284 ppm CaCO₃, luego pasado 9 días se aplicó la fitorremediación obteniéndose un valor de calcio de 256 ppm CaCO₃, mientras que luego de 18 días con intervención de la planta tuvo un valor de 220 ppm CaCO₃. En cuanto al magnesio, sin intervención se obtuvo un valor de 120 ppm CaCO₃, con intervención a los 9 días el magnesio fue 84 ppm CaCO₃, mientras que luego de intervención a los 18 días fue de 80 ppm CaCO₃. Tanto en calcio, como en magnesio se obtuvo un leve descenso de valores.

Contraste de hipótesis

Tabla 02. *Parámetros físicos químicos del agua potable del distrito de Reque antes y después de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua).*

Parámetros físicos químicos	pH	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica	Calcio	Magnesio	Dureza total (ppm CaCO ₃)
Agua sola	6.97	21.6	0.8	284	120	404
Agua con planta (9 días)	7.25	22.1	0.7	256	84	340
Agua con la planta (18 días)	7.68	23.3	0.8	220	80	300

Nota. Indicadores de parámetros físico químicos.

En la tabla 02 se muestran los parámetros físico químicos del agua potable, donde se evidenció incremento del pH, mismo comportamiento tiene la temperatura. Por otro lado, la conductividad no muestra comportamiento normal, a diferencia del calcio y magnesio que tienen comportamiento descendente, lo mismo se percibió en la dureza total expresado en PPM CaCO₃. Se indaga que luego de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), hubo mejoras en los parámetros, por ello, esta planta es esencial para mejorar el estado del agua potable

V. DISCUSIÓN

La fitorremediación es un grupo de tecnologías que se usan para erradicar la contaminación presente en el agua, emplea a las plantas para agitar, disminuir, alterar, endurecer, destituir y fijar contaminantes (Delgadillo et al., 2011). En el presente estudio se discute los resultados obtenidos con otras investigaciones realizadas anteriormente.

En el primer objetivo sobre la identificación de los parámetros fisicoquímicos del agua potable del distrito de Reque antes de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), el pH encontrado fue igual a 6.97 lo cual fue similar en la investigación de Benavides et al. (2021), donde se obtuvo inicialmente un pH de 6.64, asimismo se descubrieron valores menores como 4.32 pH en Parwin y Paul (2019), 5.1 pH en Delgado (2020) y 5.3 pH en De Lacerda et al. (2019) pero por el contrario los valores mayores fueron de 7.95 pH en Llontop (2017), 8.4 pH en Barreno et al. (2020), 8.5 pH en Ravi et al. (2017) y 8,73 pH en Castro (2016).

Respecto a la temperatura se consiguió 21, 6 ° C en la presente investigación que resultó similar a la experimentación de Castro (2016) que obtuvo 20,45 °C, y valores levemente superiores se observaron en Benavides et al. (2021) con 23 °C y en Delgado (2020) con 24,5 °C. Mientras que la conductividad eléctrica tomó un valor igual a 00,8 dS/cm inicialmente, lo cual es menor a comparación de 1890 µS/cm en De Lacerda et al. (2019) y 688 µS/cm en Barreno et al. (2020). Además, en relación con la dureza total se alcanzó un valor igual a 404 ppm CaCO₃, que resultó mayor a comparación con el trabajo de Barreno et al. (2020), donde la dureza tuvo un valor inicial de 218 mg/l (CaCO₃), pero fue menor según Ravi et al. (2017) que tuvo 833.33 ppm (CaCO₃).

En el segundo objetivo sobre la identificación los parámetros físico químicos del agua potable del distrito de Reque después de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), se observa que los parámetros físico químicos del agua potable después de 9 días de la aplicación la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* obtuvo un pH igual a 7.25, la temperatura fue de 22, 1 °C y la conductividad igual a 00,7 µS/cm.

Se volvió aplicar la fitorremediación dentro de 18 días obteniéndose un pH igual 7,68, la temperatura alcanzó los 23, 3° C, mientras que la conductividad tomó un valor de 00,8 dS/cm. La dureza total, a los 9 días arrojó un valor igual a 340 ppm CaCO₃, mientras que a los 18 días se obtuvo 300 ppm CaCO₃.

Estos resultados son comparables a investigaciones con menos tiempo de biorremediación, así por ejemplo, luego de tan solo 24 horas se observó una reducción de 73.7% para conductividad eléctrica, 15% para pH y 77.8% para dureza (Sampaio y Parolin, 2015). En cambio, después de seis días, la dureza disminuyó a 813.33 ppm (CaCO₃) y el pH a 8,2 (Ravi et al., 2017), mientras que a partir de siete días la conductividad eléctrica fue 638,33 µS/cm, la dureza de 227,3 ppm (CaCO₃) y 8,63 de pH (Barreno et al., 2020), asimismo posteriormente a ocho días resultó un pH 6,5 a 25,1°C con una conductividad eléctrica de 585,3 µS/cm y dureza de 182,57 ppm (CaCO₃) (Delgado, 2020).

Por otro lado, un tiempo de diez de tratamiento encontró que el pH tuvo valor de 6,97 en P1 y P2, mientras que 6,76 en el P3, y la conductividad eléctrica de 250, 350 y 300 µS/cm en el P1, P2, P3 respectivamente (Robalino, 2020), de igual manera, otro estudio percibió valores de 19,98 °C y 7,20 pH (Castro, 2016). Sin embargo, en un total de 15 días, se obtuvo un pH a 6,67 (Parwin y Paul, 2019) y luego de 21 días se logró 2,03 dS/m y 7.2 pH (De Lacerda et al., 2019). Inclusive en 35 días se obtuvo 377,4 mg/l (CaCO₃), 1186,33 µS/cm de CE y 8,33 de pH (Barreno et al., 2020), mientras que en 122 días, se consiguió un pH de 7.56 y temperatura de 23.1 °C (Benavides et al., 2021).

En el tercer objetivo sobre la comparación de los niveles de calcio y magnesio del agua potable del distrito de Reque antes y después de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), se muestra que, en un primer momento sin intervención, el calcio obtuvo un valor igual a 284 ppm CaCO₃, luego pasado 9 días se aplicó la fitorremediación obteniéndose un valor de calcio de 256 ppm CaCO₃, mientras que luego de 18 días con intervención de la planta tuvo un valor de 220 ppm CaCO₃.

En cuanto al magnesio, sin intervención se obtuvo un valor de 120 ppm CaCO₃, con

intervención a los 9 días el magnesio fue 84 ppm CaCO₃, mientras que luego de intervención a los 18 días fue de 80 ppm CaCO₃. Tanto en calcio, como en magnesio se obtuvo un leve descenso de valores.

Comparando con el estudio de Saha, Shinde y Sarkar (2017) donde los valores iniciales de calcio de 16 ppm y magnesio de 46.23 ppm, pero de después de 15 días disminuyeron a 10 ppm para calcio y 32 ppm para magnesio, por lo que la reducción se logró en 37.5% y 30.78% respectivamente. Asimismo en De Lacerda et al. (2019) luego de 21 días de tratamiento se observó que el calcio y magnesio alcanzó una reducción potencial del 54% y 55% respectivamente. Sin embargo, en menor tiempo de tratamiento, como a 6 días se obtuvo un porcentaje de eliminación de calcio en 47,7% para 2,5 ppt de salinidad y 36,04 con 23,13% para 5 y 7,5 ppt de salinidad.

El medio acuático contaminado perturba la totalidad de los ecosistemas acuáticos que internamente alteran la vida de animales, plantas y microorganismos, por lo tanto, la fitorremediación influye de manera positiva en el tratamiento de las aguas contaminadas, puesto que reduce niveles de calcio y magnesio del agua. Además, los parámetros físicos químicos del agua potable, se demostró incremento del pH, mismo comportamiento tiene la temperatura. Por otro lado, la conductividad no muestra comportamiento normal, a diferencia del calcio y magnesio que tienen comportamiento descendente, lo mismo se percibió en la dureza total expresado en ppm CaCO₃.

Por lo tanto, la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* es esencial para mejorar el estado del agua potable. Por ende, los resultados obtenidos se asemeja a los resultados obtenidos por Carreño (2016) donde da a conocer que *Eichhornia crassipes* es una especie que sirve para reducir la carga orgánica en el agua. Así mismo, Poveda (2014) indica que *Eichhornia crassipes* es esencialmente es el descenso de ciertas variables infecciosas existentes en el agua residual. Desde el punto de vista y de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, la especie *Eichhornia crassipes* es una planta de gran importancia en la humanidad ya que permite reducir la contaminación presente en las aguas.

VI. CONCLUSIONES

1. Los análisis de las características fisicoquímicas del agua sin fitorremediación con *Eichhornia crassipes* evidenció niveles de pH como 6,97, asimismo la temperatura conseguida fue 21,6 °C, mientras que la conductividad eléctrica fue 00,8 dS/cm, por otro lado, la dureza total alcanzó un valor igual a 404 ppm CaCO₃, de esta manera todos los parámetros se encuentran elevados en comparación con los límites máximos permisibles de la normativa peruana.
2. Los parámetros fisicoquímicos del agua después de 9 días de haber aplicado la fitorremediación con *Eichhornia crassipes*, se obtuvo un pH igual a 7,25, la temperatura fue de 22,1 °C y la conductividad igual a 00,7 dS/cm; así mismo la dureza arrojó un valor igual a 340 ppm CaCO₃. La fitorremediación aplicado al agua dentro de 18 días se obtuvo un pH igual 7,68, la temperatura alcanzó los 23,3 °C, mientras que la conductividad tomó un valor de 00,8 dS/cm; igualmente la dureza fue 300 ppm CaCO₃.
3. Los niveles de calcio y magnesio antes y después de la fitorremediación, para ello se refiere que, sin intervención de la fitorremediación, el calcio obtuvo un valor igual a 284 ppm CaCO₃, luego pasado 9 días se aplicó la fitorremediación se logra un valor de calcio de 256 ppm CaCO₃, mientras que para los 18 días con intervención de la planta tuvo un valor de 220 ppm CaCO₃. En cuanto al magnesio, sin la fitorremediación el valor fue 120 ppm CaCO₃, con intervención a los 9 días el magnesio fue 84 ppm CaCO₃ y para los 18 días fue 80 ppm CaCO₃.
4. Se evidenció incremento del pH, mismo comportamiento tiene la temperatura, con respecto con la conductividad no muestra comportamiento normal, a diferencia del calcio y magnesio que tienen comportamiento descendente, lo mismo se percibió en la dureza total expresado en ppm CaCO₃. Por lo tanto, la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) representa mejoras en los parámetros, por ello, esta planta es fundamental para mejorar el estado del agua.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar la efectividad de fitorremediación del *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en relación con sus impactos en los organismos acuáticos en mayor escala con la finalidad de replicarse en campo para mejorar la calidad ambiental de un recurso de agua, como ríos y lagos, en condiciones naturales.
2. Se recomienda llevar a cabo investigaciones de diversos parámetros fisicoquímicos del agua potable del distrito de Reque antes de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) como la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno del agua debido a que la fuente hídrica que suministra en la potabilización puede estar afectado por contaminación de aguas residuales.
3. Se recomienda desarrollar estudios de diversos parámetros fisicoquímicos del agua potable del distrito de Reque después de aplicar la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) como un procedimiento adicional en un sistema de potabilización de agua para mejorar la salubridad y disminuir las enfermedades por las deficiencias en el saneamiento.
4. Se recomienda promover la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para eliminar contaminantes peligrosos como metales pesados, pesticidas y colorantes con la finalidad de proponer nuevas aplicaciones de esta macrófita a nivel industrial y ambiental.

REFERENCIAS

AHUMADA Theodoluz, G., & Hidalgo Tapia, F. (2006). Dureza en el agua de consumo humano y uso industrial, Impactos y medidas de mitigación estudio de caso: Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile, disponible en: [Dureza en Aguas de Consumo Humano y uso Industrial, Impactos y medidas de Mitigación. Estudio de caso: Chile \(uchile.cl\)](#)

ANA, A. N. (2020). Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales. Perú: Resolución Jefatural, disponible en: [Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales \(ICARHS\) \(ana.gob.pe\)](#)

BARRENO AVILA, E., CORDOVA, M., VARGAS, J. y VALDIVIEZO, M., 2020. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) and water duckweed. (Lemna Spp.) to reduce the hardness of irrigation water. S.l.: s.n, disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1136/2749>

BENAVIDES, K.L.Q., BAYLÓN, N.K.G., AVALOS, H.D. y PANDURO, H.G.D., 2021. Utilización de *Eichhornia crassipes* y Lemna minor en la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la ciudad de Pucallpa, Perú. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, vol. 5, no. 2, pp. 2367-2384. ISSN 2707-2215. DOI 10.37811/cl_rcm.v5i2.452, disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/491>

CALENZA, J. (2000). Industrial Waster Treatment Process Engineering guide: Biological Processes. Techhning, disponible en: https://www.perlego.com/book/1563746/biological-wastewater-treatment-pdf?utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=EAlaIQobChMIj-7qke2y9AIVgpSGCh0bfQZHEAAYAiAAEgLrK_D_BwE

CARREÑO, U. (2016). Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. Rev. Colomb. Biotecnol., 2, disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/52271>

CASTRO, E. C. (2016). Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chalatenco. Chachapoyas, Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, disponible en: [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DE L%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DE%20L%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

DE LACERDA, L.P., LANGE, L.C., COSTA FRANÇA, M.G. y DINIZ LEÃO, M.M., 2019. Growth and differential salinity reduction between *Portulaca oleracea* and *Eichhornia crassipes* in experimental hydroponic units. *Environmental Technology*, vol. 40, no. 17, pp. 2267-2275. ISSN 0959-3330. DOI 10.1080/09593330.2018.1439536, disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29424282/>

DELGADILLO López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto García, F., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 597 - 598, disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93918231023.pdf>

DELGADO ONOFRE, G.F., 2020. Evaluación del bio-tratamiento de fluidos residuales de la empresa Laboratorio Portugal S.R.L mediante la “*Eichhornia Crassipes*” (buchón de agua) para la remoción de elementos ecotóxicos (cromo, arsénico y cadmio) y materia orgánica. En: Accepted: 2021-04-10T21:45:07Z, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa [en línea], [Consulta: 22 noviembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12083>

Española, R. A. (27 de abril de 2020). Real Academia Española. Recuperado el 27 de abril de 2020, de Real Academia Española, disponible en: <https://www.rae.es/la-institucion/historia>

GARCÍA Hervias, R. A. (2017). Optimización de la densidad de la *Eichhornia crassipes* “jacinto de agua” para remoción de fósforo, Ancash-2017. Chimbote: Universidad San Pedro, disponible en:

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12477>

GUILLEN Choque, M. R., & Cañazaca Mamani, M. Y. (2020). Remoción de dureza del agua mediante resinas catiónicas para el uso industrial y consumo humano. Una revisión. Juliaca: Universidad Peruana Unión, disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3322>

HIDALGO, J. C., Junod Montano, J., & Sandoval Estrada, M. (2005). Theoria. En J, disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/299/29900103.pdf>

HIDALGO, J. C. Junod Montano, & M. Sandoval Estrada, Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. (págs. vol. 14, núm. 1, 2005, pp. 17-25). Chillán, Chile: Universidad del Bío Bío, disponible en: <https://biblioteca.cehum.org/handle/123456789/405>

LAGOS Mella, C. A. (2015). Utilización del jacinto acuático *Eichhornia crassipes* ((Mart) Solms 1883) como sistema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y color en efluente de celulosa kraft. Chile: Universidad Católica de la Santísima Concepción, disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047267001.pdf>

LLONTOP Braco, C. A. (2017). Plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* y *Nelumbo nucifera* para minimizar la contaminación de aguas residuales. Jayanca - Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32292?locale-attribute=es>

LOZADA Bances, L. A. (2020). Fito depuración de aguas residuales del Dren 4000 utilizando variedades de plantas acuáticas como *Eichhornia crassipes* y *Typha latifolia*, Santa Rosa. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejos, disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50684>

LOZADA Muñoz, E. Y. (2019). Eficiencia de cuatro biomasas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca. Cajamarca: Universidad Cesar Vallejo, disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35906>

MARTELO.J, & Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. Ingeniería y Ciencia, ing. cienc. ISSN 1794–9165, 8, pp. 221–243, disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>

MARTINEZ Mendoza, N. K., & Iglesias Paredes, A. (2020). *Thypha latifolia* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de efluentes industriales. Trujillo: Universidad Privada del Norte, disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23954>

PAREDES Salazar, J. L. (2015). Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando (*Eichhornia crassipes*) Jacinto de agua. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/927>

PARWIN, R. y PAUL, K.K., 2019. Efficiency of *Eichhornia crassipes* in the treatment of raw kitchen wastewater. SN Applied Sciences, vol. 1, no. 4, pp. 381. ISSN 2523-3971, disponible en: https://www.knowledge-share.eu/en/patent/ozonation-of-wastewaters-with-high-ammonia-loads/?gclid=EAlaIqobChMI4cOZnPiy9AIVFXeGCh0vWg2tEAAAYASAAEgLwTPD_BwE

Plantas y Flores. (11 de Setiembre de 2017). Plantas y Flores. Recuperado el 25 de abril de 2021, disponible en: <https://www.floresyplantas.net/plantas-macrofitas/>

POMA, V., & Valderrama, A. (2014). Estudio de parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003

Poveda O., R. (2014). Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/8455>

RAVI, O., BHARTI, V., ALAGARSAMY, V., SHUKLA, S., HARIKRISHNA, V., YESUDAS, G. y ARAVIND, R., 2017. Efficacy of an integrated system incorporated with *Eichhornia crassipes* in phytoremediation of calcium from inland saline water. Nature Environment and Pollution Technology, vol. 16, pp. 687-694, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321002510_Efficacy_of_an_integrated_system_incorporated_with_Eichhornia_crassipes_in_phytoremediation_of_calcium_from_inland_saline_water

ROBALINO CAMACHO, D.M., 2020. Fitorremediación usando *Eichhornia crassipes* (JACINTO DE AGUA), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma - Bolívar. En: Accepted: 2020-07-31T03:03:09Z [en línea], [Consulta: 23 noviembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48742>

SAHA, P., SHINDE, O. y SARKAR, S., 2017. Phytoremediation of industrial mines wastewater using water hyacinth. International Journal of Phytoremediation, vol. 19, no. 1, pp. 87-96. ISSN 1522-6514. DOI 10.1080/15226514.2016.1216078, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/306434495_Phytoremediation_of_industrial_mines_wastewater_using_Water_hyacinth

SAMPAIO, P. y PAROLIN, P., 2014. Biofilter efficiency of *Eichhornia crassipes* in wastewater treatment of fish farming in Amazonia. Phytion, vol. 83, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277341742_Biofilter_efficiency_of_Eichhornia_crassipes_in_wastewater_treatment_of_fish_farming_in_Amazonia

UNESCO. (2015). Iniciativa Internacional sobre la Calidad del Agua. UNESCO: UNESCO, disponible en: <https://es.unesco.org/news/gestion-del-agua-elemento-clave-afrentar-cambio-climatico>

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Efectividad de fitorremediación del <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua) .	La fitorremediación se basa en la cabida de algunas plantas para abstraer, almacenar, metabolizar, equilibrar contaminantes existentes en el suelo, aire, agua o sedimentos. (Delgadillo, González, Prieto, Villagómez, & Acevedo, 2011)	Para determinar la efectividad de la macrofita flotante <i>Eichhornia crassipes</i> , fue vertida en un envase de PET de 30 litros el cual contiene la dureza del agua potable a fin de divisar la purificación planta en el agua y precisar cuántode nivel de calcio y magnesio (agua dura) ha removido.	Características del <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua), color y tamaño.	- Color de lashojas, son ovaladas y gruesas de un color verde brillante. - Crecimientode la especie, considerando la T° y cantidad de agua.	-Razón

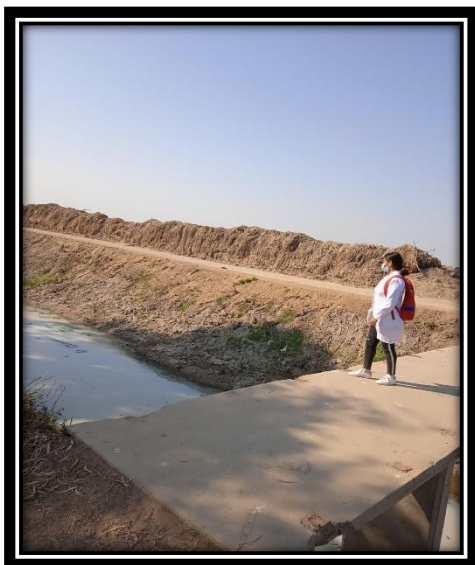
<p>VD: Remoción de las concentraciones de la dureza del agua potable.</p>	<p>Realizar una reducción, 'convertir en la mínima magnitud o utilidad', 'reducir o recortar un tanto'. (Española, 2020)</p>	<p>Se obtendrá pruebas en el transcurso del estudio para analizarlas y supervisarlas según la densidad de la dureza del agua potable presentes, e ir determinandola efectividad de <i>Eichhornia crassipes</i>, de esta manera observar la baja concentración en el transcurso del tiempo.</p>	<p>Análisis físicos químicos</p>	<p>-pH -T° Conductividad Dureza total</p>	<p>- Nominal ·</p>
<p>Remoción de la dureza del agua potable, mediante el método de complexometría (EDTA).</p>					
<p>-mg/L de la dureza inicial y final con Jacinto de agua, para determinar la efectividad del <i>Eichhornia crassipes</i>(Jacinto de agua).</p>					

Fuente: Elaboración propia

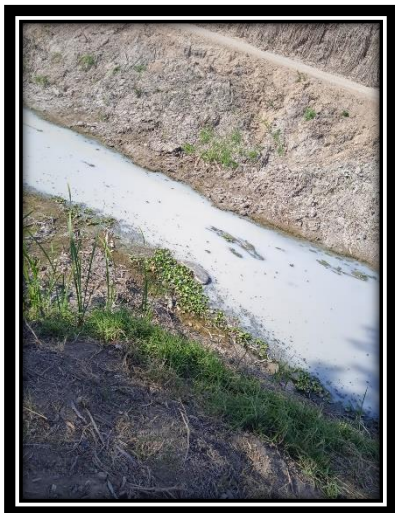
ANEXO 02. Recolección de muestra de agua potable de Montegrando, Reque-Chiclayo 2021.



ANEXO 03. Primera recolección de la planta acuática *Eichhornia crassipes* en el Dren 1400 Km 24+798 carretera Lambayeque. Para la intervención de los análisis dentro de los 9 días.



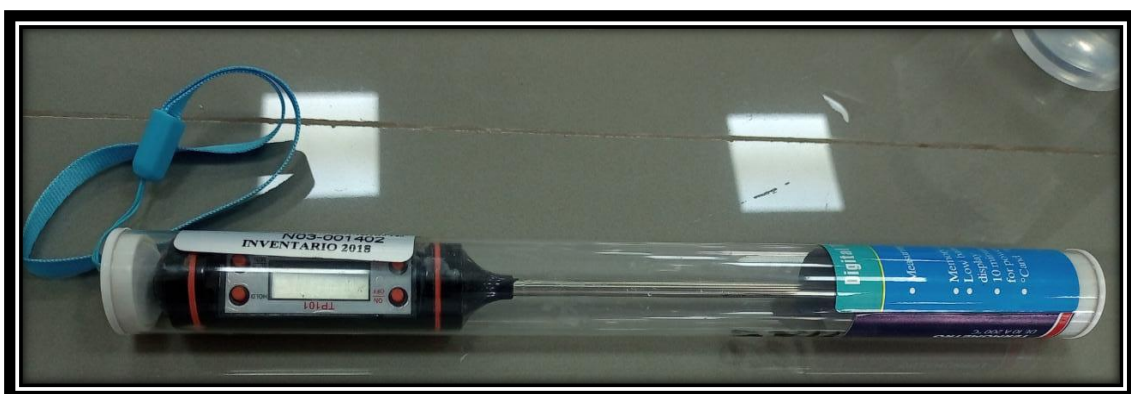
ANEXO 04. Segunda recolección de la planta acuática *Eichhornia crassipes* en el Dren 1400 Km 24+798 carretera Lambayeque. Para la intervención de los análisis posteriores a otros 9 días.



ANEXO 05. Limpieza de la *Eichhornia crassipes* con agua destilada.



ANEXO 06. Análisis del Agua potable en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo



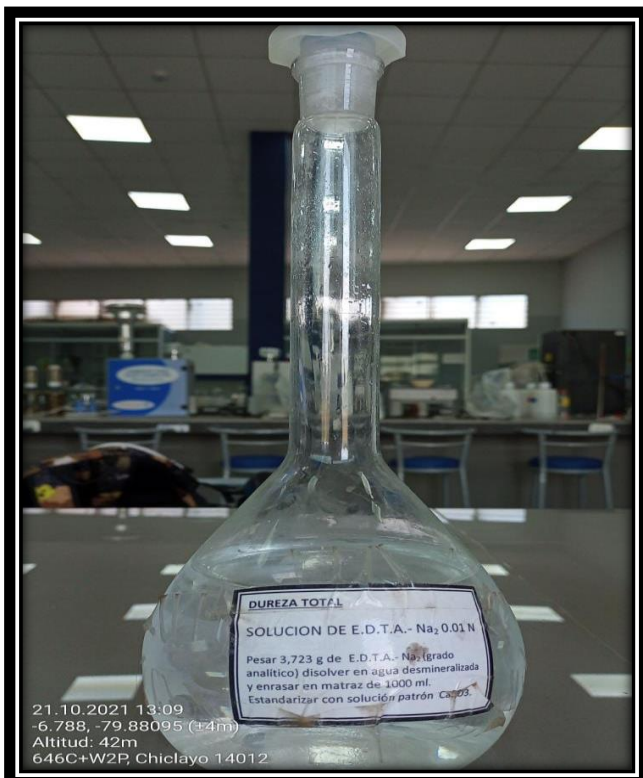
ANEXO 07. Análisis del Agua con la planta *Eichhornia crassipes* en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo



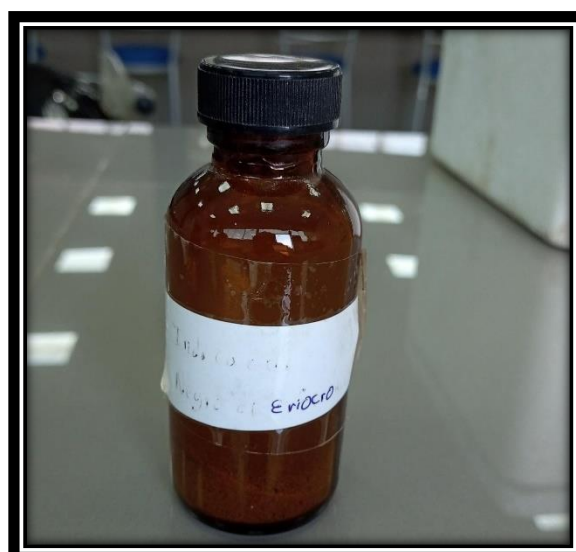
ANEXO 08. Peso de la *Eichhornia crassipes*



ANEXO 09. Mecanismo de funcionamiento de los indicadores para la determinación de la dureza en las concentraciones de Ca y Mg de las aguas potables de Montegrande, Reque-Chiclayo 2021



Solucion EDTA para determinar la Dureza en el agua



Negro de Ericromo

Amoniaco (NH₃)



Murexida



Indicadores Fisicoquímicos por el método de Complexometría

