

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



Remoción de plomo y estabilización del pH en el Rio Santa-Ticapampa utilizando lenteja (Lemna minor) y jacinto de agua (Eichhornia crassipes).

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Sosa Dioses, Christian Eduardo

Asesor:

Urrutia Vargas, Segundo

Código ORCID: 0000-0003-4415-0484

Chimbote – Perú
2022

PALABRAS CLAVE:

Tema	Tratamiento del Agua
Especialidad	Hidraulica

KEY WORDS:

Topic	Water treatmen
Specialty	Hydraulics

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea de investigación	Hidráulica
Área	Ingeniería y Tecnología
Subárea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería de la Construcción

TITULO

Remoción de plomo y estabilización del pH en el Rio Santa-Ticapampa utilizando lenteja (*Lemna minor*) y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo: determinar la remoción de plomo y la estabilización del pH en el río Santa (Ticapampa), utilizando la Lenteja y el Jacinto de agua. La muestra fue parte del río Santa ubicado en la ciudad de Ticapampa extrayéndose agua para el estudio (se realizó 2 dosificaciones). El estudio fue de tipo experimental de nivel cualitativo-cuantitativo. Para los resultados se utilizó la técnica de la remoción mediante el sistema de fitorremediación y para medir el porcentaje de absorción del plomo se llevó las muestras de agua al laboratorio de Colecibi.

Los resultados obtenidos fueron un alto nivel de plomo por encima de los LMP (0.12575 mg/l) en el ensayo de barrido de metales y un nivel pH de (2.95). en el análisis físico-químico de las aguas indica que el S.T.D, cloruros y conductividad están dentro de los LMP según MINAM mientras que el nivel de pH está por encima de los parámetros, siendo un agua ácida (3.30) y un alto contenido de plomo (0.115 mg/l). De igual manera la mayor remoción de plomo fue a los 14 días con una dosificación de 100 gr/L de lenteja de agua y 14 plantas de jacinto de agua, obteniéndose reducción del plomo hasta 0.042 mg/l que inicialmente tenía (0.115 mg/l) removiendo el 63.48% del agua contaminada.

Palabras Clave: Lemna minor, Eichhornia crassipes, Fitorremediación, absorción, agua superficial.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine lead removal and pH stabilization in the Santa River (Ticapampa), using Lentil and Hyacinth water. The sample was part of the Santa River located in the city of Ticapampa and water was extracted for the study (2 dosages were made). The study was of a qualitative-quantitative experimental type. The results were obtained using the phytoremediation removal technique and the water samples were taken to the Colecibi laboratory to measure the percentage of lead absorption.

The results obtained were a high level of lead above the LMP (0.12575 mg/l) in the metal sweep test and a pH level of (2.95). The physical-chemical analysis of the water indicates that the S.T.D., chlorides and conductivity are within the LMP according to MINAM, while the pH level is above the parameters, being acidic water (3.30) and a high lead content (0.115 mg/l). Similarly, the highest lead removal was after 14 days with a dosage of 100 gr/L of duckweed and 14 water hyacinth plants, obtaining lead reduction up to 0.042 mg/l that initially had (0.115 mg/l), removing 63.48% of the contaminated water.

Keywords: Lemna minor, Eichhornia crassipes, Phytoremediation, absorption, surface water.

INDICE

INDICE	v
PALABRAS CLAVE:	i
KEY WORDS:	i
LINEA DE INVESTIGACIÓN:	i
TITULO	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN:.....	1
II. METODOLOGIA.....	39
III. RESULTADOS:	43
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:	63
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
VII. ANEXOS Y APENDICE	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Parámetros de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	09
Tabla 02. Fuentes de Contaminación de Plomo.....	11
Tabla 03. Propiedades físico-químicas del Plomo.....	12
Tabla 04. Caracterización química de Lemna o Lenteja de Agua del Lago Titicaca mediante análisis por Fluorescencia de Rayos X en Energía Dispersiva.....	15
Tabla 05. Contenido nutricional de la planta acuática en materia seca.....	16
Tabla 06. Composición orgánica de la lenteja de agua.....	19
Tabla 07. Composición química de la Eichornia Crassipes	22
Tabla 08. Ventajas y Desventajas de la Fitorremediación.....	24
Tabla 09. Tipos de Fitorremediación	25
Tabla 10. Variable Dependiente e Independiente.....	35
Tabla 11. Caracterización y Operacionalización de Variables.....	36
Tabla 12. Dosificación de Lenteja de agua + Jacinto de agua	39
Tabla 13. Barrido de metales	42
Tabla 14. Muestra patrón, ensayos físico-químicos y metal pesado.....	47
Tabla 15. Comparación de parámetros del agua con el ECA.....	47
Tabla 16. Muestra experimental 1 (ME1), ensayos físico-químicos y metal pesado con respecto a los LMP según MINAM.....	48

Tabla 17. Muestra experimental 3, ensayos físico-químicos y metal pesado con respecto a los LMP del MINAM.....	49
Tabla 18. Muestra experimental 2, ensayos físico-químicos y metal pesado con respecto a los LMP según MINAM.....	50
Tabla 19. Muestra experimental 4, ensayos físico-químicos y metal pesado.....	51
Tabla 20. Remoción de plomo y la estabilización del pH.....	59
Tabla 21. Cuadro resumen	62
Tabla 22. Comparación de la muestra experimental 4 (ME4) y los Estándares de calidad ambiental (ECA) según MINAM.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lemna minor o lenteja de agua.....	14
Figura 2. Eichhornia crassipes o Jacinto de agua.....	22
Figura 3. Tipos de fitorremediacion.....	28
Figura 4. Rizofiltracion del Jacinto de Agua.....	74
Figura 5. Catalogación hecha por la Biblioteca Central del Ministerio de Salud “Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. (MINSA. 2011).	30
Figura 6. Diseño del prototipo del estanque.....	74
Figura 7. Imagen Satelital de la zona de recolección del agua.....	42
Figura 8. Solidos totales disueltos respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua).	50
Figura 9. Solidos totales disueltos respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).....	52
Figura 10. Cloruros respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua).	53
Figura 11. Cloruros respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).	54
Figura 12. Cloruros respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua).	54
Figura 13. Conductividad respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).....	54
Figura 14. Estabilización del pH respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua de jacinto de agua).....	55
Figura 15. Estabilización del pH respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).	55
Figura 16. Nivel de remoción de plomo (mg/l) respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua).	56

Figura 17. Nivel de remoción de plomo (mg/l) respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua). 57

Figura 18. Nivel de remoción de plomo (mg/l) en porcentajes respecto a las 2 dosificaciones (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua) y (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua) 58

Figura 19. Remoción de plomo a los 7 y 14 días con su respectiva dosificación.....59

Figura 20. Resultado de la estabilización del pH a los 7 y 14 días con respecto a la muestra patrón.....61

I. INTRODUCCIÓN:

1. Antecedentes y Fundamentación Científica

A nivel Internacional, se tiene a **Rahmani y Sternberg (2015)**, con su investigación Bioremoción de plomo del agua usando *Lemna minor*, examinaron la capacidad de la lenteja de agua (*Lemna minor*) para eliminar el metal tóxico (Pb) soluble del agua. La lenteja de agua se recolectó de la planta de tratamiento de aguas residuales de Devils Lake en Dakota del Norte y comprobaron que estas plantas fueron expuestas a una sola dosis de plomo a una concentración de 5.0 mg / l durante un período de 21 días. Las concentraciones de este metal se midieron en el agua diariamente y en la biomasa al final del experimento. Todas las mediciones se realizaron por triplicado de acuerdo con los métodos estándar. Estos datos se usaron para calcular la eficiencia de eliminación con respecto al tiempo y para proporcionar las constantes empíricas necesarias para modelar el comportamiento de eliminación. La biomasa viable eliminó el 85–90% del plomo, la lenteja de agua viable previamente expuesta al plomo eliminó el 70–80% del plomo, la biomasa no viable (grupo de control) eliminó el 60–75% del plomo, y no hubo remoción en el grupo de control 'sin biomasa'. Se concluyó, que la biomasa viable es muy efectiva en la eliminación del plomo presente a niveles sub-letales.

Reinar T. (2016), en su investigación sobre la eliminación de plomo y cadmio del agua, utilizó la lenteja de agua para evaluar el impacto del pH y la carga inicial de metal - Facultad de Ingeniería de la Universidad de Alejandría, determinó que la contaminación de metales pesados en los ecosistemas terrestres y acuáticos ha aparecido como un problema ambiental global. La minería y la eliminación insegura de desechos sólidos / líquidos industriales es la fuente principal de metales pesados en el medio ambiente. En las áreas urbanas, la carga de metales pesados en los recursos de agua dulce se encuentra en un nivel alarmante, probablemente debido a la eliminación del alcantarillado no tratado o parcialmente tratado y de las aguas residuales industriales. Debido a la toxicidad aguda asociada con los metales pesados, estos se consideran contaminantes ambientales prioritarios y están destinados a procesos de limpieza. Las tecnologías convencionales de remediación de metales involucran lo

siguiente: precipitación química (precipitación de hidróxido y precipitación de sulfuro), intercambio iónico, adsorción (adsorbentes de carbón activado, adsorbentes de nanotubos de carbono, bioadsorbentes). Estas tecnologías ofrecen varias ventajas, como flexibilidad en el diseño y la operación, gran capacidad de tratamiento, alta eficiencia de remoción y cinética rápida, pero también presentan limitaciones como la generación de lodos tóxicos u otros subproductos, alto costo de operación y mantenimiento y altos requerimientos de energía. El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de la carga de metal y el pH de los medios acuosos sobre la tasa de remoción de metal y la productividad de la biomasa en un sistema de fitorremediación basado en lenteja de agua. Los resultados sugirieron que la eliminación estaba directamente relacionada con la carga de metal en los medios y el pH 5 y 7 aparecieron como rango óptimo para un mejor rendimiento del sistema. El pH mostró una relación inversa con la tasa de eliminación, en todas las configuraciones. El rendimiento de captación de metal y los BCF sugirieron el pH 7 y las cargas de Pb y Cd de metal medianas y altas para los resultados deseables de las extracciones de metal. Nuestro estudio apoya la candidatura de *L. gibba*. como agente biológico en el diseño de un sistema de biorremediación de metales después de optimizar la carga de metal y el pH de los medios para un mejor rendimiento del sistema. Por lo tanto, se concluyó que puede servir como una técnica económica de tratamiento alternativo en una oportunidad de tratamiento descentralizado.

Malar, Vikram, Favas y Perumal, (2016), con la investigación “La toxicidad del plomo en los metales pesados indujo cambios en el crecimiento y el nivel de enzimas antioxidantes en Jacinto de agua”, demostraron que el crecimiento de la planta se inhibió significativamente (50%) a una concentración de 1000 mg / L Pb. La acumulación de Pb fue mayor en la raíz que en los tejidos del brote. El nivel máximo de acumulación de Pb se notó en las raíces (5,45%) seguido de pecíolo (2,72%) y tejidos foliares (0,66%). El aumento de la concentración de Pb disminuyó gradualmente el contenido de clorofila. La distribución intracelular de Pb también se estudió utilizando SEM-EDX, donde se observó la deposición de Pb en los tejidos de la raíz y la hoja. El contenido de MDA aumentó tanto en los tejidos de las hojas como en las raíces hasta el tratamiento con 400 mg / L de Pb y disminuyó ligeramente a concentraciones más altas. La actividad de las enzimas

antioxidantes, como APX y POX, se correlacionó positivamente con el tratamiento con Pb, por lo tanto, la *Eichhornia crassipes* tiene un mecanismo óptimo para tolerar la toxicidad de Pb, como lo demuestra un mayor nivel de enzimas antioxidantes.

Por lo tanto, los resultados de esta investigación nos muestran respuestas certeras que el jacinto de agua es una planta factible para la hiperacumulación de metales pesados de humedales contaminados.

Patel J., Kulkarni G., Tekade A. y Murkar A. (2018), realizaron una investigación sobre eliminación de plomo del agua por el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*). En esta investigación se estudió a la planta acuática *Eichhornia crassipes* para ver su capacidad de remoción de plomo en el agua. La planta fue colocada y lavada en estanques de plástico previamente lavados con agua potable que viene de la calle bajo la luz natural del sol por el periodo de una semana para que la planta se aclimate a su nuevo ambiente y luego empezar con el periodo experimental. Cada tina contuvo un volumen de 35 litros, se realizaron 4 tratamientos de control (T0), 1 mg/L (T1), 5mg/L (T2) y 10mg/L (T3), todos los tratamientos se realizaron 5 repeticiones durante 2 meses. La duración de la prueba fue de 0,15, 30, 45 y 60 días. Como consecuencia se examinó que la acumulación de plomo fue mayor en el (T3) de 10 mg/L a los 60 días con una cantidad de plomo por debajo del 0.05 mg/L y en conclusión este estudio nos demuestra que la mayor acumulación de plomo se dio en las raíces del jacinto de agua, siendo mayor su acumulación que en los peciolos y en las láminas de la planta siendo así una alternativa prometedora en la remoción de metales pesados.

Suryandari, MK, Hariati, AM y Mahmudi (2017), realizaron una investigación sobre, Eliminación de plomo del agua por *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. En la cual se demostró que el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) (Mart. Solms), se puede utilizar para una óptima remoción el plomo (Pb) en el agua. El principal motivo de este estudio es examinar la eficiencia de eliminación del plomo en el agua y evaluar la absorción por *E. crassipes* a través de la tasa de acumulación total (TAR) y el factor de bioconcentración.

EL proceso de la remoción se llevó a cabo de la siguiente manera, el Jacinto de agua (*E. crassipes*) se cultivó en 7 mg / L de Pb y se cosecharon por separado después de 3, 6 y 9 días con 3 diferentes plantas de densidad (1,2 y 3 individuos), por triplicado. Siendo el 9

día el mejor tiempo para la remoción, con un resultado del 87% de remoción de plomo del total que había en el agua, con la mayor parte de absorción en las raíces de la planta. Con este estudio quedo demostrado que el jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) es un gran candidato para la remoción no solo de plomo sino también de otros metales pesados.

Sooknah y Wilkie (2004), con su investigación sobre el potencial de los macrófitos acuáticos *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Salvinia molesta*, en la fitorremediación de aguas residuales textiles nos muestra la propiedades y beneficios de tres plantas acuáticas que son el Jacinto de agua, la planta paraguas y la Lechuga de Agua para mejorar las propiedades y calidad del agua, de las aguas residuales, del estiércol lácteo digerido diluido y no diluido, del agua para consumo animal y para riego.

Esta aplicación de remoción se basó en dos conjuntos de cinco subtratamientos. Se logró apreciar que en uno de los estudios se tenía las aguas residuales de estiércol lácteo enjuagado anaeróbicamente digerido disuelto y el otro sin disolver obteniendo resultados muy prometedores.

En el ensayo tanto como la ejecución de los estudios físicos y químicos a la muestra se tuvieron en cuenta cambios en la fisonomía, evolución de la planta y el nivel de la temperatura en las plantas. Los resultados del estudio también sugirieron que las plantas acuáticas seleccionadas son hiperacumuladoras de Cd, Ni, Pb, Zn y otros metales. Los hallazgos de este estudio sugieren que *E. crassipes*, *P. Stratiotes* y *S. molesta* son plantas acuáticas potenciales para el tratamiento de aguas residuales textiles.

En el ámbito Nacional, tenemos a **Baldeón, Chaveza, Suarez y Huaranga (2017)**, con su investigación Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adaptación al medio en una laguna experimental, se comprobó la eficacia de la planta acuática *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y examinar en

función al tiempo el crecimiento de la planta y adopción al medio en una laguna artificial para el experimento, tuvieron como principal objetivo examinar con eficacia la eliminación de los parámetros fisicoquímicos, metales pesados de la planta de agua (Jacinto de Agua) y calcular el desarrollo de esta planta en función al tiempo y adopción al medio en la laguna de la Universidad Peruana Unión. Para implantar al Eichornia Crassipes a la laguna, se adaptó a la especie a temperatura ambiente por 21 días hasta ver la evolución de las plantas y luego se crearon los sistemas flotantes, que fueron desarrollados con tubos PVC de 2 pulgadas, mallas metálicas y mallas de tela, entre otros. En función al ingreso de agua a la laguna y el tiempo de retención que fue de 3 a 5 días se realizó el muestreo por. Como consecuencia se obtuvieron muestras y se observó que hubo una disminución más notoria en la conductividad, oxígeno disuelto y sólidos totales. Como desenlace, nos dio un resultado con una eficacia del 31% en la eliminación de parámetros fisicoquímicos (conductividad (Us/cm)), oxígeno diluido (mg/L), DBO5 (mg/L), sólidos totales ((mg/L), pH, temperatura (°C), turbidez (UNT), DQO (mg/L) y fosfato (mg/L)), también, se consiguió resultados negativos en algunos ensayos fisicoquímicos. Respecto al desarrollo de las plantas acuáticas flotantes, Jacinto de agua, en la evaluación que se realizó por el tiempo de 30 días, el desarrollo fue rápido; en 15 días la cantidad de plantas llegó a multiplicarse por 2 su masa y sin demora fue llenando al sistema flotante, esto sucedió debido a abundancia de nutrientes existentes en la laguna de la Mansión. En conclusión, el trabajo de investigación obtuvo una eficiencia de 31% en la remoción de parámetros físico Químico (conductividad), (Us/cm), Oxígeno disuelto (mg/L), sólidos totales ((mg/L), turbiedad (UNT), pH, temperatura (°C), DBO5 (mg/L), DQO (mg/L), fosfato (mg/L) y plomo total, obteniendo óptimos porcentajes en remoción de este metal pesado.

Choque M. (2010), realizó su investigación sobre el cálculo de la remoción de plomo y cadmio utilizando la lenteja de agua (*lemna minor*) y azolla f., en las aguas de la bahía interior de Puno, de la Universidad Nacional del Altiplano- Puno. Con lo cual llegó a demostrar los rendimientos y utilidades de la fitorremediación como técnica de depuración de aguas contaminadas y que es una muy buena opción ya que es factible, no obstante, continua en desarrollo de perfeccionamiento. También, se verificó que la lenteja

de agua y Azolla f. tienen el potencial de relevar el cadmio (cd) y el plomo (pb) del agua. En conclusión, según los resultados plasmados, la más alta capacidad de remoción y de bioadsorción lo obtuvo la lenteja de agua, entre 15 a 30 días de tiempo de contacto en el agua contaminada, 3 veces mejor que la azolla f. en remoción bioadsorción de Cadmio y Plomo de este buen proyecto de investigación.

Poma V. y Valderrama A. (2014), realizaron una investigación para calcular la facultad de la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en la sorción de los iones metálicos, en este caso de Cadmio y Mercurio, de la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua). Esta investigación nos muestra ensayos donde se mejoran las concentraciones de nutrientes, niveles de pH y concentración de iones metálicos, lo que se realizó a temperatura ambiente y con soluciones acuosas de Cadmio y Mercurio, las que fueron colocadas en las pruebas de Jacinto de Agua. Para poder comprobar la remoción de estos metales, luego de experimentar con la especie vegetal, las soluciones residuales, fueron manipuladas usando el método APHA 3030-e y las muestras de Jacinto de agua fueron experimentadas usando el método EPA 200.3. La concentración de Cadmio fue determinada por un equipo ICP-OES y la del Mercurio, por un equipo de absorción atómica. Los resultados obtenidos fueron: Dosis óptima 1 mL de A y 0,5 ml de B, pH óptimo 5, concentración óptima de Cadmio y Mercurio 5 mg/L para cada ion. Con estos parámetros se inició la remoción de 5 mg/L de los iones metálicos contenidos en 1 litro de solución. Los porcentajes de sorción fueron de 16,56 % para Cadmio y 15,6 % para el Mercurio en un periodo de 7 días.

A nivel local, **García R. (2019)**, realizó una investigación sobre la estabilización de los parámetros físico químicos y la remoción de fósforo de las aguas de la quebrada Cascajal ubicada en la ciudad de Coishco en la provincia del Santa. Este estudio se realizó en estanques con diferentes dosificaciones de la planta y a la vez también monitoreando los días de exposición del agua con la macrofitas teniendo los mejores resultados a más días de exposición (14 días) también se demostró como esta planta flotante tiene grandes capacidades de adsorción de estas nutrientes y organismos tanto no metales como metales

y como tal , gran capacidad de remoción no solo de fosforo sino también de metales obteniendo resultados muy prometedores llegando a remover hasta el 80% del porcentaje total de contaminantes , teniendo finalmente un agua apta para uso agrícola , consumo ganadero y con una expectativa de lograr la potabilidad de las aguas para consumo de la población .

Sobre la **Fundamentación científica** en relación con el estudio de investigación estuvo orientada a investigaciones correspondientes, luego de haberse realizado la búsqueda de la base teórica.

Agua: El agua es un elemento natural que es indispensable para la humanidad, es un bien importante y escaso para los humanos, nuestro país no es una excepción; la calidad es mala y muchos pobladores se encuentran con el infortunio de beber de fuentes y esto produce muchas enfermedades y perjudica la salud. Es una necesidad a nivel mundial tener acceso al agua potable y por lo tanto un derecho humano vital.

El agua, según Pereira y Rocha (2007), tras pasar por un desarrollo de filtración y potabilización, ésta se transforma en agua potable quedando así lista para el consumo humano como secuela del equilibrado valor que le brindaran sus minerales y así, sin ningún tipo de restricciones podremos recién consumir esta agua.

El agua debe requerir ciertos requisitos para el consumo humano.

Se debe cumplir con la norma NCh409, esto demanda que el agua debe cumplir con todos los parámetros físicos químicos, bacteriológicos y de desinfección establecidos en la Norma NCH 409, que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo de la población.

Características químicas del agua:

- El nivel del pH entre los parámetros de 6,5 y 8,5.
- Cloro activo residual mínimo: 0,2 mg/l.

- Fluoruros (F^-): 0,9 (límite inferior); 1, 7 (límites superiores) en zonas de temperatura media de 10 °C (en zonas más cálidas, los límites son menores).
- Dureza total (como carbonato de calcio): no más de 400 mg /litro.
- Contenidos máximos de químicos (en mg/litro):
 - Hierro total (Fe): 0,30
 - Manganeseo (Mn): 0,10
 - Mercurio (Hg): 0,001
 - Níquel (Ni): 0,02
 - Nitrato (NO_3^-): 45
 - Nitrito (NO_2^-): 0,10
 - Plata (Ag): 0,05
 - Plomo (Pb): 0,001
 - Selenio (Se): 0,01
 - Sulfatos ($SO_4^{=}$): 400
 - Amoníaco (NH_4^+) 0,20
 - Aluminio (Al): 0,20
 - Arsénico (As): 0,01
 - Bromato: 0,01
 - Cadmio (Cd): 0,005
 - Cianuro (CN^-): 0,10
 - Cinc (Zn): 5,0
 - Cloruro (Cl^-): 350
 - Cobre (Cu): 1,00
 - Cromo (Cr): 0,05

Carbajal y Gonzales (2012)

De acuerdo la Normativa Legal peruana, se establecieron regulaciones internacionales cada vez más estrictas debido a los riesgos por la contaminación de los metales pesados.

Los problemas debido a los metales pesados han sido motivo de creación de normativas legales en diversos países según su concentración máxima permitida para la descarga y emisión de contaminantes en el aire, agua o suelo.

Asimismo, en nuestro proyecto se estudia las enfermedades del plomo a nivel hídrico por lo cual nos centramos en la normativa legal Peruana de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA), la cual considera:

Artículo 1.- Objeto de la norma

Según el Ministerio Nacional del Ambiente, la actual regla tiene por asunto agrupar las facultades aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo determinado en el actual Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. (MINAM, 2017, p.10).

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua
Deben aprobarse los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Adjunto forman parte adicional del actual Decreto Supremo (MINAM, 2017, p.10).

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua
Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar precisiones sobre sus categorías

Categoría 1: Poblacional y recreacional

Las aguas que con tratamiento tradicional pueden ser potabilizadas, van a ser aquellas aguas con destino al suministro de agua para consumo humano, sujetas siempre a un tratamiento común que ya se realiza siempre, mediante 2 o más procesos que son los siguientes: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente. (MINAM, 2017, p.10).

Tabla 1

Parámetros de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
------------	------------------	----	----	----

		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos convencionales	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICO-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,007	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	μS/cm	1500	1600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO5)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥6	≥5	≥4
Potencia de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disuelto Totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICO				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Barios	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**

Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) – MINAM 2017

Plomo: Uno de los metales más tóxicos del planeta es el plomo, lo encontramos espontáneamente en la corteza terrestre. El uso del plomo a gran escala ha traído consigo en muchos lugares del planeta a una significativa contaminación del medio ambiente, un nivel importante de exposición humana a este metal y graves problemas de salud pública (OMS, 2015).

Una de las fuentes más significativas de plomo en el agua de superficie o en sedimentos están el relevo de polvo que contiene plomo desde la atmósfera, el agua residual de industrias que manejan plomo (principalmente las fábricas de hierro y acero y las que manufacturan plomo), agua de escorrentía en centros urbanos y apilamientos de minerales (Cuadra y Romero, 2006).

La minería tanto legal como ilegal, el trabajo con metales, las actividades de fabricación y reciclaje y, en varios países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con este metal (pb) se destacan y cuentan como las fuentes más significativas de contaminación ambiental. (OMS 2015).

Algunas de las principales características del plomo son: Los óxidos de plomo, el tetraetilo de plomo y los silicatos de plomo son los derivados del plomo más utilizados en la industria. El plomo forma aleaciones con muchos metales, y comúnmente se utiliza en esta forma en la mayoría de sus aplicaciones. El saturnismo o plumbosis es la intoxicación por plomo, se denomina así ya que es un metal tóxico y pesado (Ubillus, 2003).

Sustancias que contaminan con plomo: Según, Pedro A. (2008) nos dice que el contagio con este metal directamente asociado con la presencia de pintura que contiene plomo en construcciones viejas, con lugares de trabajo que usan plomo (fábrica de baterías), con agua potable, comidas y bebidas contaminadas, con juguetes, medicinas tradicionales, cosméticos y con la tierra, polvo, agua, aire de las cercanías de minas y fundiciones.

Tabla 2

Fuentes de Contaminación de Plomo

FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE PLOMO
Minas y fundiciones
Soldaduras y tuberías
Contenedores y latas
Pinturas
gasolinas
Contaminación de agua, comidas, bebidas

Fuente: López 2014

Según la, UNESCO (2010), nos indica que los fenómenos naturales y también ciertas actividades humanas (explotación minera, fundición de minerales, centrales eléctricas) son los mayores causantes de la manifestación de plomo en el medio ambiente, y no existe terapia contra la intoxicación y envenenamiento por el plomo que podamos hallar en el agua que consumimos día a día.

Tabla 3
Propiedades físico-químicas del plomo

PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS DEL PLOMO	
Símbolo químico	Pb
Número atómico	82
Grupo	14
Aspecto	Gris azulado
Bloque	p
Densidad	11340 kg/m ³
Masa atómica	207.2 u
Radio medio	180 pm
Radio atómico	154
Radio covalente	147 pm
Radio de van der Waals	202 pm
Estados de oxidación	4, 2 (anfótero)
Estructura cristalina	Cúbica centrada en las caras
Estado	Sólido
Punto de fusión	600.61 K
Punto de ebullición	2022 K
Calor de fusión	4.799 kJ/mol
Presión de vapor	4,21 × 10 ⁻⁷ Pa a 600 K
Electronegatividad	2,33 (Pauling)
Calor específico	129 J/(kg·K)
Conductividad eléctrica	4,81 × 10 ⁶ m ⁻¹ ·Ω ⁻¹
Conductividad térmica	35,3 W/(m·K)

Fuente: Paredes (2013)

Enfermedades causadas por el plomo: Una de las sustancias más tóxicas del mundo es el plomo el cual afecta a diversos sistemas del organismo al ir acumulándose poco a poco en el cuerpo con consecuencias altamente dañinos, especialmente en los niños de menor edad (OMS, 2015).

Se puede presenciar en los niños de temprana edad secuelas graves y permanentes en su salud, degradando en particular al bienestar del cerebro y del sistema nervioso. en los adultos, por ejemplo, origina daños duraderos el plomo, aumentando el riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales. La exposición al plomo en las madres embarazadas, con concentraciones altas de este metal pb, puede ocasionar aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y un peso bajo en los bebés al nacer y también producir malformaciones leves en el feto (OMS, 2015).

Este metal dañino, se reparte por el cuerpo hasta llegar al cerebro, hígado, riñones y se aloja en dientes y huesos, donde con el transcurrir del tiempo se va acumulando. Podemos evaluar el grado de exposición humana con plomo midiendo la concentración de este metal en la sangre. La intoxicación por este metal (pb) es completamente prevenible y no hay ningún nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro (Pérez, 2013).

En un amplio plazo, los pequeños con saturnismo pueden adquirir problemas neurológicos irreversibles, depreciación de inteligencia, retraso en el desarrollo motor, decadencia de la memoria y problemas de audición y equilibrio. Los adultos llegan a sufrir aumento en presión sanguínea, parálisis en muñecas y tobillos, mal funcionamiento renal, mayor riesgo de accidentes cerebrovasculares (embolia, derrames cerebrales) y particularmente en hombres se puede presentar disminución y alteraciones en los espermatozoides (Mario Rivas, 2017).

Lenteja de agua (*Lemna minor*): La “*Lemna minor*” o Lenteja de agua, es una diminuta planta flotante de hojas con forma planas y ovalada que viven flotando encima de las aguas, sin juntarse con las profundidades fangosas, turbosas o arenosas de zonas húmedas, estancadas o fluviales de curso muy lento (Samarghandi et al. 2007 ; Karbassi et al. 2008).

La conforman una diminuta lámina verdosa o verde amarillenta, cuya parte inferior, encontramos en varias pequeñas raíces, filiformes, simplificadas en auténticos

rizoides que podemos observar al contacto con el agua y estas llevan en su extremo una pequeña capa protectora (Nicolau et al. 2006 ; Kar et al. 2008).

En el agua que flota, sus raicillas se internan en la parte verde, son vegetales perennes, transformados en organismos muy pequeños, teniendo como resultado 2 las sustancias minerales y orgánicas requeridas para su crecimiento (Samarghandi et al. 2007 ; Karbassi et al. 2008).

La lenteja de agua tiene una hoja falsa aparente de las Lemnáceas, que es en realidad una especie de mezcla transformada de tallo más pequeño a su mínima expresión que tiene forma media circular lenticular y de características aplanadas (Samarghandi et al. 2007 ; Karbassi et al. 2008).

Además podemos utilizarla como abono para el pasto del ganado , como complemento alimenticio de otros animales como los peces y también los cerdos, como proteínas forrajeras ya que es muy rica de esta nutriente y de gran alternativa , en la producción de compost que luego puede ser utilizado para la producción de hortalizas. (Samarghandi et al. 2007 ; Karbassi et al. 2008)

Analizando los diferentes tipos de Lemna que existen y sus propiedades, se concluye que puede ser un buen complemento en la alimentación de ganado y peces. Así como también, es una planta que puede acumular metales pesados según estudios realizados sobre la lenteja de agua.



Figura 1: Lemna minor o lenteja de agua

Tabla 4

Caracterización química de Lemna o Lenteja de Agua del Lago Titicaca mediante análisis por Fluorescencia de Rayos X en Energía Dispersiva

Elemento	Concentración (mg/kg)					
	Lenteja 1	Lenteja 2	Lenteja 3	Lenteja 4	Lenteja 5	Lenteja 6
Al	1962 ± 925	2426 ± 1162	1712 ± 752	1235 ± 1003	1495 ± 299	1505 ± 227
Si	16362 ± 5537	11449 ± 3788	19027 ± 13489	33391 ± 6828	2290 ± 125	19735 ± 3247
P	9806 ± 983	11288 ± 1032	10431 ± 67	11699 ± 1015	7589 ± 175	8908 ± 723
S	5318 ± 226	5070 ± 93	5461 ± 67	4130 ± 164	7539 ± 45	8151 ± 381
Cl	19285 ± 1126	11430 ± 137	21171 ± 516	16139 ± 23	4813 ± 39	5394 ± 177
K	33251 ± 769	41452 ± 392	44639.5 ± 719.8	39408.5 ± 521	15937.4 ± 142.3	23289 ± 380
Cu	228519 ± 2384	122674 ± 2805	105667 ± 1965	172823 ± 5533	285525 ± 4907	149937 ± 3743
V			24 ± 4			10 ± 3
Mn	2394 ± 233	1804 ± 41	2493 ± 10	2394 ± 115	2416 ± 4	980 ± 16
Fe	451 ± 17	729 ± 50	391 ± 9	7251 ± 207	1275 ± 21	431 ± 3
Co	1.3 ± 0.3	2.9 ± 0.2	2.2 ± 0.2	3.0 ± 0.1		2.2 ± 0.3
Ni	0.5 ± 0.03	2.8 ± 0.03	2.4 ± 0.6	1.8 ± 1.9	1.0 ± 0.7	3.2 ± 1.2
Cu	1.4 ± 0.1	2.2 ± 0.1	2.7 ± 0.2	2.9 ± 0.1	1.3 ± 0.04	2.7 ± 0.5
Zn	71 ± 0	91 ± 2	75 ± 1	126 ± 4	69 ± 2	105 ± 2
As	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.1	1.1 ± 0.1	1.5 ± 0.0	1.5 ± 0.2
Br	12 ± 0.2	13 ± 0.04	13 ± 0.01	13 ± 0.1	12 ± 0.1	10 ± 0.2
Rb	35 ± 2	20 ± 0.05	21 ± 0.7	18 ± 0.8	18 ± 0.3	13 ± 1
Sr	121 ± 5	66 ± 5	68 ± 5	79 ± 5	135 ± 6	78 ± 5
Ba	0.056 ± 0.055	0.063 ± 0.036	0.074 ± 0	0.064 ± 0.006	0.987 ± 0.074	0.074 ± 0.006
Pb	91 ± 51.39	66 ± 3.061	74 ± 12.65	88 ± 10.81	71 ± 34.05	41 ± 10.3

Fuente: Dirección de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear (2005)

Usos de la lenteja de agua (lemna minor) en el agua:

La presencia de sustancias tóxicas en aguas residuales y cuerpos de agua exteriores es un importante problema ecotoxicológico. La lenteja de agua es adecuada para eliminar esta preocupación, ya que tiene la capacidad de crecer rápidamente en agua rica en nutrientes y facilitar la eliminación de muchas sustancias de la solución acuosa, esto comprende el potencial de estas macrófitas para la remediación de aguas residuales y contaminadas, al tiempo que produce biomasa utilizable que contiene las sustancias no deseadas. Su facilidad de cultivo en condiciones controladas e incluso estériles hace que las lentejas de agua sean excelentes organismos de prueba para determinar la toxicidad de los contaminantes del agua.

Las lentejas de agua son importantes como plantas acuáticas modelo en la evaluación de la ecotoxicidad. También son valiosas para establecer biomarcadores para los efectos tóxicos de los contaminantes del agua en plantas superiores acuáticas, pero la utilidad actual de los biomarcadores de lenteja de agua para identificar sustancias tóxicas es limitada.

Obtención de las Lentejas de Agua: Es una planta que se encuentra en diferentes lugares como también en varias regiones del mundo como los hemisferios del norte y sur, incluyendo los continentes de América, Europa, Asia, Australia y Nueva Zelanda.

La lemna minor es una planta acuática que vive flotando en las aguas, crece rápido y se extiende de manera distribuida por el trópico y subtrópico. Se desarrolla en diversas zonas de los ecosistemas acuáticos, principalmente en lagunas y áreas de flujo agua lenta de los ríos y quebradas.

Propiedades de la Lenteja de Agua: La composición de lenteja de agua tiene una serie de propiedades impresionantes por lo buena que son. Se componen de material metabólicamente activo y no necesita de estructuras de soporte, por ello, son gran fuente de proteína (45%). También es una buena fuente de aminoácidos, vitaminas y enzimas (Zambrano et al., 1974).

Tabla 5*Contenido nutricional de la planta acuática en materia seca*

Propiedades	%
Humedad	9,0 %
Proteína cruda	34,0 y 45,0 %
Grasa	3,9 %
Fibra	15,9 %
Ceniza	11,0 y 15,0 %
Extracto libre de nitrógeno	22 %;

Fuente: Referido al tratamiento de aguas, Zambrano et al. (1974).

Acceso a la Lenteja de Agua y Jacinto de Agua: La Lenteja agua la encontramos a nivel nacional en lagos, lagunas, riachuelos, acequias y en lugares donde el agua se mantenga en movimiento leve, muy moderado en la ciudad de Chimbote, Trujillo, Huaraz, Puno, Cajamarca, Trujillo, Lima, Piura, Ica y Arequipa y en la mayoría de ciudades de la sierra y costa del Perú.

Purificación del agua con la lenteja de agua: Según, Dushenkov et al., (1995) demuestra que, la rizofiltración emplea las raíces de las plantas para erradicar del agua los contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Se insertan en el agua contaminada con metales las plantas acuáticas, en el que las raíces los absorben y concentran siempre que el sistema radicular está bien desarrollado. Estas plantas se cultivan de manera hidropónica en la rizofiltración. En tanto que las raíces se van acumulando, las plantas se cosechan y se preparan para su uso final” (Nedelkoska y Doran, 2000; Eapen et al., 2003; Cherian y Oliveira, 2005).

La capacidad de almacenamiento de contaminantes de distintas plantas flotantes es increíble y se puede hallar una gran variedad de estudios relacionados , algunos ejemplos de ellas son:), Lemna minor(Pb, As, Cu, Cd, Ni, Cr, Al, Fe, Zn, Mn), Azolla caroliniana (Hg, Cr Sr, Cu, Cd, Zn, Ni, Pb, Au, Pt), Wolffia papulifera (Cd), Scirpus

lacustris (Cd, Cu, Pb, Mg, Fe, Se, Cr, , Elatine trianda (As), Polygonum punctatum (Cu, Cd, Pb, Se, As, Hg, Cr, Mn) y Myriophyllum, aquaticum, Ludwigia, palustris y Mentha aquatic (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni)” (Zhao y Duncan, 1998).

Estas plantas por medio de tres pasos secuenciales metabolizan los compuestos orgánicos y son los siguientes:

Fase I. Involucra la activación/conversión (oxidación, disminución e hidrólisis) de los compuestos orgánicos lipofílicos” (Komives y Gullner, 2005).

Fase II. “Esta fase realiza la conjugación de los metabolitos de la fase I a una molécula hidrofílica endógena como los azúcares, aminoácidos y glutatona”. (Diet y Schnoor, 2001).

Fase III. “En esta fase se produce la distribución en compartimientos de los compuestos orgánicos modificados en las vacuolas o formación de enlaces con los componentes de la pared celular como la lignina y la hemicelulosa. Las enzimas, en la planta, que catalizan la primera fase de las reacciones son las monoxigenasas P450 y las carboxilesterasas. La formación de compuestos solubles y polares resulta de la segunda fase, en la que ocurre la conjugación por enzimas como la glutatona S-transferasa. La compartimentalización y almacenamiento de los metabolitos, solubles en las vacuolas o en la matriz de la pared celular es la tercera fase del metabolismo de la planta. La encargada de este proceso es la glutatona S-conjugasa” (Cheriany Oliveira, 2005).

Lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de aguas: Según, Zambrano et al. (1974). al referirse al tratamiento de aguas, establece que diferentes autores han definido que, las macrofitas acuáticas son una plaga, debido a la rapidez de su crecimiento, puesto que en constantes circunstancias se han apropiado e invadido lagunas, represas, canales de riego, generando así, diversas dificultades debido a la interrupción del flujo del agua, la creación de ambientes que originan la crianza de vectores de enfermedades y propician la eutrofización.

La facultad de proliferación que poseen, referida a la facultad de absorción de nutrientes y bioacumulación de contaminantes del agua, permite que se emplee como

un beneficioso instrumento para poder tratar las aguas residuales, con la condición de que, estas plantas flotantes se manejen adecuadamente.

Asimismo, estos métodos de tratamiento son una positiva opción ecológica de bajo presupuesto siendo una gran opción para el tratamiento de los efluentes municipales domésticos e industriales. Teniendo como fundamento los estudios de remoción de compuestos tóxicos por plantas acuáticas.

Desde 1988 existen en operación, unos canales sembrados con jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) situados en la empresa de Imusa S.A., localizada en el municipio de la ciudad de Rionegro (Antioquia); donde la eficacia de remoción de los distintos factores contaminantes que alcanzan más de 97% en los metales pesados y hasta el 98% en sólidos suspendidos, está comprobada (Roldán & Álvarez, 2002).

Para el óptimo tratamiento de las aguas residuales, es necesario que estas plantas posean ciertas características, como la alta productividad, elevada eficacia de remoción de nutrientes y contaminantes, una buena resistencia en condiciones naturales adversas y fácil cosecha.

Para los sistemas descontaminantes de agua, la Lemna minor cumple exitosamente estas características condicionantes, es por ello que ha sido aplicada (Olguín y Hernández, 1998).

Para la acumulación de metales pesados (Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, Se), se investigó las características y eficacia de la lenteja de agua. Los datos obtenidos en laboratorio, dieron a conocer que, esta planta acuática funciona adecuadamente como acumulador de cadmio, plomo y cobre. Se finaliza en este estudio que, la lenteja de agua contiene características positivas que permiten la eliminación de Cd, Pb y Cu de aguas residuales que contienen con estos elementos contaminantes, debido a que, posee con la capacidad de acumular elevadas concentraciones de ellos. Es una planta apropiada para actividades de fitorremediación por su rápido crecimiento, a causa de su costo bajo de mantenimiento y construcción, así como su simplicidad de operación, las plantas acuáticas cuentan con una principal ventaja y opción para los sistemas de tratamiento. Además, se utiliza un recurso disponible". (Zayed, 1998).

Tabla 6

Composición orgánica de la lenteja de agua (lemna minor).

Composición Orgánica en la lenteja de agua % de peso seco	
proteína	6.8 - 45.0
lipídica	1.8 - 9.2
fibra cruda	5.7 - 16.2
carbohidrato	14.1 - 43.6
ceniza	12.0 - 27.6
extracto libre de nitrógeno	22

Fuente: Landolt y Kandeler (1987, p. 20)

Concentrado de proteína de la hoja: Los concentrados de proteína de la hoja (LPC) y las fibras de pulpa residual fueron extraídos y analizados por EA Faskin, Universidad Federal de Tecnología, Akure, Nigeria. Duckweed LPC fue 64% de proteína, mientras que la fibra de pulpa residual contenía 20% de proteína cruda. El LPC de la lenteja de agua fue bajo en contenido de lípidos y fibra. En general, el contenido de fitina, tanino y otros extractos fue menor que en la planta original (Faskin, EA, 1999).

Usos de la lenteja de agua: Según Rahmani y Sternberg (2000) la lenteja de agua, ofrece variedad de hábitat para diversos organismos de los ecosistemas, asimismo de defensa y alimento. Son materia prima para la industria, pues se emplea en procesos de biorremediación, puesto que, brindan oxígeno mediante la fotosíntesis, pueden absorber algunas sustancias disueltas, y son favorables para las personas, ya que funcionan como alimento.

Sin embargo, podrían generar problemas en ciertos cuerpos de agua artificiales, debido a que pueden obstaculizar su flujo o la navegación con el uso que le da el hombre a esa agua al taparlo y al formar ambientes causantes de vectores, enfermedades y plagas que atentan contra la buena salud.

La Lemna minor o lenteja de agua es un medio natural con alta productividad de biomasa de valor proteico excepcional por ello es un gran candidato como opción para

alimento de animales y pueden formar parte de un complemento ideal en la alimentación de animales de casa". (Chará, 1998).

Por medio de la digestión anaerobia se podría producir metano utilizando la biomasa obtenida al utilizar las plantas acuáticas como alimentos para animales siempre y cuando sean cultivadas en aguas residuales que no contengan sustancias tóxicas (Olguín y Hernández, 1998).

Esta diminuta planta flotante es la mejor opción para alimentación de animales como las aves, el ganado o cerdos ya que posee un nivel alto de proteína hasta un 38% de su biomasa. Este contenido proteínico, junto con su alta palatabilidad y su facilidad de distribución y consumo, la hace un alimento óptimo (Chará, 1998).

Hubo una reducción de un 25% en los gastos de alimentación gracias a la Lemna minor ya que se ha probado como alimento para patos domésticos (duckweed, significa maleza para patos) y los resultados demostraron un incremento en la producción de huevos y también un aumento de peso que fueron comparables al suplemento proteínico habitual (Bui et al. 2002).

Centrándonos en el tema de remoción de metales pesados, la planta acuática se usa para sistemas de remoción con otras plantas flotantes, que radica en estanques con diferentes profundidades de (0,4 a 1,5 m), donde las plantas acuáticas crecen de forma natural. el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*.) son unas de las especies más empleadas entre este tipo de plantas. Estos procedimientos son muy similares a las lagunas de estabilización, pero la presencia de macrofitas en lugar de algas son lo que las diferencian de lo habitual y además de las profundidades someras. (Chará, 1998).

Empleando los sistemas de tratamiento se ha utilizado una cantidad importante de especies y en ejercicios investigativos a escala real y a escala laboratorio y se ha logrado demostrar una buena eficacia de remoción obteniendo resultados muy considerables y óptimos utilizando macrofitas flotantes en todos lo que relaciona al tratamiento de aguas residuales. (Chará, 1998).

Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*): *Eichhornia crassipes* es su nombre científico del Jacinto de agua es originaria de amazonas. Esta planta se encuentra en el

grupo de las monocotiledóneas dentro de las clases de la Liliopsida y a la familia Pontederiaceae. Es una especie que tiene sus raíces colgando en el agua, llegan a medir de 10 a 15 cm, el género está ampliamente distribuido en el geotrópico. Sus hojas forman roseta, sin hojas sumergidas y con pedúnculo largo” (Valera, 2001).

Esta planta flotante prefiere las aguas enriquecidas en nutriente. Esta planta se reproduce en diferentes tipos de humedales y el nivel óptimo de su pH para reproducción es de 5 a 7, y puede desarrollarse en un extenso rango de temperatura de 1 a 40°C con un óptimo de crecimiento de 25 a 27.5°C, sin embargo, la lenteja puede soportar varios niveles de pH y temperatura.” (Malik, 2007).

La facultad de esta planta de germinación y sobrevivencia es increíble ya que está en estado de pregerminar hasta por 15 años, además tiene un proceso veloz de crecimiento y por eso se expande rápido provocando diferentes dificultades como la intromisión física con la pesca, obstáculos de rutas de transporte, pérdida de agua en sistema de riego, disminución de la filtración de luz solar, alteración en la temperatura, pH y niveles de oxígeno del agua, aumento de la disminución del agua a través del sudor y problemas higiénicos" (Burton, 2005; Gunnarsson y Petersen, 2007).

En vez de combatir contra esta planta el jacinto de agua podría ser un buen recurso y utilizarse en diferentes campos como mueblería, alimento para animales, artesanía y descontaminación de aguas residuales" (Valderrama, 1996; Fundación Humedales y Netherlands Antilles Healthy Islands Foundation, 2004; Gunnarsson y Petersen, 2007).



Figura 2: Eichhornia crassipes o Jacinto de agua

Composición Química de la Eichhornia crassipes: El Jacinto de agua o por su nombre científico (Eichhornia Crassipes) está formada en su totalidad por agua, puesto que se observó el porcentaje de humedad contenido dándonos un resultado de un 90.4% de humedad quedando sólo un 9.6% de materia seca. Esta planta está compuesta químicamente por sustancias orgánicas e inorgánicas que existen en el medio acuático del estanque, también es rica en nutrientes, pero de todas formas contiene metales pesados en su composición.

Podemos observar los macro-micro nutrientes del jacinto de agua (Eichornia Crassipes) en la siguiente tabla (Gunnarsson y Petersen, 2007).

Tabla 7*Composición química de la Eichornia Crassipes*

Parámetro	% en base materia seca
Materia, Orgánica	74,3
Proteína, Cruda	20
Extracto, etéreo	3,47
Fibra, Cruda	18,9
Cenizas	25,7
Fosforo	0,53
Carbono	18,54
Nitrógeno	0,74
Magnesio	0,17
Calcio	0,58
Potasio	2,27
Energía, Metabolizable, para rumiantes (MJ/kg)	6,35

Fuente: (Gunnarsson y Petersen, 2007)

Obtención del Eichhornia crassipes (Jacinto de Agua)

El Jacinto de agua de igual forma que la lenteja la podemos obtener en lagos, lagunas, riachuelos, acequias y en lugares de flujo lento a nivel de todo el Perú, en lugares donde el agua se mantenga en movimiento leve y muy moderado. La encontramos en todas las regiones del Perú, ya que es originaria de la selva, pero a la vez podemos hallarla en nuestra costa como por ejemplo en la ciudad de Coishco que pertenece a la provincia del Santa.

Acceso al Jacinto de Agua: Para obtener el Jacinto de agua, se debe ir en auto por aproximadamente 20 minutos desde la plaza de armas de Chimbote hasta la ciudad de Coishco y luego de ahí dirigirse por 5 min. a la salida de la ciudad de Coishco. Ahí se

ubica la empresa Hidrandina y al costado derecha de ésta ubicamos la acequia de la localidad de San Luis del distrito de Santa, provincia del Santa, donde encontraremos a la planta Jacinto de agua. Actualmente la planta *Eichhornia crassipes* se encuentra en crecimiento cubriendo áreas de la acequia.

Fitorremediación: Este método de remoción utiliza la facultad de ciertas plantas flotantes para absorber, almacenar, metabolizar, volatilizar o equilibrar contaminantes (in situ o ex situ) presentes en el agua, suelo o aire como: compuestos derivados del petróleo, plaguicidas, metales pesados, así como COVs (Delgadillo et al., 2011).

Los desarrollos para mejorar el medio ambiente y la calidad del agua de áreas contaminadas han hecho que se empiecen a construir alternativas que se centran en el uso de organismos vivos para evitar o reparar daños provocados por acciones antropogénicas que perturban la estabilidad de los diferentes ecosistemas (Marrero, Amores y Coto, 2012).

Una de las opciones y fuentes de la biorremediación que podemos tener en cuenta como una tecnología de alternativa sostenible y rentable es la fitorremediación. En ella utilizamos diferentes tipos de plantas que tengan la facultad de acumular y eliminar sustancias tóxicas mediante sus procesos metabólicos, principalmente metales pesados y por eso son nombradas como plantas hiperacumuladoras (Delgadillo et al., 2011; Marrero et al., 2012). Entre sus ventajas y desventajas del uso de la fitorremediación tenemos:

Tabla 8

Ventajas y Desventajas de la Fitorremediación

Ventajas	Desventajas
1. Podemos efectuarlo en el mismo lugar y también fuera.	1. La fitorremediación es un desarrollo respectivamente, tardo en especies como los árboles o arbustos.
2. No es imprescindible de llevar el sustrato contaminado, por ello se minoriza la expansión de infectantes a través del aire o del agua.	2. Solo se desarrolla dentro de la rizosfera de la planta se reduce a lugares de contaminación superficial.

3. La tecnología que se emplea es sostenible.	3. Se limita el crecimiento por la alta concentración de contaminantes tóxicos, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones de valores bajos de contaminantes.
4. Así como para contaminantes orgánicos como inorgánicos es competente.	4. Los contaminantes agrupados en las hojas pueden ser expulsados otra vez al ambiente en el caso de la fitovolatilización.
5. Es de mínimo valor, un bajo costo.	5. Los contaminantes agrupados en maderas pueden expulsarse por procesos de combustión.
6. Para su manejo no se necesita personal capacitado.	6. Solo algunas plantas tienen la capacidad de acumular y ser tolerantes, no todas.
7. El gasto de energía es nulo.	7. Puede incrementarse la solubilidad de algunos contaminantes, obteniendo un mayor impacto negativo en el ambiente o migración de contaminantes.
8. Es necesario solamente prácticas agronómicas convencionales.	8. Se necesitan áreas relativamente extensas.
9. Perjudica en lo más mínimo el ambiente.	9. Puede favorecer que las plagas en sistemas acuáticos puedan expandirse tales como los mosquitos.
10. Mejora las propiedades físicas y químicas del suelo. Actúa positivamente sobre el suelo, esto se da por la creación de una cubierta vegetal.	
11. Alta posibilidad de ser aceptada por las personas, ya que es muy agradable a la vista.	
12. Evita el tráfico pesado y la excavación.	
13. La podemos utilizar en agua, suelo, aire y sedimentos.	
14. Se puede realizar reciclado de recursos (agua, biomasa, metales).	

Fuente: Delgadillo et al. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación.

Técnicas de Fitorremediación: Podemos encontrar distintos procesos de fitorremediación que cambian según la forma y método que usa cada parte de la planta, como podemos apreciar en la tabla siguiente.

Tabla 9*Tipos de Fitorremediación*

Técnicas	Mecanismo involucrado	Contaminantes
Fitoextracción	Se emplean las plantas para reunir metales en las partes cosechables (hojas y raíces)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc
Rizofiltración	Las plantas a través de sus raíces absorben, precipitan y concentran metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas resistentes a metales se utilizan para contrarrestar el movimiento de los mismos y evitar la trayectoria de napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para fomentar el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas absorben y transforman metales pesados o compuestos orgánicos y los expulsan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación	Las plantas terrestres y acuáticas atraen, reúnen y degradan compuestos orgánicos para ofrecer subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT,

pesticidas fosfatados,
fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: Frers. (2008). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales.

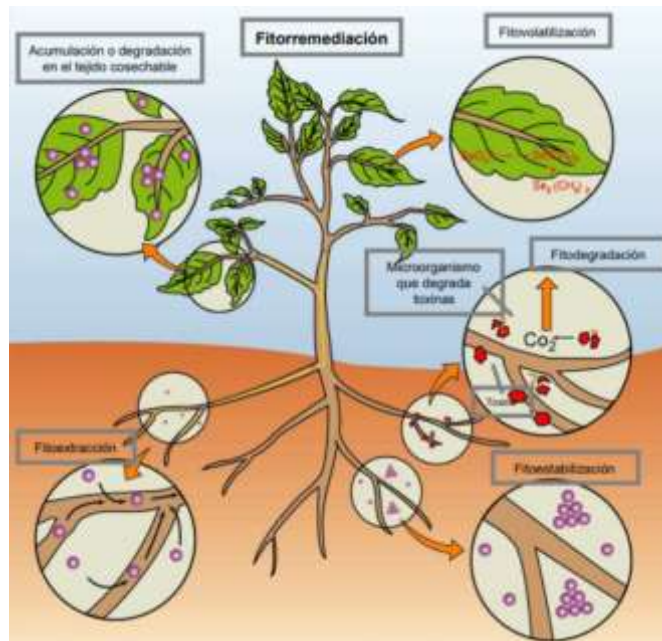


Figura 3: Tipos de fitorremediación

Rizofiltración: La rizofiltración en ambientes acuáticos, representa una opción muy alentadora para erradicar los metales pesados del agua (Paisio et al., 2012).

La rizofiltración emplea las plantas, a través de la raíz, para expulsar del medio hídrico los contaminantes esto es tomado como una técnica parecida a la fitoextracción. Se insertan las plantas en el agua contaminada con metales cuando el sistema radicular está bien desarrollado, en donde las raíces los absorben y acumulan.

Conforme las raíces de las plantas se van llenando, éstas cortan y se disponen para finalizar su uso. Con las macrófitas observamos un óptimo caso de aplicación de rizofiltración (Delgadillo et al., 2011).

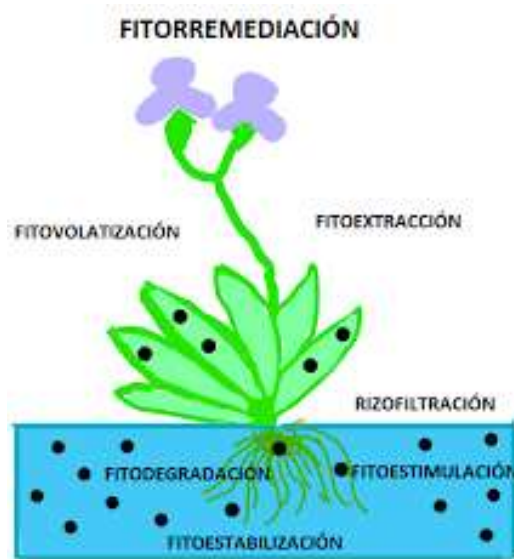


Figura 4: Rizofiltración del Jacinto de agua

La rizofiltración se basa en el proceso de adsorción, en el que los contaminantes acuosos se adsorben en las raíces de las plantas. Además, la absorción en las raíces de las plantas también favorece a la biorremediación. Esta remediación se ve facilitada por la zona de raíces (rizosfera) rodeada de aguas contaminadas. Estas estrategias de tratamiento se adoptan generalmente en entornos de control, donde las plantas se cultivan en invernaderos en agua. Los residuos se ponen en contacto para aclimatar las plantas con el medio ambiente. Más tarde, las plantas aclimatadas se llevan a los sitios de eliminación de desechos donde las raíces adsorben / absorben el agua subterránea y los contaminantes también. Una vez que las raíces están saturadas de contaminantes, las plantas se cosechan. (Sharma y Kumar, 2020).

Sistemas de fitorremediación acuática: Según, Delgadillo (2012, nos indica que podemos tener cuatro tipos de sistemas de fitorremediación acuática y estos son:

- Humedales construidos o artificiales: diseñado y fabricado por el hombre para su provecho, se determina como un complejo de sustratos saturados, vegetación emergente y sub emergente, animales y agua que simulan los humedales naturales (Delgadillo, 2012, p.17).

- Sistema de tratamiento con plantas acuáticas flotantes: esta especie de planta se encuentran en piscinas semiconstruidos o naturales, donde se conservan para manipular aguas residuales (Delgadillo, 2012, p.17).
- Sistema de tratamiento integral: es la combinación los 2 sistemas nominados anteriormente (Delgadillo, 2012, p.17).
- Sistema de rizofiltración, ya nombrado previamente estos sistemas están comprobados que pueden eliminar eficazmente sustancias no orgánicas, metales pesados, elementos radiactivos, fluoruros, bacterias y virus, de aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, incluyendo las industrias: lechera, de pulpa y papel, textil, azucarera, de curtiduría, de destilería, aceitera, de galvanizado y metalurgia (Delgadillo, 2012, p.17)

El empleo de estas plantas acuáticas flotantes, con el pasar del tiempo ha sido producido bajo diversas formas de sistemas de potabilización del agua. En ese sentido, hay diferentes bocetos en función de ciertas características (como las ya mencionados), no obstante, el más regularmente utilizado es el sistema de humedales artificiales (Marteloy Lara, 2012).

En paralelo con los sistemas de tratamiento habitual su aplicación tiene un menor valor monetario, son afables con el ambiente paisajísticos, además existe la fortuna de poder fusionar con otros procesos purificadores que ya se conocen, a fin de mejorar su productividad (Luna y Castañeda, 2014).

Lugar de estudio: En este proyecto necesitaremos el agua del Río Santa con más precisión en el segmento contiguo al Pasivo Ambiental Minero de Recuay que se encuentra en el distrito de Ticapampa, en la provincia de Recuay (departamento de Ancash).

Para poder realizar los análisis necesarios para extraer el informe requerido acerca del grado de contaminación que existe en este rio especialmente la concentración de plomo.

Ubicación: La provincia de Recuay la podemos encontrar dirigiéndonos al sur de la ciudad Huaraz, cuenta con un área de 2.304,19 km² y posee 10 distritos que son: Recuay, Ticapampa, Llacllín, Pampas Chico, Tapacocha, Cátaç, Cotaparaco, Huayllapampa, Pararín, Marca.

Se encuentra a 25 km de la ciudad de Huaraz, la provincia está ubicada a una altitud aproximadamente de 3.394 msnm, tiene un numero poblacional aproximado de 20, 363 habitantes. Tiene un clima seco por el día y frío por las noches se podría decir que tiene un clima templado, con una temperatura media de 19.5 °C. En sus mesetas, como la pampa de Lamas y de Conococha, se producen el tradicional clima gélido y las noches estrelladas.

Rio Santa, Provincia de Recuay: Recuay, se encuentra en el departamento de Áncash ,es una de las veinte provincias que compone este departamento del Perú. Está limitada por el Norte con las provincias de Aija y Huaraz; por el Este limita con la provincia de Huari; por el Sur con la provincia de Bolognesi y por el Oeste con la provincia de Huarney.

Plomo en el rio Santa (Ticapampa): Según estudios (MINSa, 2011), se ha encontrado que existe una cantidad de concentración de plomo de 0,16575 mg/L siendo superior a los Límites Máximos Permisibles establecidos por los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua” del Ministerio del Ambiente.

Tabla 10

Catalogación hecha por la Biblioteca Central del Ministerio de Salud “Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. (MINSA. 2011).

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS DE CALIDAD ORGANOLEPTICA						
PARAMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO	
			Costa y Sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Turbiedad	Unt	5	5	5	5	5
Conductividad	uS/cm	1500	1500	1500	1500	1500
Cloruros	mg/L	250	250	250	250	250
Temperatura	celsius	-	-	-	-	delta 3° C
pH	UNIDADES	6.5-8.5	-	-	6.5-8.5	6.5-8.5
Solidos totales disueltos	mg/L	500	500	500	500	-
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS QUIMICOS INORGANICOS Y ORGANICOS						
Arsenico	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio	mg/L	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
Cobre	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05
Plomo	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05

2. Justificación de la investigación

Se ha considerado una justificación práctica para el presente proyectos ya que en la provincia de Recuay (departamento de Ancash) distrito de Ticapampa, en el segmento contiguo al Pasivo Ambiental Minero de la ciudad de Recuay, ahí encontramos uno de los ríos más importantes del Perú, el Rio Santa. En la actualidad existen relaveras que están contaminando de manera excesiva las aguas cercanas a esta población siendo como siempre los más afectados la gente de escasos recursos ya que muchos lugares de la sierra del Perú están pasando por el mismo problema y en especial en este tramo del rio santa no cuenta con un tratamiento de aguas previo a llegar a dicha zona .Por ello esta investigación tiene por finalidad remover plomo y estabilizar el pH de las aguas del rio usando lenteja y jacinto de agua mediante su

sistema de fitorremediación dado que tanto la lenteja como el jacinto de agua pueden llegar a ser invasivas aprovechando de esta manera su rápido crecimiento. Tanto la lenteja como el jacinto de agua se encuentran en toda la amazonia de América del Sur, y se han extendido rápidamente. Hoy en día se pueden encontrar fácilmente en aguas calmadas de quebradas, presas, micro presas, lagunas, pantanos, arroyos, zanjas, y ríos. Por ello estas plantas son una buena opción para elevar la calidad de vida, mejorar la salud y el saneamiento en los países en vías, de desarrollo por esto es necesario sistemas de tratamientos competentes y de bajo costo para el manejo de aguas potables y aguas residuales, así como también erradicar, la contaminación ambiental.

Beneficio Social y Aporte Científico: Esta investigación puede servir de bastante apoyo para las zonas de escasos recursos expuesta a este tipo de contaminantes debido a su bajo costo y facilidad para mejorar las condiciones de vida. Este estudio impulsará a los investigadores a realizar experimentos y ensayos sobre estos biomateriales en remoción de Pb(plomo) y por lo tanto así prevenir daños en la salud por el consumo directo tanto como de la población como así también de los animales de crianza y la vegetación ya que en estas diferentes zonas el mayor porcentaje de la población se dedica la agricultura y ganadería. La finalidad de este esta investigación es obtener un agua apta para consumo humano. El aporte científico está encaminado a disminuir las deficiencias y debilidades en el ámbito de la salud de las personas, identificando los mayores problemas de contaminación que se presentan en diversas zonas del Perú para así ser evitadas y mejorar la calidad de vida y salud de la población.

3. Problema

Realidad Problemática

En este contexto el presente estudio se relaciona considerando una realidad problemática donde actualmente existen bastantes relaveras que están poniendo en riesgo la salud de la comunidad y toda la zona de Recuay, entre las principales encontramos a las relaveras de la planta “Toma La Mano”, Compañía Minera Yahuarcocha S.A. y la compañía minera Lincuna S.A.

Encontramos que en un tramo del Rio Santa, en el tramo adyacente al Pasivo Ambiental Minero de Recuay, en la provincia de Recuay, distrito de Ticapampa sus aguas están contaminadas, transportan plomo y otros metales tóxicos, excediendo los Límites Máximos Permisibles, por ello crea un elevado riesgo y significativo para la salud de la población, los animales y la ecología de la zona y alrededores.

Por ende, para poder avanzar y perfeccionar las condiciones de salud y saneamiento en los países que se encuentran en progreso es necesario sistemas de tratamiento eficaces y de presupuesto económico para el empleo de aguas potables y aguas residuales.

Tenemos una ocasión propicia donde podemos poner a prueba capacidades de desarrollo y suprimir la contaminación ambiental ya que en los últimos años se han manifestado variedad de propuestas sobre métodos de purificación de aguas residuales empleando sistemas de plantas para la remoción de diversos contaminantes (metales pesados, nutrientes, etc.). Se necesita erradicar este problema ambiental que está impactando en mayor dimensión a las zonas menos beneficiadas y pobres del Perú.

Formulación del Problema

¿En qué medida se reducirá la cantidad de plomo empleando la lenteja y el Jacinto de agua en el rio Santa-Ticapampa?

4. Conceptuación y Operacionalización de las variables.

Tabla 10

Variable Dependiente e Independiente

Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
Capacidad de remoción de plomo en el Rio Santa-Ticapampa	La remoción es un proceso que ayuda a la asimilación activa o pasiva de iones metálicos a través de distintos métodos como adsorción, bioadsorción, etc. (Tejada, Villabona, & Garcés, 2015, p.110).	Es el porcentaje de remoción que se llega a obtener a través de la aplicación de 50 y 100 gr de lenteja de agua y 7 y 14 plantas de Jacinto de agua correspondientemente a 7 y 14 días de exposición, sobre el agua contaminada con plomo.	Tiempo de contacto Tiempo de Reposo	Promedio de los porcentajes de Plomo
Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
Dosificación de Lenteja de Agua sobre el agua contaminada	Es una planta acuática de hojas con forma planas y ovalada que viven flotando encima de las aguas, se puede utilizar para la potabilización del agua ya que cuenta con una a su gran facultad para acumular metales pesados y también como abono para el pasto del ganado, como complemento alimenticio de otros animales como los peces y también los cerdos, como proteínas forrajeras ya que es muy rica de esta nutriente	Las soluciones de agua son muestras del lugar elegido (rio Santa-Ticapampa), con la finalidad de realizar ensayos de remoción de plomo mediante un método natural que es la fitorremediación utilizando la lenteja y el jacinto de agua como removedores naturales a través de la raíz.	Dosificación de la lenteja de agua 50 y 100 gr a los 7 y 14 días respectivamente	Concentración másica (mg/L)

Dosificación de Jacinto de Agua sobre el agua contaminada	Es una especie que tiene sus raíces colgando en el agua, llegan a mediar de 10 a 15 cm, este tipo de plantas se distribuyen en el geotrópico, Cuentan con hojas que parecen roseta, con pedúnculo largo y sin hojas sumergidas. (Valera, 2001). Tiene una alta facultad en la absorción de metales pesados al igual que la lenteja de agua.	Las soluciones de agua son muestras del lugar elegido (rio Santa-Ticapampa), con la finalidad de realizar ensayos de remoción de plomo mediante un método natural que es la fitorremediación utilizando la lenteja y el jacinto de agua como removedores naturales a través de la raíz.	Dosificación del Jacinto de agua, 7 y 14 plantas a los 7 y 14 días respectivamente.	Concentración másica (mg/L)
---	---	---	---	-----------------------------

Tabla 11

Caracterización y Operacionalización de Variables

DENOMINACIÓN	PLOMO	LENTEJA Y JACINTO DE AGUA
Tipo	Dependiente	Independiente
Naturaleza	Cuantitativa	Cuantitativa-Cualitativa
Medición	Intervalo	De Razón
Indicador	Cantidad de plomo.	Cantidad de Plantas
Unidad de Medida	mg P/L	Unidad
Instrumento	Ficha de Datos	Ficha de Datos
Definición Conceptual	Nutriente que se encuentra en el agua.	Planta Acuática.

Fuente: Elaboración propia

5. Hipótesis.

En qué medida se removería el plomo de las aguas del Rio Santa- Ticapampa empleando la Lenteja y el Jacinto de agua, mediante su sistema de fitorremediación.

6. Objetivos

Objetivo general:

- Determinar la remoción de plomo y la estabilización del pH en el río Santa (ticapampa), utilizando la Lenteja y el Jacinto de agua en las aguas del río Santa – Ticapampa.

Objetivos específicos:

- Localizar y ubicar la zona de estudio.
- Explicar la caracterización del agua del río Santa mediante barrido de metales y parámetros físico-químico.
- Describir los ensayos físico-químicos de del río Santa (ticapampa) en la provincia de Recuay en dos periodos de 7 y 14 días utilizando Lenteja y Jacinto de Agua.
- Calcular la cantidad de remoción de plomo y estabilización del pH con respecto a los periodos de 7 y 14 días utilizando la Lenteja y el Jacinto de agua.

II. METODOLOGIA

2.1 Tipo y Diseño de la investigación

Tipo de investigación

La investigación se realizará por el Método Experimental, ya que se pretendió descubrir e implementar conocimientos actualizados aplicando la lenteja y el Jacinto de agua sobre las aguas del rio santa (Ticapampa) colocadas en 2 estanques, realizando sus ensayos a los 7 y 14 días.

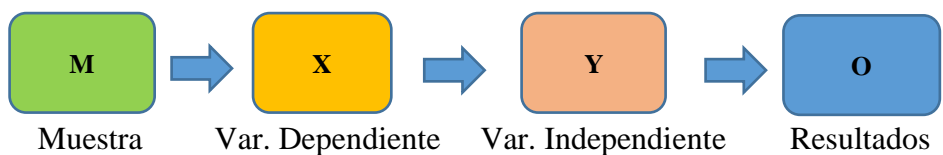
La gran mayoría de la información e investigación, se efectuó en el laboratorio de Colecbi, examinando, interpretando y discutiendo los resultados obtenidos. Por consiguiente, decimos que la investigación está orientada al nivel “Experimental”. Ya que hemos buscado una alternativa sustentable y económica, referente al tratamiento de aguas superficiales que son contaminadas producto de la industria y la agricultura.

El tipo de investigación es Aplicada, ya que servirá como una opción novedosa referente al tratamiento de aguas superficiales, ya que con la ayuda y uso de la lenteja y el Jacinto de Agua se logrará la remoción plomo presente en ella y estabilizar el ph con el fin de llegar a los límites máximos permisibles. Con esto se logrará consolidar los problemas de economía y sustentabilidad a través de esta propuesta.

Diseño de Investigación

El diseño de la investigación será Experimental de nivel “Cualitativo-Cuantitativo”; por consiguiente, se pudo comparar 2 grupos de estudio (estanques), el 1 estanque con una dosificación de 50 gr. de lenteja de agua + 7 plantas de Jacinto y otra con una dosis de 100 gr. De lenteja de agua + 14 plantas de Jacinto; efectuando el control y manipulación de la variable independiente que son las plantas, para ello se estudió un método prometedor y eficaz de tratamiento de agua superficiales para mejorar la calidad del agua contaminada.

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:



Donde:

M: muestra





X: Variable dependiente

Y: Variable independiente

O: Resultados

El estudio en su mayor parte se concentrará en el laboratorio de control de calidad “Colecbi”, donde se realizarán los ensayos y en mi domicilio donde como investigador estaré en contacto con la metodología a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en los objetivos formulados.

Tabla 12

n° días	50 gr + 7 plantas	100 gr + 14 plantas
7		
14		

Dosificación de Lenteja de agua + Jacinto de agua

Fuente: Elaboración propia

2.2 Población y Muestra

Población

La población y también la muestra son las aguas del río Santa a la cual estudiaremos con el fin de remover el plomo de sus aguas.

Muestra

El río Santa es muy extenso para ello, nos ubicaremos en un punto exacto en la ciudad de Ticapampa de donde extraeremos agua para ser estudiada y la cual será nuestra muestra (se realizará las 2 dosificaciones)

2.3 Técnicas e Instrumentos de Investigación

La técnica de la remoción es mediante el sistema de fitorremediación y para medir el porcentaje de absorción del plomo se llevará las muestras de agua al laboratorio de Colecibi. Para poder extraer el agua en baldes antes se debe utilizar como instrumento la guía de observación resumen que estarán estructuradas la cual tiene información exacta para ser tratada estadísticamente:

- El sondeo: se realizó los monitoreos del ANA en el río Santa- Ticapampa.
- Con ayuda del sistema de posicionamiento global (GPS) se tomaron las coordenadas exactas del punto de extracción.
- Los ensayos de laboratorio se realizaron en el laboratorio de COLECBI S.A.C. (Nuevo Chimbote), acreditado por INDEC.

Se logró tomar una cantidad de 500 ml de agua en una botella para luego trasladarla al laboratorio y poder estudiar los parámetros físico-químicos. Luego llenaremos 2 peceras de vidrio con esta agua, en 1 pecera verteremos 50 gr de lenteja + 7 plantas de Jacinto y a los 7 días llevaremos una muestra de 500 ml en una botella para su respectivo estudio y en la 2 pecera verteremos 100 gr de lenteja + 14 plantas de Jacinto que llevaremos a los 14 días al laboratorio. Los instrumentos a utilizar son los siguientes:

- Cubetas de Tecnopor para guardar el agua extraída
- GPS para ubicar el punto exacto de la extracción
- Dos peceras de vidrio de 40cm x 25 cm
- Una bomba de agua para pecera
- Colador
- Botellas de plástico

2.4.Desarrollo Experimental:

- ✓ Visita al Laboratorio de COLECBI.

Se realizó una visita a Lab. COLECBI para obtener información sobre las recomendaciones que hay que tomar para realizar un correcto muestreo del agua superficial de una quebrada.

- ✓ Determinar los metales totales (ensayo de barrido de metales) (ticapampa)
 - Se realizó un muestreo de agua superficial del rio santa (ticapampa), el día 10/02/2020 para al siguiente día realizar los ensayos.
 - Se dejó la muestra del agua en COLECBI el día 11/02/2020 para sus respectivos ensayos.
 - El ensayo de laboratorio de Barrido de Metales fue mediante la metodología de EPA 200.8 (Determinación de elementos traza en aguas y residuos mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente).

Determinar las dimensiones del estanque:

Para la determinación del volumen se buscó tener en consideración las características generales en donde se presenta la Lenteja y el Jacinto de agua, las cuales se presentan mayormente en alturas en 20y 30 cm y además siempre aparecen en los bordes del cuerpo de agua. (Fotografía N°7)

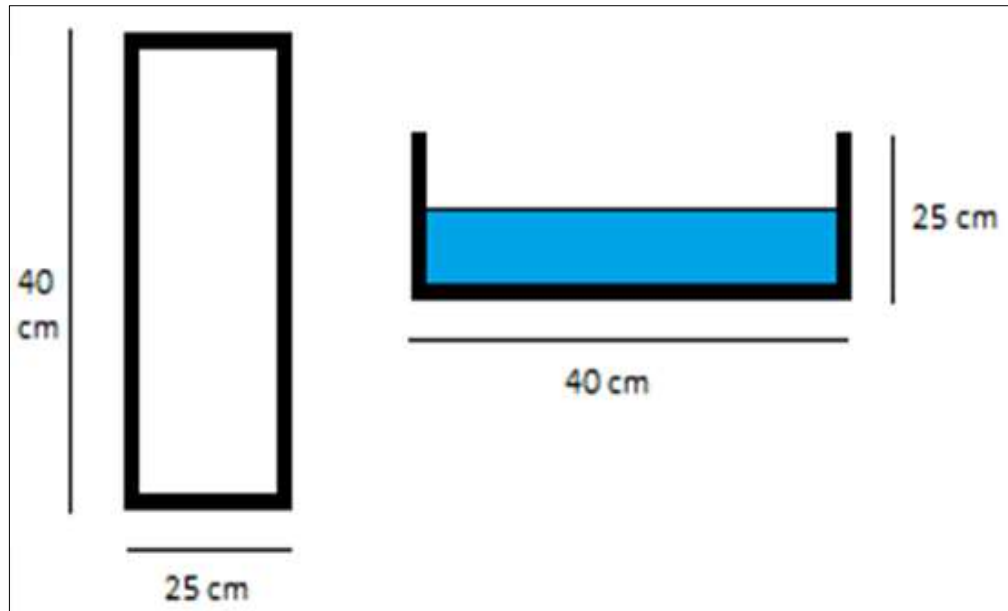


Figura 5: Diseño del prototipo del estanque

Se dedujo mediante una fórmula las medidas del estanque para un volumen de 20 litros de agua, y para una altura de 25 cm, ya que las plantas de jacinto de agua se presentan mayormente a una altura de 20 cm (Raíces) quedando así 5 cm de la pecera para las plantas(cuerpo). Las dimensiones finales fueron de: 40 x 25 x 25 cm.

III. RESULTADOS:

Localización y ubicación de la zona de estudio, de la lenteja y jacinto de Agua

Localización

El agua recolectada se encuentra en el Río Santa en el segmento continuo al Pasivo Ambiental Minero de Recuay, Ticapampa, en la provincia de Recuay

(departamento de Ancash), con coordenada S (9° 44.217') W (77°26.952') a una elevación de 3422.29 m.



Figura 8: Imagen Satelital de la zona de recolección del agua

ADQUISICIÓN DEL AGUA:

El agua contaminada se obtuvo del Río Santa – Ticapampa, obteniendo 15 L para realizar el patrón y experimentales. **(Fotografía N°3)**

MUESTRA PATRÓN:

Se tomó una muestra de 1 L del agua extraída del Río sin agregarle ningún componente externo y se llevó a analizar.

(Fotografía N°8)

UBICACIÓN DE LA LENTEJA DE AGUA:

Ubicación :
- Ancash
- Santa
- Chimbote

Lugar : Acuario “Hippocampus”

Accesibilidad : Por la Av. Aviación a 10 min del centro de Chimbote

Coord. UTM WGS 84		
Zona	S	W
17L	9°04'11.9"	78°34'57.3"

Coordenadas :

Adquisición de la Lenteja de agua:

La lenteja de Agua fue adquirida en el acuario "Hippocampus" ubicado en la ciudad Chimbote en la Urb. 21 de abril. Se adquirió 200 gr. de la planta de agua. **(Fotografía N°10-N°11)**

UBICACIÓN DEL JACINTO DE AGUA:

Ubicación :
- Ancash
- Santa
- Coishco

Lugar : C.P. San Luis

Accesibilidad : Por la Panamericana Norte, a 15 min del centro de Coishco antes del C.P. San Luis.

Coordenadas :

Coord. UTM WGS 84		
Zona	S	W
17L	9°00'19.8"	78°37'09.3"

Adquisición del jacinto de agua:

El Jacinto de Agua fue adquirido en el centro poblado San Luis en una acequia en la entrada del centro poblado. Se extrajeron 30 plantas de las cuales se seleccionaron 21 plantas. **(Fotografía N°9)**

Determinar los componentes químicos del agua del río Santa mediante barrido de metales y parámetros físico-químico.

Análisis de Metales Totales del agua antes de absorción de plomo (mg/L).

Con los resultados obtenidos del análisis de agua realizado en el Laboratorio de Colecbi, podemos apreciar en el análisis de metales totales lo siguiente:

Tabla 13

Barrido de Metales

Ensayos	Muestra Ticapampa
pH	2.95
Conductividad(uS/cm)	1263

Metales	Resultados(mg/l)	Metales	Resultados(mg/l)
Aluminio(Al)	8.0644	Magnesio(mg)	12.47
Arsenico(as)	6.3121	Manganeso(Mn)	7.0356
Boro(B)	13554	Molidebniio(Mo)	<0.0006
Bario(Ba)	0.0223	Sodio(Na)	35.87
Berilio(Be)	0.0016	Niquel(Ni)	0.1132
Calcio(Ca)	101.16	Fosforo(P)	0.2662
Cadmio(cd)	0.0428	Plomo(Pb)	0.12575
Cerio(Ce)	0.0054	Antimonio(Sb)	0.05285
Cobalto(co)	0.0086	Selenio(Se)	<0.0045
Cromo(Cr)	0.00203	Estaño(Sn)	0.0177
Cobre(Cu)	0.12629	Estroncio(Sr)	0.6035
Hierro(Fe)	56.13	Titanio(Ti)	0.1805
Mercurio(Hg)	<0.00007	Talio(Tl)	<0.0002
Potasio(K)	6.3062	Vanadio(V)	0.00499
Litio(Li)	0.2422	Zinc(Zn)	10.74

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

Análisis interpretación: Tenemos los resultados del análisis de metales totales teniendo como resultado una cantidad de 0.12575 mg/l de plomo en el agua excediendo los límites máximos permisibles de plomo (0.05 según MINSA) y un nivel de pH de 2.95 (5,5 – 9,0 MINSA), siendo un agua altamente ácida que no puede ser usada para riego ni como alimento para animales y menos como consumo humano. También podemos observar que no solo contiene niveles excesivos de plomo sino también otro tipo de contaminantes tanto metales como no metales.

ANÁLISIS DE LA MUESTRA PATRÓN (MP):

Tabla 14

Muestra patrón, ensayos físico-químicos y metal pesado.

Ensayos físico-químicos	Muestra Patrón (MP)
	Rio Ticapampa
pH	3.30
Conductividad(uS/cm)	628
Cloruros (mg/L)	12
Solidos Totales(mg/L)	440
Metales Totales (mg/L)	Rio ticapampa
Plomo (pb)	0.115

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

Análisis interpretación: obtuvimos un agua con niveles bajo de pH (3.30) siendo un agua acida y con un nivel de plomo de 0.115 mg/L excediendo los límites máximos permisibles según el MINAM. El nivel de plomo en el agua es alto con un resultado de 0.115 mg/ l siendo un agua muy contaminada, no apta para consumo humano.

COMPARACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN Y EL ECA:

Tabla 15

Comparación de parámetros del agua con los ECA

ENSAYOS	MUESTRA MUESTRA PATRÓN RIO SANTA - TICAPAMPA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINSA)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINAM)
S.T.D. (mg/L)	440	1000	1000
Cloruros (mg/L)	12	250	250
Conductividad (uS/cm)	628	1500	1600
pH	3,30	6,5 a 8,5	5,5-9,0
Plomo (mg/L)	0,115	0,01	0,05

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

Determinar los ensayos físico-químicos de del rio Santa (ticapampa) en la provincia de Recuay en dos periodos de 7 y 14 días utilizando Lenteja y Jacinto de Agua.

Análisis de las muestras experimentales:

Tabla 16

Muestra experimental 1 (ME1), ensayos físico-químicos y metal pesado con respecto a los LMP según MINAM.

Ensayos	Muestra Experimental 1(ME1) 50 gr de lenteja y 7 plantas de jacinto de agua – a los (7 días)	Limites Máximos Permisibles MINAM
S.T.D. (mg/L)	770	1000
Cloruros (mg/L)	118	250
Conductividad (uS/cm)	1230	1600
pH	5.2	5,5-9,0
Plomo (mg/L)	0,076	0,05

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

Análisis interpretación: A los 7 días de exposición de las plantas con el agua contaminada con la dosificación de 50gr de lenteja + 7 plantas de jacinto de agua, obtuvimos del ensayo niveles bajos de pH (5.20) siendo el agua aún acida, pero viendo una mejora notable en la estabilización del pH y también vemos un nivel de plomo de 0.076 mg/L excediendo aún los límites máximos permisibles según el MINAM, pero con un resultado prometedor al ver cómo va actuando la remoción, de todas formas, el nivel de plomo en el agua es alto siendo no apta para consumo humano.

Tabla 17

Muestra experimental 3, ensayos físico-químicos y metal pesado con respecto a los LMP del MINAM.

ENSAYOS	MUESTRA	Limites
	EXPERIMENTAL 3(ME3) 50 gr de lenteja y 7 plantas de jacinto de agua – a los (14 días)	Máximos Permisibles MINAM
S.T.D. (mg/L)	781	1000
Cloruros (mg/L)	112	250
Conductividad (uS/cm)	1208	1600
pH	8.03	5,5-9,0
Plomo (mg/L)	0,063	0,05

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

Análisis interpretación: A los 14 días de exposición de las plantas con el agua contaminada con la dosificación de 50gr de lenteja + 7 plantas de jacinto de agua, obtuvimos del ensayo niveles óptimos de pH (8.03) siendo el agua neutral en niveles de pH ya apta para consumo humano y también vemos un nivel de plomo de 0.063 mg/L excediendo aún los límites máximos permisibles según el MINAM, pero con un resultado prometedor al ver cómo va actuando la remoción, de todas formas, el nivel de plomo en el agua es alto siendo no propicia para la población humano.

Tabla 18

Muestra experimental 2, ensayos físico-químicos y metal pesado con respecto a los LMP según MINAM.

ENSAYOS	MUESTRA	Limites
	EXPERIMENTAL 2(ME2) 100 gr de lenteja y 14 plantas de jacinto de agua – a los (7 días)	Máximos Permisibles MINAM
S.T.D. (mg/L)	805	1000
Cloruros (mg/L)	123	250
Conductividad (uS/cm)	1236	1600
pH	5.9	5,5-9,0
Plomo (mg/L)	0,071	0,05

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

Análisis interpretación: A los 7 días de exposición de las plantas con el agua contaminada con la dosificación de 100gr de lenteja + 14 plantas de jacinto de agua, obtuvimos del ensayo niveles bajos de pH (5.90) siendo el agua aún acida, pero viendo una mejora notable en la estabilización del pH y también vemos un nivel de plomo de 0.071 mg/L excediendo aún los límites máximos permisibles según el MINAM, pero con un resultado prometedor al ver cómo va actuando la remoción, de todas formas, el nivel de plomo en el agua es alto siendo no apta para consumo humano.

Tabla 19

Muestra experimental 4, ensayos físico-químicos y metal pesado

ENSAYOS	MUESTRA	Limites
	EXPERIMENTAL 4 (ME4)	Máximos
	100 gr de lenteja y 14 plantas de jacinto de agua – a los (14 días)	Permisibles MINAM
S.T.D. (mg/L)	787	1000
Cloruros (mg/L)	112	250
Conductividad (uS/cm)	1218	1600
pH	8.02	5,5-9,0
Plomo (mg/L)	0,042	0,05

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C

Análisis interpretación: A los 14 días de exposición de las plantas con el agua contaminada con la dosificación de 100gr de lenteja + 14 plantas de jacinto de agua, obtuvimos del ensayo niveles óptimos de pH (8.02) siendo el agua neutral en niveles de pH ya apta para consumo humano y también vemos un nivel de plomo de 0.042 mg/L estando por debajo de los límites máximos permisibles según el MINAM, pero por encima de los estándares del MINSA(0.01 mg/l) siendo de todas formas un resultado prometedor al ver cómo va actuando la remoción que a mayor tiempo de contacto y mayor dosificación mejora la remoción.

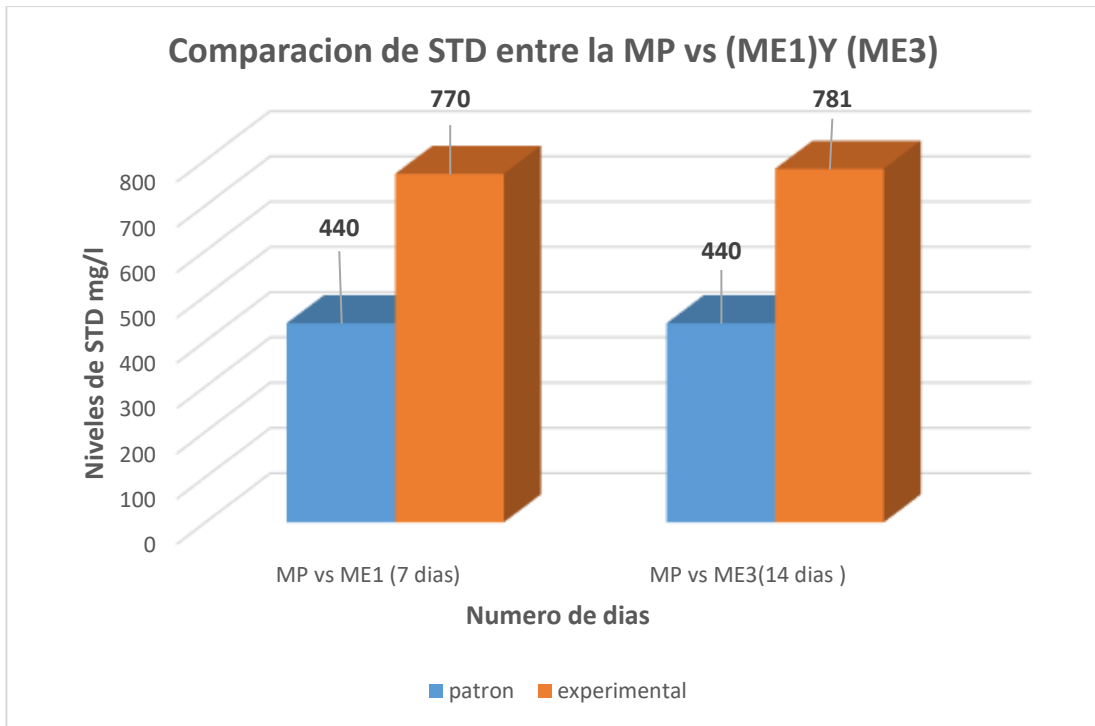


Figura 9. Solidos totales disueltos respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua).

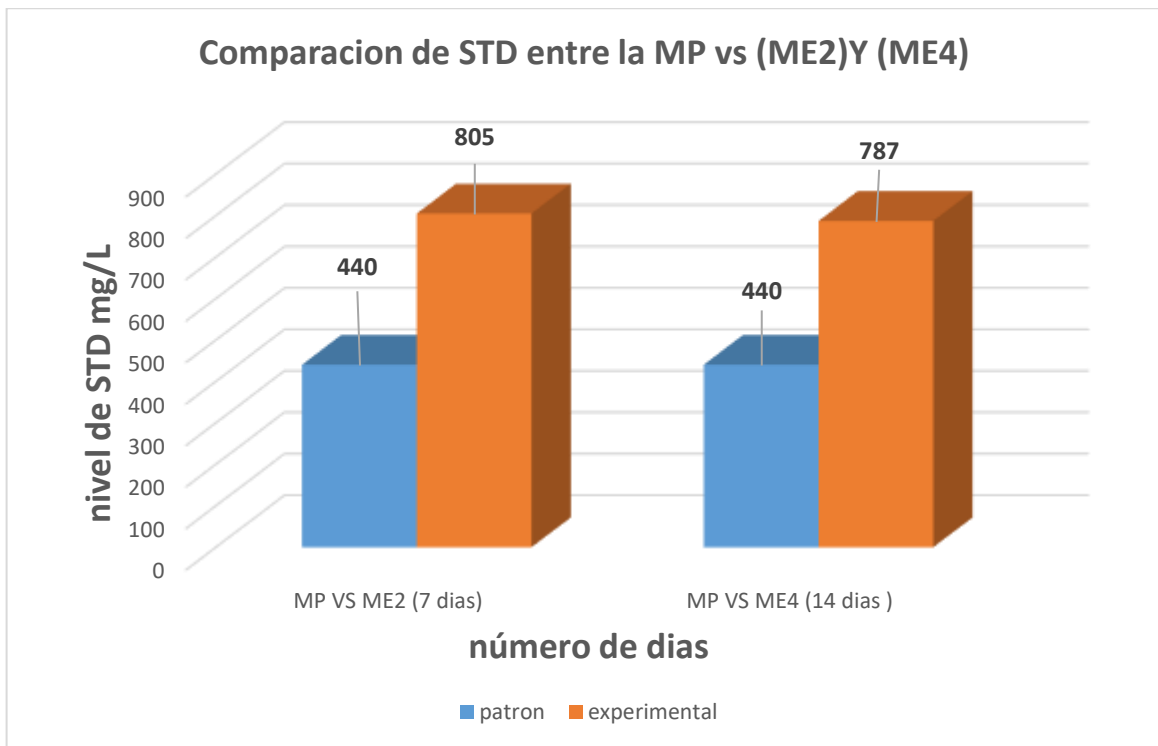


Figura 10. Solidos totales disueltos respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).

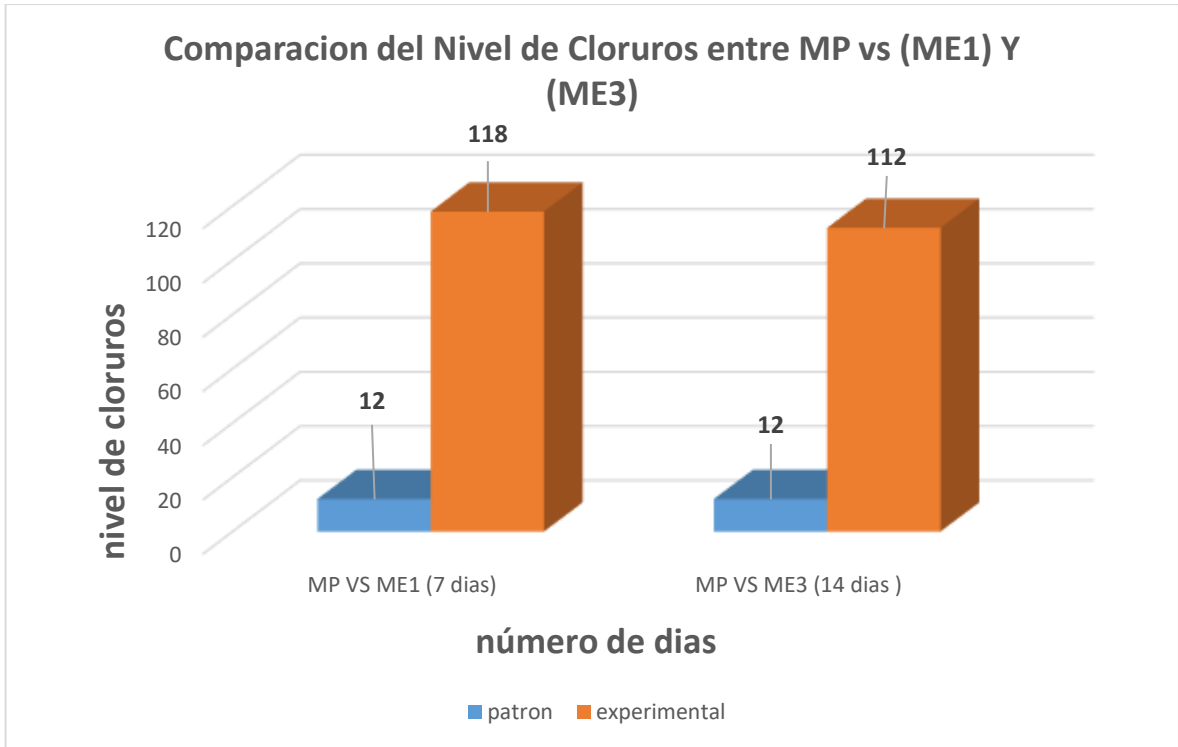


Figura 11. Cloruros respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua).

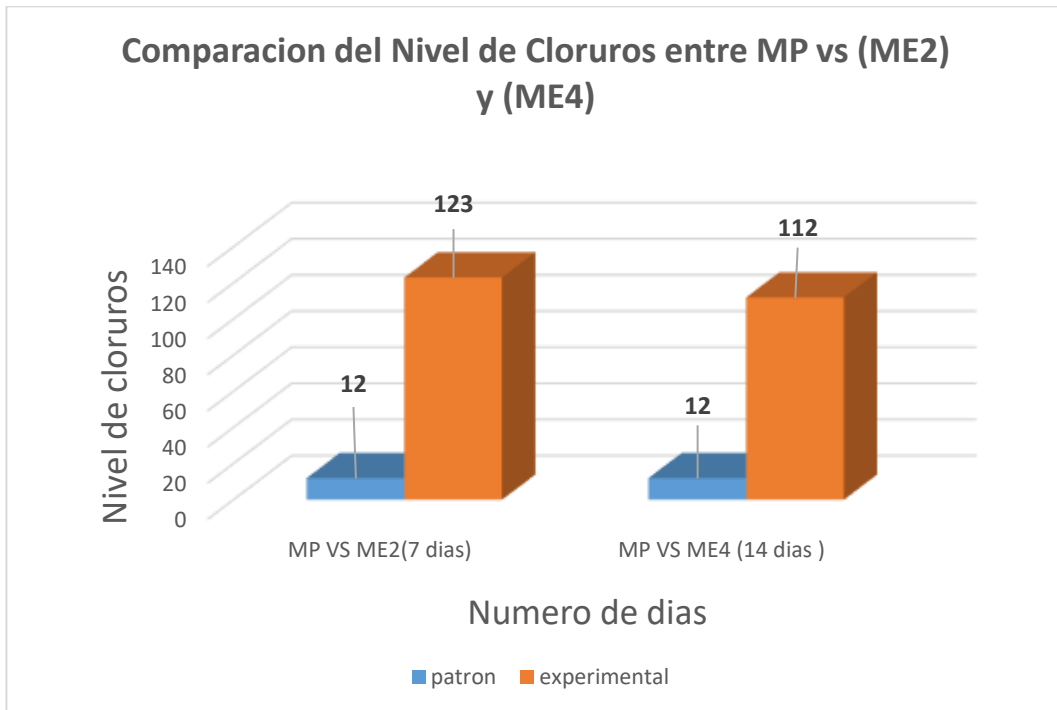


Figura 12. Cloruros respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).

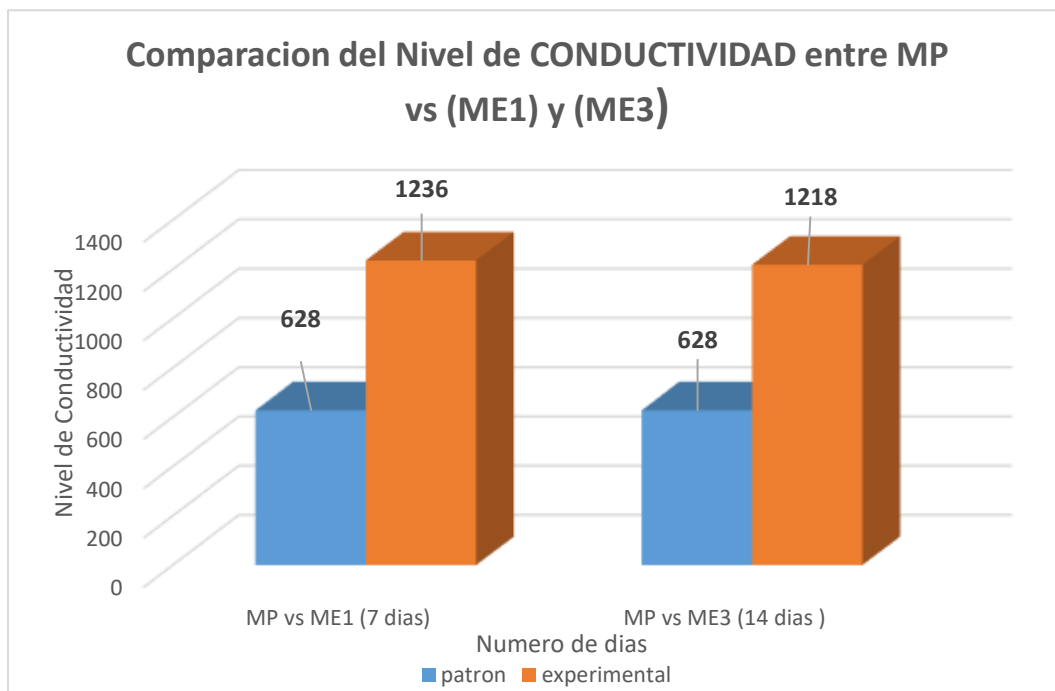


Figura 13. Conductividad respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua)

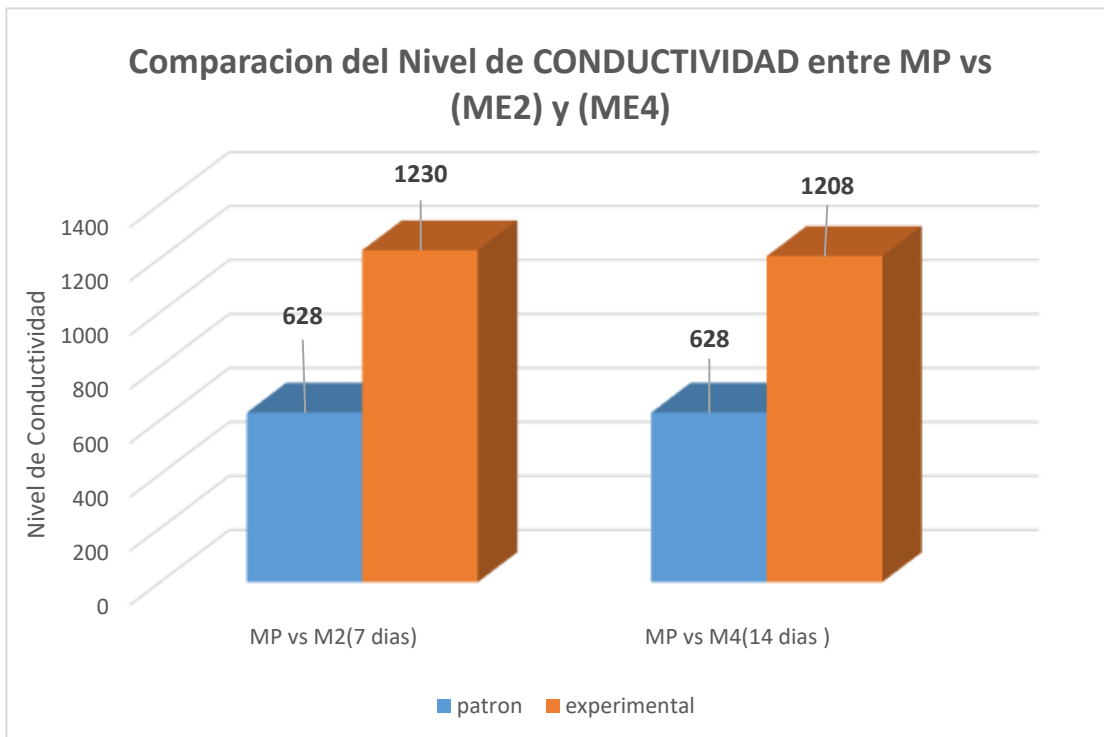


Figura 14. Conductividad respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua)

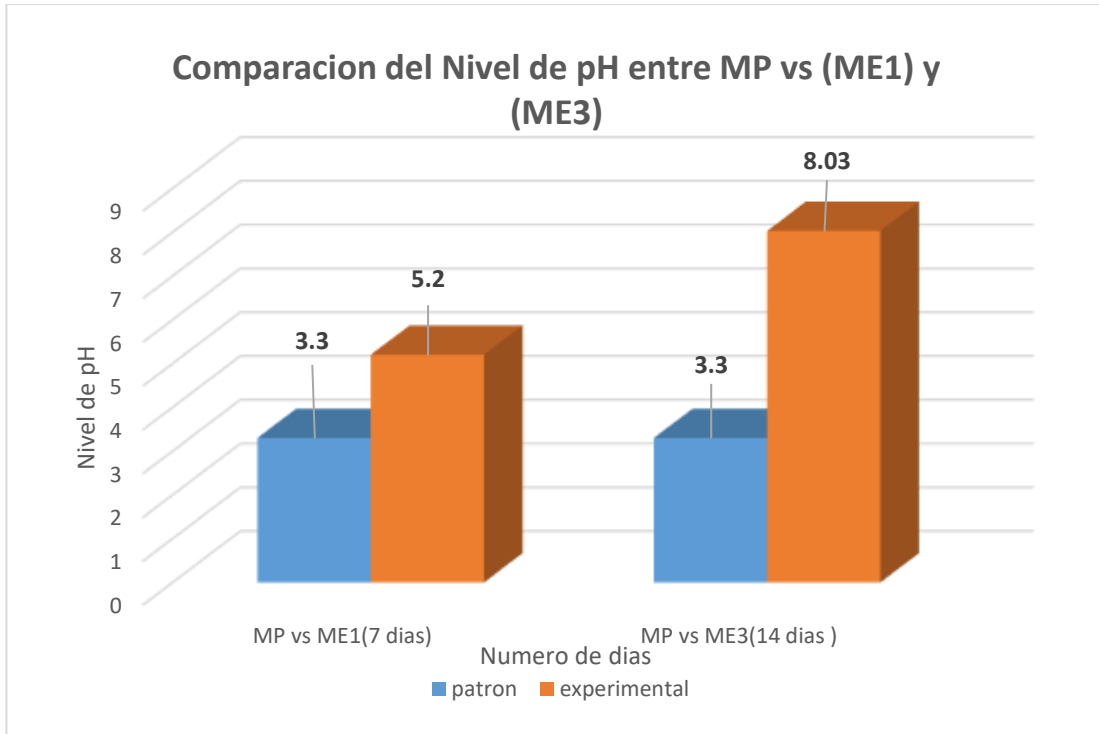


Figura 15. Estabilización del pH respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua de jacinto de agua).

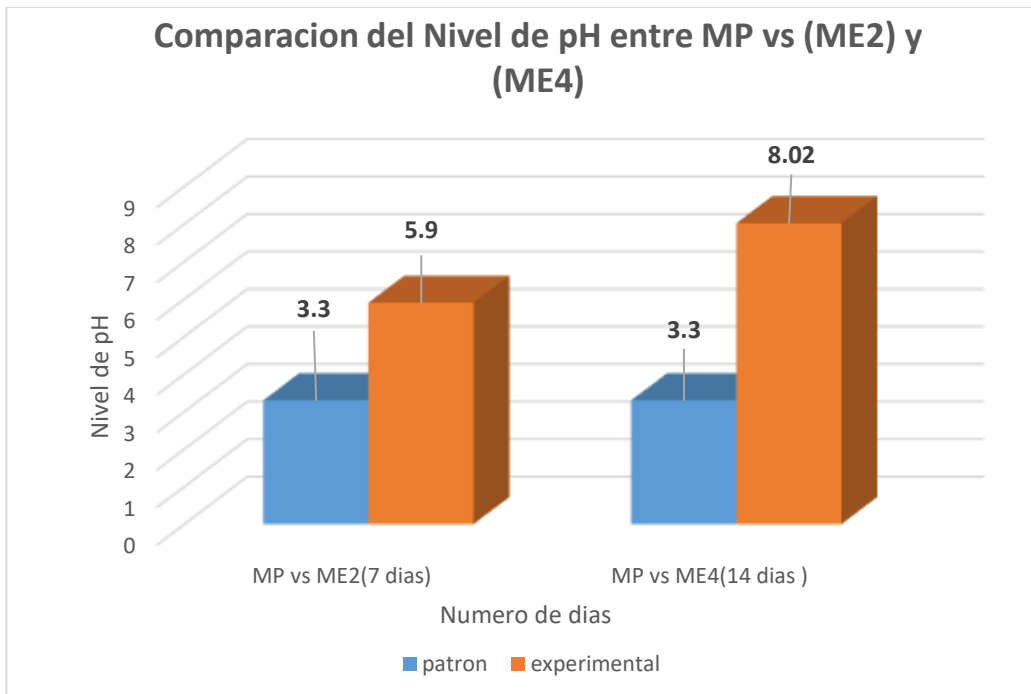


Figura 16. Estabilización del pH respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).

Determinar la cantidad de remoción de plomo y estabilización del ph con respecto a los periodos de 7 y 14 días utilizando la Lenteja y el Jacinto de agua.

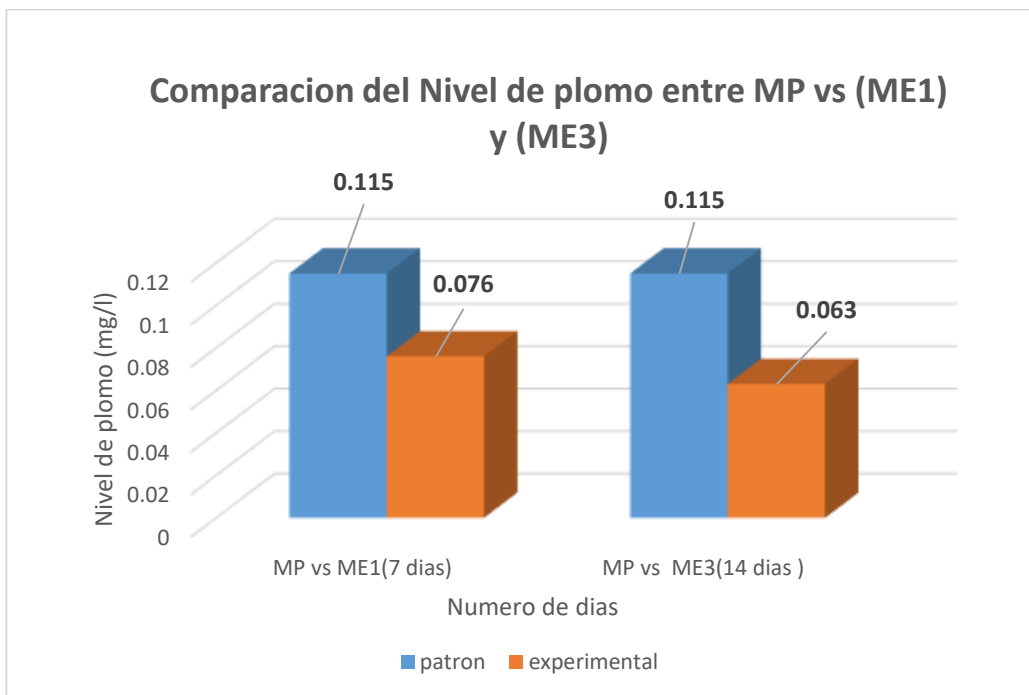


Figura 17. Nivel de remoción de plomo (mg/l) respecto a la muestra patrón con dosificación (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua).

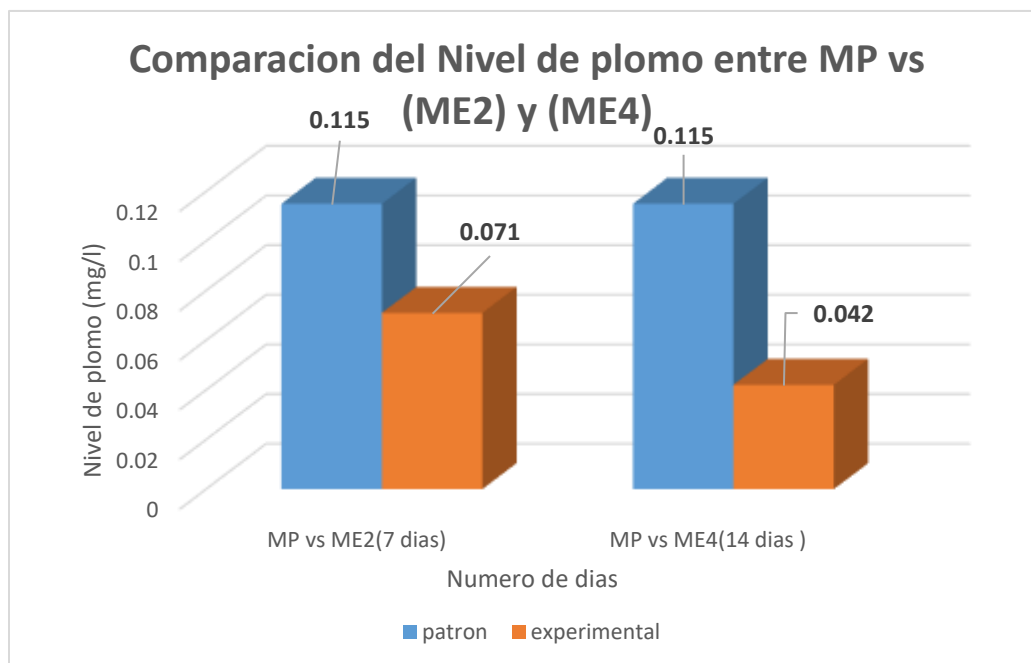


Figura 18. Nivel de remoción de plomo (mg/l) respecto a la muestra patrón con dosificación (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua).

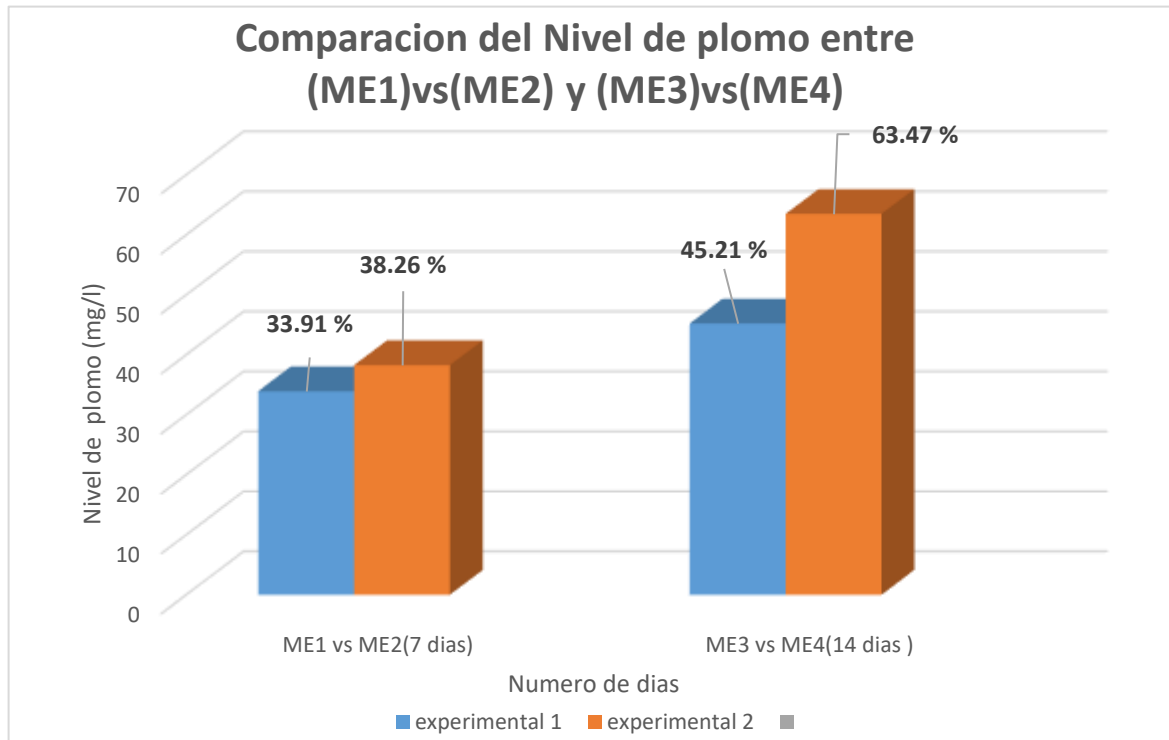


Figura 19. Nivel de remoción de plomo (mg/l) en porcentajes respecto a las 2 dosificaciones (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua) y (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua)

Análisis interpretación: en la figura 19 podemos apreciar en el siguiente grafico una comparación del nivel de remoción que se obtuvo en porcentajes a los 7 y 14 días con su respectiva dosificación. En las primeras 2 barras podemos ver que el mayor porcentaje de remoción se dio con el experimental 2 a los 7 días obteniendo un 38.26 % de remoción. En la segunda 2 barras obtuvimos una mayor remoción a los 14 días con el experimental 2 llegando hasta un 63.47 % de remoción de plomo.

Análisis del Objetivo General: Determinar la remoción de plomo y la estabilización del pH en el río Santa (ticapampa), utilizando la Lenteja y el Jacinto de agua en las aguas del rio Santa – Ticapampa.

Tabla 20

Remoción de plomo y la estabilización del pH

Resultados de laboratorio	Remoción de plomo	Estabilización del pH	Remoción de plomo	Estabilización del pH	Límite Máximo Permisible(pb) (MINAM)	Límite Máximo Permisible(pH) (MINAM)
n° días	7	7	14	14	-	-
50 gr de lenteja + 7 plantas de jacinto de agua	0.076	5.2	0.063	8.03	0.05	5,5-9,0
100 gr de lenteja + 14 plantas de jacinto de agua	0.071	5.9	0.042	8.02	0.05	5,5-9,0

Fuente. – Elaboración propia del autor.

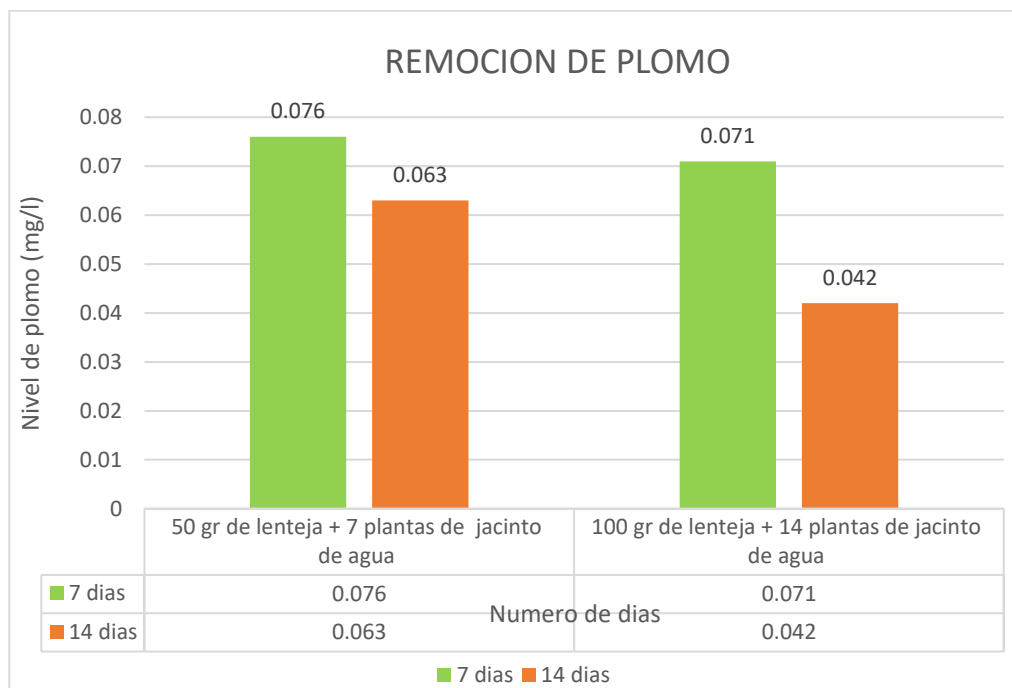


Figura 6. Remoción de plomo a los 7 y 14 días con su respectiva dosificación.

Análisis interpretación: En la figura 6 podemos observar los resultados a los 7 y 14 días teniendo como conclusión que a los 14 días de exposición la remoción es más efectiva con un porcentaje de remoción del 63.48 %. Se usaron 2 dosificaciones ,la primera (50gr de lenteja + 7 plantas de jacinto de agua) y la segunda dosis (100 gr de lenteja y 14 plantas de jacinto de agua) a los 14 días, teniendo como conclusión que se obtuvieron mejores remociones con la segunda dosificación tanto a los 7 como 14 días obteniendo a los 7 días con la ME2 un resultado de 0.063 mg/L de plomo y con esto deducimos que se redujo un 45.21% de contaminación con plomo con respecto a la muestra patrón y con la cuarta dosis ME4 pudimos observar una mejor remoción llegando a 0.042 mg/ L de plomo en el agua. Por lo tanto, deducimos que se removió un 63.48% de plomo con respecto a los 0.115 mg/l de plomo iniciales que tiene la muestra patrón equivalente al 100% de contaminación en el agua.

- Porcentaje de remoción de plomo de la muestra experimental 1 (**ME1**) con respecto a la muestra patrón (**MP**)

% Remoción =	$\frac{\mathbf{MP - ME1}}{\mathbf{MP}} \times 100\%$
% Remoción =	$\frac{0.115 - 0.076}{0.115} \times 100\%$
% Remoción =	33.91%

- Porcentaje de remoción de plomo de la muestra experimental 2 (**ME2**) con respecto a la muestra patrón (**MP**)

% Remoción =	$\frac{\mathbf{MP - ME1}}{\mathbf{MP}} \times 100\%$
% Remoción =	$\frac{0.115 - 0.063}{0.115} \times 100\%$
% Remoción =	35.21%

- Porcentaje de remoción de plomo de la muestra experimental 3 (**ME3**) con respecto a la muestra patrón (**MP**)

% Remoción =	$\frac{MP - ME1}{MP}$	x 100%
% Remoción =	$\frac{0.115 - 0.071}{0.115}$	x 100%
% Remoción =	38.26%	

- Porcentaje de remoción de plomo de la muestra experimental 4 (**ME4**) con respecto a la muestra patrón (**MP**)

% Remoción =	$\frac{MP - ME1}{MP}$	x 100%
% Remoción =	$\frac{0.115 - 0.042}{0.115}$	x 100%
% Remoción =	63.48%	

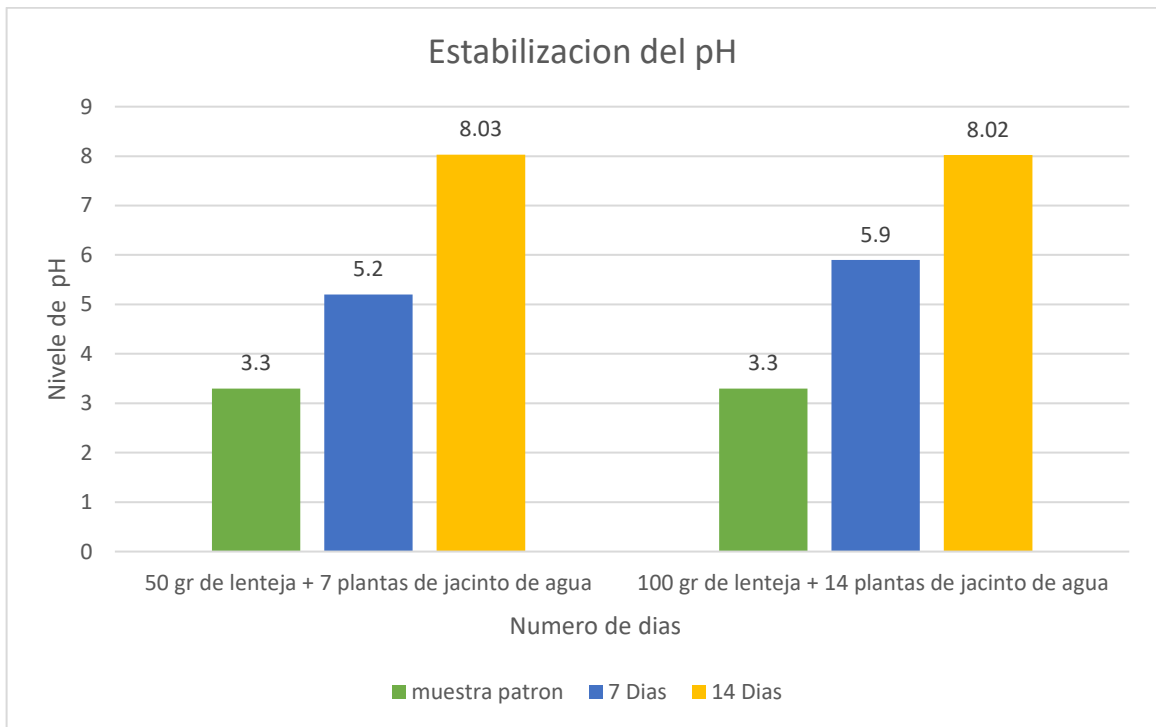


Figura 7. Resultado de la estabilización del pH a los 7 y 14 días con respecto a la muestra patrón.

Análisis interpretación: En la figura 7 podemos apreciar que se pudo estabilizar el pH del agua teniendo un resultado óptimo tanto a los 14 días con las 2 dosificaciones obteniendo 8.03 y 8.02 respectivamente, en el nivel de pH, llegando a ser un agua neutral en pH para consumo humano.

CUADRO RESUMEN:

Tabla 21

Cuadro resumen

ENSAYOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINSAs)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (MINAM)	MUESTRA PATRÓN RIO SANTA - TICAPAMPA	MUESTRA EXPERIMENTAL 1 -	MUESTRA EXPERIMENTAL 2 -	MUESTRA 3	MUESTRA 4
S.T.D. (mg/L)	1000	1000	440	810	781	805	787
Cloruros (mg/L)	250	250	12	118	112	123	112
Conductividad (uS/cm)	1500	1600	628	1230	1208	1236	1218
pH	6,5 a 8,5	5,5-9,0	3,30	5.2	8.03	5.9	8.02
Plomo (mg/L)	0,01	0,05	0,115	0,076	0.063	0,071	0.042

Fuente: Laboratorio de Ensayos Clínicos "COLECBI" S.A.C, MINSAs, MINAM.

Tabla 22

Comparación de la muestra experimental 4 (ME4) y los Estándares de calidad ambiental (ECA) según MINAM.

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable					Resultado
Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	ME4
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
Físico- Químicos					
Cloruros	mg/l	250	250	250	112
Conductividad	µS/cm	1500	1600	**	1218
pH	unidad de pH	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	8.02

Solidos disueltos totales	mg/L	1000	1000	1500	787
Plomo	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.042

Subcategoría B : Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2	ME4
pH	unidad de pH	6.0-9.0	**	8.02
Plomo	mg/l	0.01	**	0.042

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: riego de vegetales	D2: Bebida de animales	ME4
Físico- Químicos				
Cloruros	mg/l	500	**	112
Conductividad	μS/cm	2500	5000	1218
pH	unidad de pH	6.5-8.5	6.5-8.4	8.02
Plomo	mg/l	0.05	0.05	0.042

Fuente: Decreto supremo según MINAM N° 004-2017

Nota 1:

El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

Según Mena, A. (2021). Logró con su investigación una remoción final del 84.36% de plomo con un tiempo de exposición máximo de 90 días siendo el día 90 la muestra donde se llevó a cabo la mayor remoción 84.36%, en esta investigación se puede observar también que el mayor porcentaje de remoción se dio en la última muestra (ME4) llevada a cabo a los 14 días, obteniendo un resultado del 63.48% de remoción (0.042 mg/l), teniendo como claro ejemplo que a mayor tiempo de exposición de la planta en el agua se lleva a cabo una mayor remoción del metal.

Choque M., (2010). Mediante su investigación se obtuvo que el porcentaje de remoción de pb por Lemna minor, a los 30 días es de 65.5567%, y en el quinto se observó 0.4787%. Su trabajo tuvo en cuenta el mayor tiempo de exposición para la lenteja de agua obteniendo la más alta capacidad de remoción y bioadsorción entre los 15 a 30 días de tiempo de contacto en el agua contaminada, teniendo a la lenteja de agua como la especie acuática, tres veces mejor que la azolla en remoción bioadsorción de plomo. Para lo cual se obtuvieron de igual manera los mejores resultados al mayor tiempo de exposición.

- **Sólidos totales disueltos (mg/l):** Con respecto a este ensayo podemos observar el incremento en los resultados debido a la presencia de sales minerales, metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico menor a 1.5 micras que se disuelve en el agua (Díaz, 2019). Observamos el incremento para la muestra con (50 gr de lenteja de agua y 7 plantas) tanto a los 7 días (770 mg /l) como a los 14 días (781 mg/l), con respecto a la muestra patrón (440 mg/L). De igual forma para la muestra (100 gr de lenteja de agua y 14 plantas) podemos observar el mismo incremento de sólidos totales tanto para los 7 días (805 mg/L) como a los 14 días (787 mg/L). Esto debido a la cantidad de partículas generadas por el número de plantas expuestas en las peceras ya que estas con el pasar de los días van desprendiendo partículas de su cuerpo.
- **Cloruros (mg/L):** según los resultados obtenidos tuvo un incremento en ambos experimentales debido a la presencia del ion cloro en la composición química de

las plantas, el cual reacciona con el Ca^{2+} intercambiándose. El Cl^- se encuentra ausente en aguas que predominan cationes como el calcio y magnesio (**Aguilar, 2001, p.1**). Observamos el aumento con la dosis de (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas) así como también con la dosis de (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas) tanto a los 7 como a los 14 días.

- **Conductividad eléctrica (uS/cm):** del agua se utiliza como una medida del TDS.

Esta plasma la facultad del agua para transportar corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Por ello, la conductividad eléctrica está relacionada con TDS.

Observamos que a los 7 días se obtuvo un resultado de 1230 (uS/cm) estando dentro de los Lmp, mientras que a los 14 días podemos observar un resultado de 1208 (uS/cm) esto respecto al ensayo con (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas) mientras que con el ensayo de (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas) los resultados no variaron mucho (1236 uS/cm a los 7 días) y (1218 uS/cm) a los 14 días). La corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución, por lo tanto, la conductividad incrementa cuando la concentración de iones se eleva. (**Solís et al, 2018, p.37**).

- **Potencial de hidrogeno (pH):** muestra una mayor tendencia a la acidez, ya que es muy bajo (3.30), esto debido al resultado de la oxidación química y biológica de sulfuros metálicos, que se pueden encontrar presentes o formando parte de botaderos, relaves, basuras municipales, etc. Los resultados fueron óptimos obteniendo un nivel de pH de (5.2) a los 7 días y 8.03 los 14 días con (50 gr de lenteja de agua + 7 plantas de jacinto de agua). A los 14 días de exposición de las plantas obtuvimos un nivel de pH de (5.9) a los 7 días y 8.02 a los 14 días con (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua). Este nivel de pH nos indicó que tanto la Lenteja como el Jacinto de agua pueden tolerar el agua ácida ya que viven un rango de pH amplio, siendo un nivel ideal entre 4,5 y 7,5 (**Rook, 2002**) y van a poder estabilizarse ya que prefieren aguas ácidas o neutras.

- **Plomo (mg/l)** : en el grafico n°11 Podemos observar que tanto a los 7 como a los 14 días hubo un considerable porcentaje de remoción de plomo en los 2 estanques pero el mayor porcentaje de remoción se dio a los 14 días de exposición de las plantas en el estanque con la dosificación de (100 gr de lenteja de agua + 14 plantas de jacinto de agua) de, removiendo un 63.47% de plomo del agua , obteniendo un resultado de 0.042 mg/l llegando a estar por debajo del máximo permisible que es de 0.05 mg/l según MINAM. Cuando se incrementó el volumen de solución por planta, también aumentó la cantidad total de consumo de plomo. **Göksel Akçin, Ömer Saltabas y Hüseyin Afsar (1994).**
- Podemos concluir que nuestra muestra experimental 4 (ME4) es apta para la producción de agua potable previamente potabilizada con desinfección ya que los niveles de (cloruro, conductividad, pH y STD) están dentro de los estándares de calidad ambiental con excepción del nivel de plomo que supera con un nivel de (0.042 mg/L) el límite del ECA que es (0.01 mg/l).
- En el caso de las aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y avanzado según, la tabla 22, los resultados fueron totalmente óptimos ya que todos los parámetros físico-químicos están dentro de los límites máximo permisibles del ECA con respecto al MINAM.
- Nuestra muestra experimental 4 (ME4), para aguas superficiales destinadas para recreación con respecto a la tabla 22, excede los LMP del ECA en el nivel de plomo (0.042 mg/l) y el ECA (0.01 mg/l) pero el nivel de pH si es óptimo (8.02) estando dentro del rango del ECA (6.0-9.0).
- Para riego de vegetales y bebidas animales todos los parámetros físico-químicos están dentro de los LMP del ECA según la tabla 22, por lo tanto, nuestra agua es apta para la categoría 1 y 3 según el MINAM.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La ubicación de la zona de trabajo se pudo realizar sin ningún inconveniente, de donde se pudo extraer el agua para las muestras de nuestra investigación sin mayor problema debido al bajo caudal del río y moderado acceso donde también pudimos apreciar el color naranja de sus aguas y las piedras producto de la contaminación minera legal e ilegal de la zona.
- Con esta investigación se demostró y se presentó los beneficios de la fitorremediación como un tratamiento fiable y buena alternativa en la limpieza de aguas contaminadas, además se demostró que la Lenteja junto con el Jacinto agua en las circunstancias adecuadas tiene la capacidad de remover el plomo y a mayor tiempo de exposición mayor remoción.
- Se obtuvo un alto nivel de plomo por encima de los LMP (0.12575 mg/l) en el ensayo de barrido de metales y un nivel pH de (2.95).
- EL resultado del análisis físico-químico de la muestra patrón de las aguas del río Santa (Ticapampa) nos indica que el S.T.D., Cloruros y Conductividad están dentro de los LMP según MINAM mientras que el nivel de pH está por encima de los parámetros, siendo un agua ácida (3.30) y un alto contenido de plomo (0.115 mg/l).
- La mayor remoción de plomo se dio a los 14 días con una dosificación de 100 gr/L de lenteja de agua y 14 plantas de jacinto de agua, donde se obtuvo una reducción del plomo hasta 0.042 mg/l que inicialmente tenía (0.115 mg/l) removiendo el 63.48% del agua contaminada.
- La lenteja y el jacinto de agua removieron el plomo, cumpliendo con los estándares del MINAM de 0.05 mg/L; los resultados a los 14 días son muy motivadores, ya que nos muestran elevados índices de remoción que superan el 60% de remoción.
- Observamos que el grado de remoción de la lenteja y el jacinto de agua está en función de que, a mayor tiempo, mayor grado de remoción de plomo.
- Se obtuvieron niveles óptimos de pH, llegando a un valor de (8.02), valor que está dentro de los estándares del MINAM. De todos modos, la exposición a

grandes cantidades de plomo ocasionó que las hojas de la lenteja de agua se tornen de color blanco y las hojas del jacinto empezaran a tomar un color marrón, llegando a morir una pequeña proporción de las plantas y eso afectó los resultados del TDS.

- La lenteja junto al Jacinto de agua son gran candidato para la remoción por sus óptimos resultados no solo de plomo sino también de otros metales además que su reproducción es rápida y la idea de poner en funcionamiento un sistema de esas características es su bajo presupuesto, lo cual lo convierte en un método accesible a la comunidad rural, para así reducir los impactos negativos que se generados por la agricultura y la industria.

5.2 RECOMENDACIONES

- Las cantidades de plomo y otros metales, pesados varían según las estaciones, del año por ello se recomienda hacer un monitoreo del río Santa tanto en época de estiaje como sequía.
- Se recomienda investigar más sobre las capacidades que tienen estas plantas, en lo que se refiere a la remoción de otros metales y no metales, así como también en sus múltiples beneficios ya que tiene muchas utilidades.
- Utilizar una mayor dosificación para la remoción, así como también una exposición más prolongada de las plantas en el agua, para lograr mejores porcentajes de remoción y propiedades físico-químicas.
- Se deberá tener siempre presente la temperatura del agua en el momento de realizar el ensayo, ya que el nivel de pH es cambiante con la temperatura del agua.
- Estabilizar en primer lugar, antes del proceso de remoción, el pH del agua con el Jacinto de Agua ya que la lenteja de agua expuesta a un agua con $\text{pH} < 4.5$ puede ir muriendo en el proceso al estar en contacto con un agua ácida.
- Probar con una mayor dosis de lenteja y jacinto de agua para considerar su eficiencia en una remoción al 100% de plomo y probar su capacidad de remoción en otros metales y no metales.
- Es recomendable que la superficie del agua tenga un leve movimiento, para que las plantas estén oxigenadas y no se mueran.
- Probar la lenteja y el jacinto de agua a mayor dimensión (generar humedales artificiales), y gestar un sistema grupal con otras plantas de la misma familia.
- Mantener la lenteja y el jacinto de agua, expuestas al sol o sombra parcial. Es imprescindible la luz durante doce o catorce horas diarias, como mínimo., y a una temperatura óptima entre 15° y 25°C , y tener cuidado con las épocas de heladas, ya que a menos de 5°C la planta muere.

- Sería una gran opción continuar investigaciones de esta misma naturaleza que nos lleven y apoyen con la descontaminación acuática por fitorremediación, mediante las plantas acuáticas que encontramos en nuestro medio y que en muchos lugares está considerada como una plaga, como la utilización tanto de la "lenteja de agua" como el "jacinto de agua", a partir del presente trabajo de investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arse, m. (2005). *Propiedades químicas del agua*. México d.f.
- Coronel E. (2016), *Eficiencia del jacinto de agua y lenteja de agua en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*. <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cuadra y Romero (2006). *Agua de escorrentía en centros urbanos y apilamientos de minerales*. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6978/02INTRODUCCION.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- David Tin Win , Myint Myint Than y Sein Tun (2003), *Eliminación de plomo de aguas industriales por jacinto de agua de la Universidad De la Asunción, Bangkok, Tailandia*. <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/AUJT/10290498.pdf>.
- García, J., Morató, J. y Bayona, J. (2005). *Depuración con sistemas naturales: humedales construidos. universidad politécnica de cataluña, barcelona, españa*.
- Gunnarsson, C. y Petersen, C. (2007). *water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: a literature review. waste management, (27), 117–129*. <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/362/EPG711-00711-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Irfana S., Farooq A. Lone y Mehrajuddin N. (2018). *Evaluación preliminar de metales pesados en agua, sedimentos y macrófitos (Lemna minor) recolectados del lago Anchar, Cachemira, India*. *Appl Water Sci* **8**, 80 (2018).
- Malar, Vikram, Favas & Perumal, (2016), *La toxicidad del plomo en los metales pesados indujo cambios en el crecimiento y el nivel de enzimas antioxidantes en Jacinto de agua*. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>.

- Martin choque (2010). *Cuantificación de la remoción de pb y cd mediante la lenteja de agua lemna gibba y azolla azolla fuliculoides de las aguas de la bahia interior de puno.*
- Mena Ayala, A. (2021). *Propiedades del Eichhornia crassipes (Jacinto de agua), Schoenoplectus colifornicus (Junco), y el Phragmites australis (Carricillo).* Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia y Ciencias geográficas, 24(47), 101–108. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i47.20656>
- Miguez, Martinez, Carrara, Bombi, Ferreira y Cartmell (2015). *Proceso de bioacumulación de nutrientes en Eichhornia crassipes expuesta a efluentes de una fábrica de celulosa que vierte en aguas del río Uruguay.*
- Minam(2015).*Estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones. Recuperado.* <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf>.
- Minam. (2015). *Estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.*
- Muñoz F. (2016). *Evaluación de la remoción de fenoles, fósforo y nitratos en agua residual doméstica rural en Bruselas Huila, a partir de un sistema de fitorremediación con buchones de agua (Eichhornia crassipes).*
- OMS (2015). *Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas.* El plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando en el cuerpo afectando a diversos sistemas del organismo, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad.
- Rahmani y Sternberg (2000). *Biorremoción de plomo del agua utilizando Lemna minor.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852499000504>
- Rahmani y Sternberg (2015). *Bioremocion de plomo del agua usando Leman minor examinando la capacidad de la lenteja de agua (Lemna minor).* http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682013000200010.

- Reinar, T. (2016). *Eliminación de plomo y cadmio del agua usando lenteja de agua: Impacto del pH y la carga inicial de metal*. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Alejandría. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003.
- Schneider, Smith W. y Rubio J. (1999). *Effect of mining chemicals on biosorption of cu (II) by the non - living biomass of the macrophyte potamogeton jucens. minerals e jngineering*. vol. 12, no. 3: p. 255 – 260.
- Sooknah y Wilkie (2004), *Potencial de tres macrófitas Eichhornia crassipes, hydrocotyle umbrella y pistia stratiotes para mejorar la calidad de agua*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.01.004>
- Us-epa. (1997). *Protecting coastal waters from nonpoint source pollution*. in: u.s. environmental protection agency. washington d.c. usa. 841-f-96-004e.
- Volke, T. Velasco, J. y De la rosa, D. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*. Instituto nacional de ecología. pp 144.

VII. ANEXOS Y APENDICE

Anexo N° 01. Matriz de Consistencia

Planteamiento del Problema	Problema	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Remoción de plomo y la estabilización del pH en el río Santa (ticapampa), utilizando la Lenteja y el Jacinto de agua en las aguas del río Santa – Ticapampa.	¿Usando lenteja y el jacinto de agua se podría remover el plomo y estabilizar el pH del agua del río santa-Ticapampa, de la provincia de Recuay de forma significativa?	En qué medida se removerá el plomo y se estabilizará el pH de las aguas del Río Santa-Ticapampa empleando la Lenteja y el Jacinto de agua, mediante su sistema de fitorremediación.	Capacidad de remoción de plomo y estabilización de pH en el Río Santa-Ticapampa	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de contacto con el agua - Tiempo de reposo 	<ul style="list-style-type: none"> - Promedio de los porcentajes de Plomo - Niveles de pH 	Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental Población: El agua del río Santa - Ticapampa. Muestra 20 L de agua del río Santa - Ticapampa. Técnicas e Instrumentos Técnica: Sistema De Fitorremediación Instrumento: Ensayos del Laboratorio Colecbi. Estanques.
			<ul style="list-style-type: none"> - Dosificación de Lenteja y Jacinto de Agua sobre el agua contaminada 	<ul style="list-style-type: none"> - Dosificación de la lenteja de agua 50 y 100 gr a los 7 y 14 días respectivamente - Dosificación del Jacinto de agua, 7 y 14 plantas a los 7 y 14 días respectivamente 	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración másica (mg/L) 	

ANEXO N°2
RESULTADOS DE
LABORATORIO – BARRIDO
DE METALES



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200221-011

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : SOSA DIOSES CHRISTIAN EDUARDO
 DIRECCIÓN : Jirón Manuel Villavicencio 818 Chimbote
 PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RÍO).
 CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-21
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-21
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-03
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
 CÓDIGO COLECBI : SS 200221-3

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Ticapampa
(*) pH	3,35
Conductividad (µS/cm)	1 283

Metales (**)	Resultados (mg/L) Ticapampa	Metales (**)	Resultados (mg/L) Ticapampa
Aluminio (Al)	8,0644	Magnesio (Mg)	12,47
Arsénico (As)	6,3121	Manganeso (Mn)	7,0356
Boro (B)	1,3554	Molibdeno (Mo)	<0,0005
Bario (Ba)	0,0223	Sodio (Na)	35,87
Berilio (Be)	0,0016	Níquel (Ni)	0,1132
Calcio (Ca)	101,16	Fósforo (P)	0,2662
Cadmio (Cd)	0,0428	Plomo (Pb)	0,12575
Cerio (Ce)	0,0054	Antimonio (Sb)	0,05285
Cobalto (Co)	0,0086	Selenio (Se)	<0,0045
Cromo (Cr)	0,00203	Estaño (Sn)	0,0177
Cobre (Cu)	0,12629	Estroncio (Sr)	0,6035
Hierro (Fe)	56,13	Titanio (Ti)	0,1805
Mercurio (Hg)	<0,00007	Talio (Tl)	<0,0002
Potasio (K)	6,3062	Vanadio (V)	0,00499
Litio (Li)	0,2422	Zinc (Zn)	10,74

(*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: II: SMEWW-APHA-AWWA-WEF
 (**) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity, Laboratory Method.
 pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method.
 Metales Totales: EPA 200.6

NOTA:

- Las muestras fueron recepcionadas por Laboratorio COLECBI S.A.C.
- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Diligencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 04 del 2020.
 QVR/jms
 LC/NP/HRE
 Rev. 04
 Fecha 2015-11-30

A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.B.P. 229
 COLECBI S.A.C.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO N°3
RESULTADOS DE
LABORATORIO – MUESTRA
PATRÓN



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046**



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200228-004

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: SOSA DIOSES CHRISTIAN EDUARDO.
DIRECCION	: Jr. Manuel Villavicencio 816 Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA.
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA.
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA.
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA.
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 05 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-02-28
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-02-28
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-03-13
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI	: SS 200228-2

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	RIO TICAPAMPA
Sólidos Totales (mg/L)	440
Cloruros (mg/L)	12
Conductividad (uS/cm)	628
(**) pH	3.30

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1050: U: SMEWW-APHA-AWWA-WEF
ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	RIO TICAPAMPA
Plomo (Pb)	0,002	0,115

METODOLOGÍA EMPLEADA

Sólidos Totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Solids Dried at 103-105°C.
Cloruros: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. 2017. Chloride, Argentometric Method.
Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity, Laboratory Method.
pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value, Electrometric Method.
Plomo: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- A Solicitud del cliente solo se reportara Plomo.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 14 del 2020.
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos
DIRECTOR GENERAL
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM: 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe | medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO N°4
RESULTADOS DE
LABORATORIO – EXPERIMENTAL 1
y 2



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200307-001

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : SOBA DIOS CHRISTIAN EDUARDO.
 DIRECCION : Jr. Manuel Villavicencio 815 Chimbote.
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
 PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA.
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA.
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA.
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA.
 CANTIDAD DE MUESTRA : 08 muestras.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-03-07
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-03-07
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-21
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
 CÓDIGO COLECBI : SS 200321-1

RESULTADOS

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRAS	
	Río Ticapampa (100gr de lenteja de agua y Jacinto)	Río Ticapampa (50gr de lenteja de agua y Jacinto)
Sólidos Totales (mg/L)	805	770
Cloruros (mg/L)	123	118
Conductividad (µS/cm)	1236	1230
(*) pH	5,90	5,20

(*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1050: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF
ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	Río Ticapampa (100gr de lenteja de agua y Jacinto)	Río Ticapampa (50gr de lenteja de agua y Jacinto)
Piomo (Pb)	0,002	0,071	0,075

METODOLOGÍA EMPLEADA

Sólidos Totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Solids Dried at 103-105°C.
Cloruros: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.
Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.
pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
Piomo: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- A Solicitud del cliente solo se reporta Piomo.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dimensión por su pareabilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 22 del 2020
 GVR/jms
 LC-MP-HREVO
 Rev: 06
 Fecha 2019-07-01



EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839'2893 - RPM # 902895 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO N°5
RESULTADOS DE
LABORATORIO – EXPERIMENTAL 3
y 4



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046**



002-0

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200314-001

SOLICITADO POR	: SOSA DIOSES CHRISTIAN EDUARDO.
DIRECCION	: Jr. Manuel Villavicencio 816 Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA.
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA.
METODO DE MUESTREO	: NO APLICA.
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA.
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 08 muestras.
PRESENTACION DE LA MUESTRA	: En frascos de plástico con tapa.
CONDICION DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCION	: 2020-03-14
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-03-14
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-03-30
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI	: BS 200314-1

RESULTADOS

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRAS	
	Río Ticapampa (100gr de lenteja de agua y Jacinto)	Río Ticapampa (50gr de lenteja de agua y Jacinto)
Sólidos Totales (mg/L)	787	781
Cloruros (mg/L)	112	112
Conductividad (µS/cm)	1218	1208
(**) pH	8,02	8,03

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060. I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	Río Ticapampa (100gr de lenteja de agua y Jacinto)	Río Ticapampa (50gr de lenteja de agua y Jacinto)
Plomo (Pb)	0,002	0,042	0,063

METODOLOGÍA EMPLEADA

Sólidos Totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Solids Dried at 103-105°C.
Cloruros: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.
Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.
pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
Plomo: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras: **Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()**
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- A Solicitud del cliente solo se reportara Plomo.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Abril 01 del 2020.

GVR/jms
LCA/P-HR/IEVO
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gastón Paredes Ramos
DIRECTOR GENERAL
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127.
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe; medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO N°6
PANEL FOTOGRÁFICO

OBTENCION DEL AGUA DEL RIO SANTA-TICAPAMPA



Fotografía 1. Ubicación Geográfica de la zona de recolección del agua.



Fotografía 2. Coordenadas de la ubicación del agua



Fotografía 3. Recolección del agua para el ensayo de barrido de metales



Fotografía 4. Se dejó las muestras en COLECBI para su respectivo ensayo de barrido de metales.

RECOLECCION DE AGUA PARA LA MUESTRA PATRÓN Y ENSAYOS EXPERIMENTALES



Fotografía 5. Recolección del agua del rio santa (ticapampa) en 2 baldes de 20 litros + 1 balde de 10L



Fotografía 6. Coordenadas exactas del punto de recolección.

OBTENCION DEL MATERIAL PARA EL ENSAYO EXPERIMENTAL



Fotografía 7. Creación de los estanques para el ensayo experimental.



Fotografía 8. Ubicando las coordenadas exactas del punto de recolección de agua.



Fotografía 9: Recolección de la planta Jacinto de Agua en la ciudad de Coishco.



Fotografía 10: Recolección de la planta Lenteja de Agua encontrada en el acuario Hippocampus, en la ciudad de Chimbote.



Fotografía 11: Recolección de los 200 gr de la planta Lenteja de Agua



Fotografía 12: Pesaje seco de la planta Lenteja de Agua 50 y 100 gr respectivamente.



Fotografía 13: Pesaje seco de la planta Jacinto de Agua 7 y 14 plantas respectivamente.



Fotografía 14: Colocación del jacinto y lenteja más la bomba de agua, para mejor oxigenación y leve movimiento de las plantas de agua, en los 2 estanques con su dosificación respectiva.



Fotografía 15: Remoción de plomo a los 7 días de exposición con su dosificación respectiva.



Fotografía 16: Monitoreo del nivel de agua que absorben las plantas y la evapotranspiración.



Fotografía 17: Remoción de plomo a los 7 días de exposición con 50 gr de lenteja y 7 plantas de jacinto de agua.



Fotografía 18: Remoción de plomo a los 7 días de exposición con 100 gr de lenteja y 14 plantas de jacinto de agua.



Fotografía 19: Remoción de plomo a los 7 (1° estanque) y 14 días (2° estanque) de exposición con su dosificación respectiva.