



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EFICACIA DE LAS MACRÓFITAS JACINTO Y LENTEJA DE AGUA
PARA DISMINUIR LA CONCENTRACIÓN DEL BORO, EN LAS
AGUAS MINEROTERMALES DE LA “LAGUNA LA MILAGROSA” -
CHILCA, 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA:

INGRID BEIGFABIGAÍL GARAY APARICIO

ASESOR:

Ing. ELMER GONZALES BENITES ALFARO, Dr.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA – PERÚ

2017

Título:

“Eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro, en las aguas minerotermales de la “Laguna la Milagrosa” – Chilca, 2017”

Autora:

Garay Aparicio, Ingrid Beigfabigail

APROBADO POR:

Ing. ELMER GONZALES BENITES
ALFARO, Dr.

Ing. JHONNY VALVERDE FLORES, Dr.

Ing. CÉSAR JIMENEZ CALDERÓN, Dr.

DEDICATORIA

A Dios

Te dedico a ti mi Dios por darme la sabiduría y la perseverancia impartida en mí, para poder con todos los obstáculos y lograr llegar hasta este punto de mi vida profesional.

A mis Padres

A mis DOS grandes motivos, mis padres, Miguel y Gladys, quienes siempre supieron guiarme por el camino del bien, inculcándome los valores para ser mejor ser humano, y el sacrificio que siguen realizando para yo poder ser lo que soy ahora.

A mi hermana

Lesly, a pesar de los polos opuestos que somos, daría todo y más por ti, porque eres mi gran ejemplo a seguir, de toda una mujer coraje.

Familia y Amigos

A ellos, que siempre con sus palabras perfectas para darme el aliento necesario y seguir por la lucha diaria de mis sueños, y sobre todo la confianza puesta en mi.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por permitirme vivir el día a día y lograr culminar esta parte de mi vida académica.

A los docentes de la Universidad César Vallejo, en especial a mi asesor, el Ing. Elmer Benites, por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de mi tesis.

A mi casa de estudios la UCV, y aquellas personas que creyeron en mí, dándome sus palabras motivadoras para seguir con mi objetivo.

Y sin duda alguna a mis padres, por el tiempo y la calidad de vida que me siguen dando, sin ustedes, yo no sería lo que soy ahora.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Ingrid Beigfabigail Garay Aparicio, con DNI N°73196286, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de INGENIERIA. Escuela de INGENIERA AMBIENTAL, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica.

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

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

Lima, 17 de Julio del 2017

.....
INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO

PRESENTACIÓN

Señores miembros de Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro, en las aguas minerotermales de la “Laguna la Milagrosa” – Chilca, 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

La Autora

INDICE

	Pág.
PÁGINAS PRELIMINARES	
Página del Jurado	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad	iv
Presentación	v
Índice	vi
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.....	2
1.2. Trabajos previos	3
1.3. Teorías relacionadas al tema	9
1.3.1. Marco Teórico.....	9
1.4. Formulación del Problema	16
1.4.1. Problema general	16
1.4.2. Problema Específico.....	17
1.5. Justificación del estudio	17
1.6. Hipótesis.....	17
1.6.1. Hipótesis General	17
1.6.2. Hipótesis específica.....	17
1.7. Objetivos.....	18
1.7.1. Objetivo general	18
1.7.2. Objetivo general	18
II. MÉTODO.....	18
2.1. Diseño de investigación	18
2.2. Variables, Operacionalización.....	22
2.3. Población y muestra	24

2.3.1. Población.....	24
2.3.2. Muestra	24
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos	24
2.4.1. Técnicas	24
2.4.2. Instrumentos.....	24
2.4.3. Validez y Confiabilidad del instrumento	28
2.5. Método de análisis de datos.....	29
2.6. Aspectos éticos.....	33
III. RESULTADOS.....	34
IV. DISCUSIÓN	46
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. REFERENCIAS.....	51
VIII. ANEXOS.....	54

LISTADO DE TABLAS

		Página
Tabla N° 01	Taxonomía del Jacinto de Agua	12
Tabla N° 02	Taxonomía de la Lenteja de agua	14
Tabla N° 03	Diagrama de flujo del proceso de investigación	20
Tabla N° 04	Operacionalización de variables	24
Tabla N° 05	Instrumentos de recolección de datos	26
Tabla N° 06	Concentración del Boro con los tres tratamientos	36
Tabla N° 07	pH y T° con cada uno de los tratamientos con las macrófitas	37
Tabla N° 08	Toma de OD, al finalizar los tratamientos con las macrófitas	38
Tabla N° 09	Resultados de DBO_5	38
Tabla N° 10	Porcentaje de disminución de BORO	40
Tabla N° 11	pH y Temperatura de la Muestra N° 1	45
Tabla N° 12	pH y Temperatura de la Muestra N° 2	45
Tabla N° 13	pH y Temperatura de la Muestra N° 3	46
Tabla N° 14	Matriz de consistencia	64

LISTADO DE FIGURAS

		Página
Figura N° 01	Morfología de la <i>Eichornia crassipes</i>	12
Figura N° 02	Morfología de la <i>Lenna minor</i>	13
Figura N° 03	Diseño de los tres tratamientos	23
Figura N° 04	Mapa de ubicación del Distrito de Chilca	27
Figura N° 05	Mapa de ubicación de la laguna “La Milagrosa” de Chilca	28
Figura N° 06	Plano de ubicación de la Laguna “La Milagrosa” de Chilca	28
Figura N° 07	Laguna “La Milagrosa” de Chilca	29
Figura N° 08	Vista de la Laguna “La Milagrosa”- Chilca	76
Figura N° 09	Aguas de la Laguna “La Milagrosa”- Color verde	76
Figura N° 10	Toma de muestra de la laguna “La Milagrosa”	77
Figura N° 11	Toma de la Temperatura	77
Figura N° 12	Medida de pH	77
Figura N° 13	Selección de las Macrófitas para el desarrollo de la investigación	78

Figura N° 14	Estanque de Jacinto y Lenteja de agua	78
Figura N° 15	Toma de muestra de las aguas para tratarlas con las Macrófitas	79
Figura N° 16	Muestras tomadas para el análisis	79
Figura N° 17	Colocación de las macrófitas a las peceras para el tratamiento correspondiente	80
Figura N° 18	Monitoreo de las macrófitas con el pasar de los días	81
Figura N° 19	Peceras con las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua	82
Figura N° 20	Botellas llenas de agua ya tratadas con las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, de cada pecera, para tomar el pH, T°	83
Figura N° 21	En el laboratorio de la UCV- Lima Norte, analizando la T° y el pH de las muestras	83

LISTADO DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico N° 01	Distribución de las probabilidades de los residuales. 31
Gráfico N° 02	Prueba de Homocedasticidad 32
Gráfico N° 03	Tratamiento con Jacinto de Agua durante las 3 semanas 41
Gráfico N° 04	Tratamiento con Lenteja de Agua durante las 3 semanas 42
Gráfico N° 05	Tratamiento con Jacinto de Agua y Lenteja de Agua durante las 3 semanas 42
Gráfico N° 06	Tratamiento de M1, M2 Y M3, en la primera semana 43
Gráfico N° 07	Tratamiento de M1, M2 Y M3, en la segunda semana 44
Gráfico N° 08	Tratamiento de M1, M2 Y M3, en la tercera semana 44
Gráfico N° 09	Monitoreo del pH y T° en la primera semana 46
Gráfico N° 10	Monitoreo del pH y T° en la segunda semana 47
Gráfico N° 11	Monitoreo del pH y T° en la tercera semana 47

RESUMEN

La investigación que se llevó a cabo, tuvo como principal objetivo determinar la eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, para poder determinar si lograrían disminuir la concentración del Boro, usando las aguas de la laguna “La Milagrosa” ubicada en Chilca, mediante el tratamiento en peceras, y así poder llegar a cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), para las aguas superficiales destinadas para recreación ubicadas en la Subcategoría: B.

Para el diseño del desarrollo de la investigación, se construyó 3 peceras con las siguientes medidas: ancho 20cm, largo 39cm y altura 19cm, se extrajo una muestra de 30 litros de agua de la laguna. En cada pecera de las cuales se les codifico de la siguiente manera; M1 (Jacinto de agua), M2 (Lenteja de agua) y M3 (Jacinto y Lenteja de agua) se colocó 10 litros de estas aguas, a su vez en la M1 se introdujo 7 Jacintos de agua, en la M2 30 gr de Lenteja de agua y en la M3 se colocó 3 Jacintos de agua y 15 gramos de Lenteja de agua, teniendo una duración de 3 semanas de muestreo.

La concentración inicial del Boro (B) fue >25 mg/L, evidenciando que excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Se llegó a la conclusión de que en el tratamiento M1 se logró disminuir hasta 6.88 mg/L, en el M2; 26.93 mg/L y en el M3; 27.41 mg/L, en un periodo de 3 semanas.

Los resultados que se obtuvieron fueron introducidos al programa MINITAB para obtener los datos estadísticos.

Palabras Claves: Jacinto de agua, Lenteja de agua, Boro

ABSTRACT

The main objective of the research was to determine the efficacy of the Hyacinth and Lentil macrophytes, in order to determine if they would reduce the concentration of Boron, using the waters of the lagoon "La Milagrosa" located in Chilca, The treatment of the aquariums, and thus be able to comply with the Environmental Quality Standards (ECA), for surface waters intended for recreation located in the Subcategory: B.

For the design of the research development, 3 fish ponds were constructed with the following measures: width 20cm, length 39cm and height 19cm, a sample of 30 liters of water was extracted from the lagoon. In each tank of which they are codified as follows; M1 (Water hyacinth), M2 (Water lentil) and M3 (Hyacinth and Water lentil) was placed 10 liters of these waters, in turn in the M1 was introduced 7 Water hyacinths, in the M2 30 gr

The initial concentration of Boron (B) was > 25 mg / L, evidencing that it exceeds the Environmental Quality Standards (ECA). It was concluded that in treatment M1 it was possible to decrease to 6.88 mg / L, in M2; 26.93 mg / L and in M3; 27.41 mg / L, over a period of 3 weeks.

The results obtained were entered into the MINITAB program to obtain the statistical data.

Of Lentil Of water and in the M3 was placed 3 hyacinths of water and 15 grams of Lentil of water, having a duration of 3 weeks of sampling.

Key Words: Water Hyacinth, Water Lentil, Boron

I. INTRODUCCIÓN

Una de los principales desasosiegos a nivel mundial y sin ir muy lejos en Chilca, se vive la crisis ambiental, entre ellas; contaminación de las aguas que se ha incrementado en los últimos años, siendo una problemática a resolver y manejar por diferentes motivos, entre ellos la falta de conciencia ambiental, y el cuidado del recurso natural y vital para la vida, que es el agua.

La laguna “La Milagrosa”, se encuentra ubicada en el distrito de Chilca, es uno de los lugares de recreación más visitado, por los beneficios a favor de la salud que se aduce a sus aguas. La presente investigación se llevó a cabo, con el fin de buscar un método de tratamiento al tenerse conocimiento de su alto contenido de Boro que sobrepasa los Estándares de Calidad del agua superficial con fines de recreación estipulado en la normatividad peruana DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM.

Verificado la concentración del Boro se ensayó disminuir la concentración de este contaminante presente en las aguas de la laguna “La Milagrosa”, mediante el uso de las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua, para ser comparado con los ECAS establecidos por el MINAM, para poder evaluar la disminución de este contaminante mediante los tratamientos empleados en la investigación

Hoy en día se viene produciendo un avance en la Biotecnología, ciencia la cual se dedica a remediar lugares o algún medio contaminante usando plantas, las cuales en muchas investigaciones han tenido resultados favorables.

No obstante, varios autores han denominado a las macrófitas como una plaga ya que su crecimiento es muy rápido

Como conclusión de determino que las macrófitas en mención son eficientes para disminuir la concentración del Boro presente en las aguas de la laguna “La Milagrosa”.

1.1. Realidad problemática

La contaminación de metales pesados se ha demostrado científicamente que, no solo causa problemas ambientales muy graves, exponerse a metales pesados en concentraciones que sobrepasan los estándares de calidad ambiental, causa degradación y muerte de vegetación, animales, ríos e incluso daños directamente a las personas.

Como bien se sabe el agua es un elemento vital que nos brinda vida y salud, la propia naturaleza es dueña de una riqueza curativa que en gran parte se desconoce, teniendo entre ellas las aguas de la laguna “La Milagrosa” de Chilca, estas son reconocidas por ser medicinales ya que atribuye propiedades que benefician a la salud, y a la vez convirtiéndose en un lugar visitado por gran cantidad de turistas tanto nacionales como extranjeros. A la falta de profesionales especialistas en temas como balneoterapia o hidrotermalismo, es de gran interés analizar estas aguas minerotermales para establecer el estado actual que se encuentran sus aguas y establecer su calidad en comparación con las ECAS, de esta manera se contribuye a dar un valor ambiental a este lugar y a la vez garantizar la calidad de estas aguas minerotermales y mejorar la salud de la población e incentivar un mayor flujo de turistas para el beneficio de la población.

El Perú cuenta con el reglamento de aguas minero medicinales con fines turísticos, según nos indica en el artículo 13, que dice que, cada concesionario en un período de cada tres años, está en la obligación de entregar a la autoridad competente un análisis actualizado de la fuente que explotan con fines turísticos no cumpliendo la laguna “La Milagrosa” de Chilca esta disposición, ya que no existe un interés por esta fuente de agua, por parte de las autoridades competentes, toda vez que según un informe inicial se indicó que dichas aguas tienen una concentración inicial de Boro superior a lo establecido por los ECAS.

Según National Institutes of Health (NIH) (2009), indica que la toxicidad por Boro hace efecto en la piel, produce náuseas, vómitos, diarreas, dolores abdominales y en la cabeza. En algunos casos se puede presenciar mediante agitación o la

reacción opuesta (debilidad, agotamiento, hasta depresión, también se evidenció fiebre, hipertermia, temblores y ataques. Si uno se expone a altas concentraciones de Boro, puede ocasionar deshidratación, disminución de los glóbulos rojos en la sangre, incluso daños a los riñones e hígado.

1.2. Trabajos previos

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

Según VELARDE K., ZAVALETA M. & AGUILAR C, en su investigación ambiental “Estudio de la absorción del ion Cromo VI con Jacinto de agua (eicchornia crassipes)”, el ión cromo VI (Cr6+) presente en los efluentes de curtiembre es considerado un serio contaminante medioambiental para los cuerpos de agua. Se estudió la absorción de (Cr 6+) utilizando el Jacinto de agua. Las plantas acuáticas procedieron de La Laguna de Conache – Laredo, Trujillo, las cuales fueron expuestas a la simulación de un efluente de curtido con K₂Cr₂O₇ a concentraciones de 10 ppm, 25 ppm y 50 ppm por un periodo de 9 semanas en un sistema hidropónico libre al medioambiente en el exterior del laboratorio de Catálisis de la Universidad Nacional de Trujillo. Se realizaron análisis del (Cr6+) residual presente en el agua cada semana. Los resultados mostraron que la concentración de (Cr6+) en el agua disminuye proporcionalmente en el tiempo, alcanzando después de 9 semanas 3.6 ppm, 8.6 ppm y 21.4 ppm respectivamente. Durante el periodo de exposición del Jacinto de

agua, se observó que las expuestas a altas concentraciones ($\text{Cr}6+$), las plantas cambian a un color amarillo oscuro “sin vida”, sin embargo, en su parte central continua la planta renaciendo de color verde.(Shanker et al; 2005 ; Barbosa et al ; 2007 ; Vernay et al ; 2007 ; Mangabeira et al ; 2004 ; Lu et al ; 2004) han encontrado que la planta acumula ($\text{Cr}6+$) en sus raíces, hojas y tallo, y esa sería la razón por la cual esta planta cambia de color. Los análisis se realizaron empleando el método colorimétrico en un espectrofotómetro de luz visible (2013).

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

Según CORONEL E, en su tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental “Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas”, en el presente estudio se determinó la eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. El agua residual, el cual fue previamente tratada en un filtro de grava para atrapar los residuos sólidos existentes se depositaron en tres estanques de vidrio con *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y un control de agua residual sin planta acuática. El tiempo que permaneció el agua residual en los estanques fue de diez días, y se cambió de efluente por cuatro veces. Para determinar la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas flotantes se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos y después de los diez días de estancado. Obteniendo como resultado que la planta *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales, con un porcentaje promedio de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%, mientras que *Lemna minor* obtuvo un promedio de remoción del 81,24% (2015).

Según DURÁN. S, en su proyecto “Acumulación de Boro en Lenteja de agua (*Lemna gibba* L.) y efectos de toxicidad” realizó el cultivo de la Lenteja de agua en una solución diluida con agua destilada. Se usaron tres replicas con concentraciones diferentes desde .01, .25, .75, 1.5 y 2.5 mg/L sin boro, para el efecto de toxicidad se usó 2,6 y 10 mg/L de boro. La acumulación de B, fue definido por la cociente de la biomasa (mgB/ peso seco de lenteja de agua). Se pudo observar también cambios en las clorofilas de las lentejas en 14 días, se concluyó que la lenteja de agua se puede recomendar como un método biológico para que pueda remover el Boro (s.f).

Según TEJADA, en su tesis de grado “Diseño de un Humedal para la Remoción de Cd, As y Cr con plantas de *Typha Latifolia* (Espadaña)”,

investigación de este trabajo tuvo como finalidad estudiar la capacidad de sobrevivencia de la planta *Typha latifolia*, en fuentes de aguas contaminadas con cadmio, arsénico y cromo, a la vez lograr estudiar su factibilidad en un proceso de fitorremediación. En esta investigación se diseñó un humedal de flujo subsuperficial y se construyó a nivel microsomas, agregándole una mezcla de grava y piñón como material de soporte y la *Typha latifolia* como material vegetal; se expone que, se logró un 100% de remoción de cadmio de las aguas, la *Typha* logró adsorber y acumular cadmio y cromo en raíces (2010).

Según MUÑOZ, en su tesis “Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja “*citrus cinensis*” pretratada”, investigación cuya finalidad fue la biosorción de Pb (II) empleando el cascarón de naranja como medio de biosorbente, se llevó a cabo el pretratamiento del medio biosorbente mediante una solución de 0.2M de CaCl_2 , el pH fue de 5 mediante la solución 0.05 M de HCL. La cáscara de naranja pasó a un proceso de secado mediante una estufa con una temperatura de 40° C por 24 h. Mientras se realizaba el proceso de la biosorción de Pb (II), descubrieron que el pH adecuado se ubicaba entre 4.5-5. Se logró remover un 40% de Pb (II), teniendo como resultado el máximo contenido de biosorción, mediante la cascara de naranja pretratada fue de 141.05 mg/g (2007).

Según RAVELO, en su proyecto final de carrera “Adsorción de Boro del agua “expone que, el biopolímero con el que trabajó fue el quitosano, con el que realizó pruebas de adsorción de boro en concentraciones de 5 y 50ppm de boro, se llevaron en dos fases de experimentación, culminada ambas fases se lograron remover satisfactoriamente el boro, por debajo de los LMP para consumo humano. Por otra parte, se redujo el boro del agua de mar, teniendo como base la problemática su desalinización. Lograron remover el boro a 0.3 ppm, con fines para las cosechas para árboles frutales de cítricos, ya que si sobrepasan los 3ppm conllevan el daño foliar de estos árboles (2012).

Según BALLESTEROS, en su tesis “Determinación de la eficacia de *Azolla caroliniana* como matriz de hiperacumulación de metales pesados cuantificados” el objetivo de su estudio fue averiguar la capacidad de la *Azolla caroliniana* Willd, de Pb y Cd en aguas contaminadas. Al finalizar el experimento, los dos metales que se pusieron a prueba tanto como en el medio acuoso como en la biomasa, se logró obtener la reducción de Pb al 85% mientras que el Cd al 75%, en los tejidos la biocentración del Pb llegó hasta los 6,50 y de Cd hasta 4,45 (2011).

Según ATACHAGUA, en su tesis “Evaluación fisicoquímica y biológica de las aguas termominerales para el uso de la termatalia, en el balneario de chilca”, tuvo como principal objetivo determinar las características físicas de las aguas minerotermales del balneario de Chilca. Utilizo una metodología descriptiva, no experimental – transversal, realizó la toma de muestra de cada fuente mineromedicinal, para que pueda llevar a cabo los análisis correspondientes en el laboratorio. Como materiales uso botellas de plásticos para la muestra de metales y para análisis los iones, utilizó un envase de vidrio para la toma de muestra de coliformes totales, siendo llevadas las muestras tomadas a un laboratorio, para que se realice el análisis de cada parámetro. Los niveles de concentración de la laguna “La Milagrosa” respecto al Boro (B) es 62.83 mg/l, no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) que es 0.5 mg/l. Se puede deducir, que de acuerdo a las características físicas y químicas, son consideradas aguas superficiales magnéticas ya que tienen propiedades curativas (2013).

Según GARCÍA, en su tesis “Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas” se expone que: Es un estudio comparativo con respecto a la capacidad de depuración de nutrientes que se encuentran en las aguas residuales, utilizaron las siguientes plantas acuáticas flotantes entre ellas *Lemna minor*, *Azolla filiculoides* y *Eicchornia crassipes*. Mediante el sistema de reactores en el tratamiento de aguas residuales en Perú

se logró remover un 90%, teniendo como conclusión de que la *Eicchornia crassipes* es más eficaz en la extracción de lodos (2012).

Según DE LA FUENTE, en su tesis doctoral “Diseño y desarrollo de un sistema de tratamiento para la eliminación de boro en vertidos industriales”, investigación cuya finalidad fue estudiar los siguientes métodos; entre ellos el método de la espectrofotometría de absorción molecular usando el reactivo Azometina H, método que resultó ser el más favorable para el estudio que realizó, ya que es un método fácil de aplicar, sensible, selectivo y rápido a nivel laboratorio. Como segundo método realizó la aplicación del proceso de eliminación que se basó en la adsorción con óxido de magnesio, método que logró reducir del efluente tratado el boro. El tercer método fue la aplicación del proceso de eliminación usando la resina de intercambio iónico, que condujo a valores por debajo de los límites que se rigen, y por último realizó una integración de las dos metodologías aplicadas para eliminar el boro en los vertidos industriales para que puedan obtener por debajo de 3mg/l de boro (2000).

Según POVEDA, en su trabajo de investigación “Evaluación de especies acuáticas para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua” investigación de este trabajo tuvo como finalidad determinar el uso potencial de las especies fitorremediadoras y cumplir con las normas ambientales vigentes en dicho país, que se encuentran en la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) y Norma INEN. Se utilizó las especies acuáticas flotantes Ila, Lenteja de agua, Salvinia, Jacinto de agua y el Trébol de agua, analizando porcentaje de incidencia, semanalmente del número de las hojas verdes. El Jacinto de agua y la lenteja de agua, son las mejores plantas para llevar a cabo un procedimiento de fitorremediación ya que se lograron disminuir en la mayoría de los parámetros de las aguas residuales como el pH, conductividad eléctrica, Sólidos totales, Sólidos disueltos, DBO, DQO, color, turbidez, entre otros parámetros, durante 3 semanas, se hace mención que en el

agua residual industrial la planta Jacinto de Agua es la mejor especie, sin embargo en el agua residual de uso agrícola con las dos especies se obtuvieron resultados similares (2014).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Marco Teórico

❖ Agua Mineroterma

Según BARRIONUEVO (2004), define a las aguas minerotermales como aguas concedidas de propiedades terapéuticas. Cuando estas aguas están en circulación ya sea el caso de filtración gradualmente se va enriqueciendo con sales disueltas variando desde una cantidad de miligramos a llegar a cantidades ascendentes. Sin embargo, las características que se le atribuyen a estas aguas se basan principalmente en su composición química, temperatura y si se requiere desglosar para una mayor comprensión en propiedades fisicoquímicas.

➤ Temperatura

Es una de las características más trascendentales de las aguas minerotermales, esto se da por los efectos fisiológicos o bien por los hidrodinámicos. Cabe mencionar que la temperatura de estas aguas se basa a su gradiente geotérmico (a mayor profundidad existirá mayor temperatura). La temperatura oscila entre los 20°C y 100°C.

➤ Condiciones Físicas

1. Temperatura
2. Densidad
3. Conductividad eléctrica
4. Ph

➤ **Radioactividad**

La radioactividad se debe a las sales disueltas y a la temperatura, esto es por las emanaciones gaseosas de los cuerpos radioactivos, se dice que la radioactividad puede ser de manera natural esto se debe por la desintegración de rocas que están en erupción o ya sea las que están en forma sedimentadas de origen marino.

➤ **Origen de las aguas minerotermales**

En conocimientos habituales es conocido que la mineralización y la temperatura de estas aguas, se basa en la circulación de las aguas subterráneas a diferentes profundidades

❖ **Plantas Macrófitas**

Las plantas macrófitas o macrófitos, son las que pueden vivir en áreas inundados de una manera permanente o durante periodos largos de tiempo en condiciones de encharcamiento. Se pueden encontrar especies entre los (30-120 cm) en los juncos, 860-130cm) en los esparganios, (120-240 cm) en la eneas y en los carrizos (160-320 cm). Las plantas acuáticas fueron calificadas como malezas, ya que impiden o dificultan las actividades humanas, por ejemplo, llegan a cubrir extensiones grandes de embalses, obstaculizan la irrigación, fomentan problemas a la acuicultura e imposibilitan el transporte fluvial. Muchas de las macrófitas acuáticas presentan altas tasas de crecimiento y de reproducción, esto favorece a la capacidad de absorber aquellas sustancias disueltas en los cuerpos de aguas y las transforman en biomasa, logrando depurar el agua donde crecen (Valero, 2006, pp.10).

Según a la forma y la fisiología se tiene una clasificación de las macrófitas acuáticas:

- **Plantas flotantes**, se caracterizan por tener la capacidad para derivar el dióxido de carbono y necesidades de oxígeno al espacio de manera directa. Estas plantas reciben sus nutrientes y minerales de la fuente de agua. La macrófita Jacinto de agua es la especie más usada para la purificación de las aguas contaminadas.
- **Plantas sumergidas**, se caracterizan por la facilidad de absorber el oxígeno, dióxido de carbono y los minerales del agua. Las plantas al sumergirse se inhiben de manera fácil si existe turbiedad con alta concentración en las fuentes de aguas, porque sus partes fotosintéticas se encuentran debajo del agua.
- **Plantas emergentes**, estas plantas viven en aguas con poca profundidad, arraigadas al suelo, sus raíces y hojas están fuera del agua, tienen un mayor acceso a la luz, y no sufren limitaciones de agua (Jaramillo & Flores, 2012, pp.37)

❖ Descripción de las especies vegetales

Las especies vegetales que se utilizó en los tratamientos de agua contaminadas con boro, fueron el Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*), las cuales se detallan a continuación para tener mayor información de ellas:

➤ Jacinto de Agua (*Eichornia crassipes*)

Taxonomía

La macrófita acuática *Eichornia crassipes* está dentro de la siguiente clasificación:

Tabla N° 01: Taxonomía del Jacinto de Agua

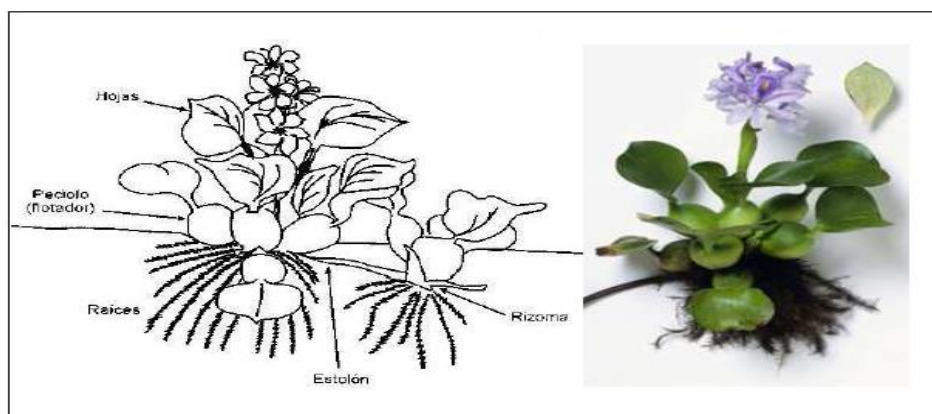
Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Pontederiales
Familia	Pontederiaceae
Genero	<i>Eichornia</i>
Especie	<i>Crassipes</i>

Fuente: Elaboración propia, 2017

Descripción

El Jacinto de agua también conocido como lirio de agua, lechugin o camalote, es una planta perenne, vascular de flotación libre y sus raíces son fáciles de sumergir, pertenecientes a climas cálidos y fríos, sus flores son de color azulado y lila. Se encuentra en el octavo puesto con un crecimiento más rápido a nivel mundial, logrando extenderse y sobrevivir en muchos sitios. Su tamaño puede llegar a duplicarse en 10 días, y durante 8 meses de un normal crecimiento, pueden llegar a medir entre 0.5 a 1.5 metros desde la parte superior hasta la raíz (Jaramillo & Flores, 2012, pp.40)

Figura N° 01: Morfología de la *Eichornia crassipes*



Fuente: Elaboración propia, 2017

Distribución

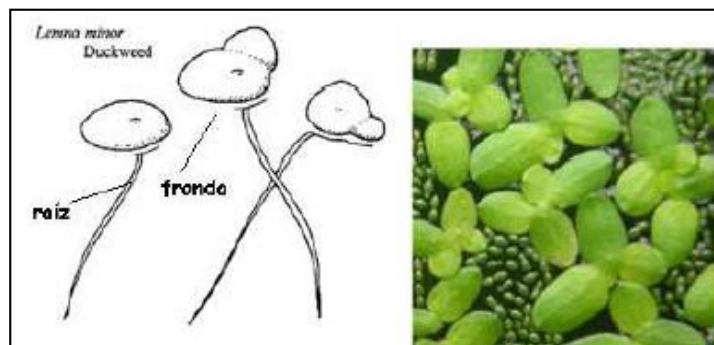
Podemos encontrarlas en casi todo el mundo, ya que se logró exportar por tener un aspecto ornamental, usados en estanques y láminas acuáticas de jardines con climas templados y cálidos (Lozano, 2010, pp.7)

Parámetros de crecimiento

- ✓ Necesitan estar en semisombra o requieren iluminación intensa.
- ✓ Para que pueda crecer en óptimas condiciones la temperatura de las aguas deben estar entre 25 a 30°C, cesando a los 10°C conllevándolas a la muerte.
- ✓ Necesita de un pH alrededor de 6.5 – 8.5.
- ✓ El crecimiento del Jacinto de agua es favorecido por el agua rica en nutrientes, como el nitrógeno, fósforo y potasio, como también, calcio, hierro, boro, cobre, zinc, aluminio (Jaramillo & Flores, 2012, pp.43)

➤ Lenteja de agua (*Lemna minor*)

Figura N° 02: Morfología de la *Lemna minor*



Fuente: Elaboración propia, 2017

Taxonomía

La macrófita acuática *Lemna minor* está dentro de la siguiente clasificación:

Tabla N° 02: Taxonomía de la Lenteja de agua

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Arales
Familia	Lemnaceae
Genero	<i>Lemna</i>

Fuente: Elaboración propia, 2017

Descripción

La lenteja de agua también es conocida como limacos u ovas, su tasa de crecimiento es una de las más altas en el mundo. Esta familia comprende cuatro géneros: *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia* y *Wolffiella*. Es una planta de tamaño pequeño y de estructura muy simple, es una planta flotante que no presenta su tallo separado de las hojas, es poseedora de una fusión de ambos llamado fronda, el tamaño varía entre 0.1 y 2cm de diámetro.

Parámetros de crecimiento

- ✓ Temperatura: son muy tolerantes a un amplio rango de temperaturas, con capaces de sobrevivir a 0°C por cortos periodos de tiempo, para su crecimiento, los límites varían entre 8 a 16°C y 16 a 20°C.
- ✓ pH: El Jacinto de agua puede adaptarse a condiciones con un pH (3-10) (Jaramillo & Flores, 2012, pp.44)

❖ **Boro**

El Boro es un elemento químico que se encuentra en el primer grupo III-A de la tabla periódica, su número atómico es 5 y su masa es de 10.811g. El Boro no se puede encontrar de forma libre en el ambiente, se encuentra en forma

de boratos y abundantemente en el mineral bórax, se puede hablar desde los 4.5 mg/kg en el medio acuático hasta los 10 mg/kg en el medio terrestre.

El boro entra en contacto con el ambiente de dos formas:

- Natural
 - a. Atmósfera.- El boro puede entrar en contacto en el ambiente en forma de partículas, por medio de la meteorización de las rocas y/o vapor, por la volatilización del agua de mar y la actividad volcánica.
 - b. Medio acuático y terrestre.- En este aspecto la incorporación del boro se lleva a cabo principalmente por meteorización.

- Antropogénica
 - a. Atmósfera.- Las emisiones a la atmósfera son principalmente por las actividades de extracción, fabricación de vidrio y cerámica, por la quema de productos agrícolas, basura, los cuales contengan productos con boro.
 - b. Medio acuático y terrestre.- La introducción se produce por el uso de boratos / perboratos en la limpieza de hogares e industrias por medio de las aguas residuales que generan y a su vez por los lixiviados por el tratamiento de papel y madera.

✓ Toxicidad del Boro en los seres vivos

Se estima que la ingesta de boro diario por el ser humano ronda los 0.44 µg/día a partir del aire, entre 0,2–0,6 mg/día con el agua consumida y alrededor de 1,2 mg/día con la alimentación.

Los estudios de la acumulación del boro en las plantas, insectos y peces han puesto de manifiesto que el boro se bioacumula en las plantas, pero no se bioamplifica en la cadena alimentaria de los organismos acuáticos.

Son escasos los estudios que se han realizado en el ser humano respecto a los posibles efectos originados por la exposición del boro, entre ellos irritaciones de corta duración en las vías respiratorias superiores, la nasofaringe y los ojos.

El boro genera irritación en los ojos y las mucosas gástricas. Los síntomas que se presentan por intoxicación del boro serían, náuseas, vómitos, diarrea, irritaciones cutáneas y descamación de la epidermis, en casos graves la muerte sobreviene en cinco días, ocasionando un colapso cardiovascular (Ravelo, 2012, pp.16)

En estudios con animales en laboratorio, referentes a los efectos en su desarrollo y producción, se pudo observar que a medida que aumenta la concentración de boro, el feto en ratones disminuye su peso corporal, malformaciones cardiovasculares en los conejos, patologías testiculares en las ratas (esterilidad).

Por falta de estudios de los efectos del boro en humanos y a en los experimentos que se realizó a los animales, no se puede catalogar como cancerígeno para el ser humano.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema general

¿Cuál es la eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua para disminuir la concentración de Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca?

1.4.2. Problema Específico

Problema Específico 1

¿Qué concentración de Boro presenta la laguna “La Milagrosa” de Chilca?

Problema Específico 2

¿Qué nivel de remoción presentan las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua para el Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca?

1.5. Justificación del estudio

En la actualidad las aguas termo minerales peruanas son una atracción turística y de gran impacto positivo en la economía del país. Cabe resaltar que estas aguas pueden resultar nocivas para el medio ambiente y la salud del usuario siempre y cuando existan altas concentraciones de metales pesados tales como el Boro.

Realizo esta investigación con la finalidad de mantener los Estándares de calidad ambiental en el agua, poder lograr disminuir la concentración del metal pesado Boro, y lograr mantener las aguas de la laguna “La Milagrosa” en un estado óptimo para un buen uso de esta y a la vez cumplir con el Decreto Supremo N° 004-2017 –MINAM, donde establecen en la Categoría 1-B para las aguas superficiales destinadas para recreación, los ECAs que se deben cumplir.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua fueron eficientes para disminuir la concentración del Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.

1.6.2. Hipótesis específica

Hipótesis específica 1

Fue factible reducir la concentración del Boro con las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua en las aguas de la laguna “La Milagrosa” de Chilca.

Hipótesis específica 2

Las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua removieron el Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar la eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para la disminución de la concentración del Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.

1.7.2. Objetivo general

Objetivo Específico 1

Determinar la reducción de la concentración del Boro presente en las aguas de la laguna “La Milagrosa” de Chilca por las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua.

Objetivo Específico 2

Determinar la capacidad de remoción del Boro usando las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

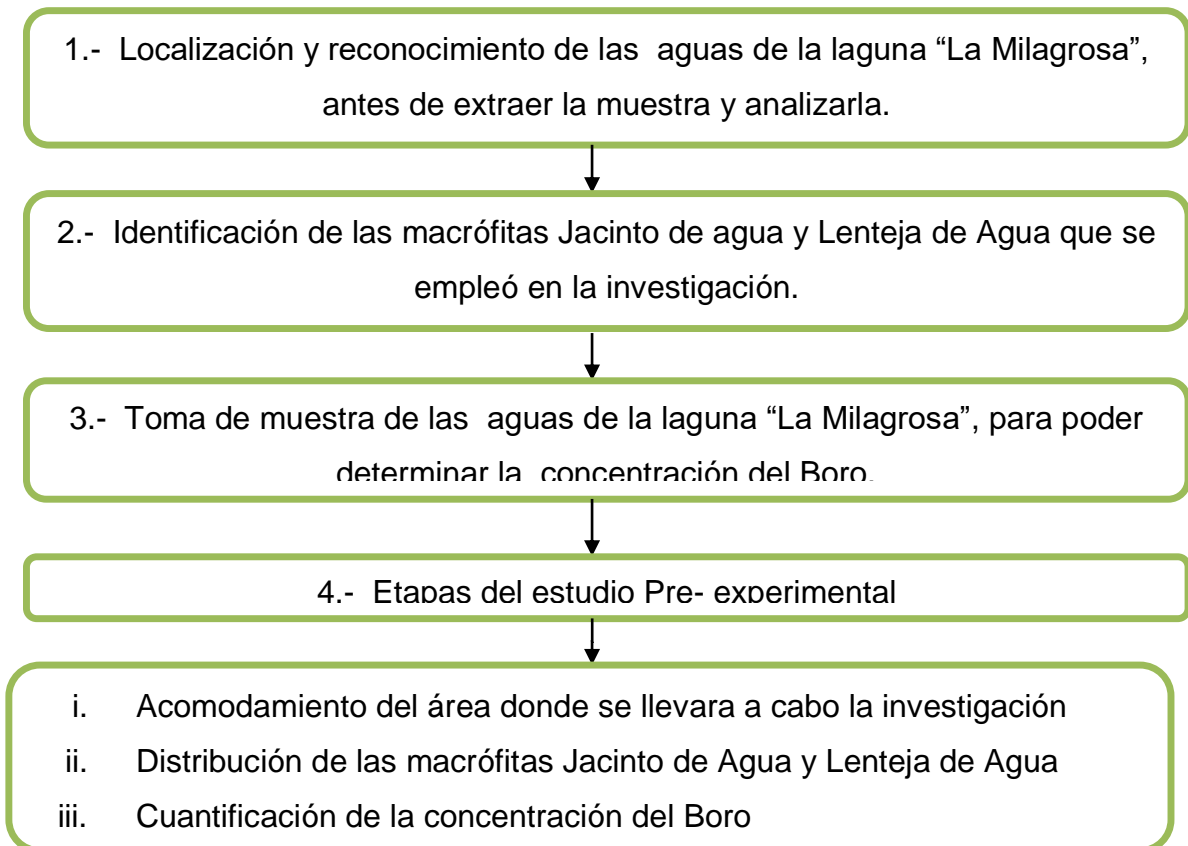
Esta investigación que se realizó es experimental, se basa en medir las concentraciones del Boro (B) de las aguas de “La Laguna la Milagrosa” ubicado en el Distrito de Chilca mediante las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua, proceso que fue observado y analizado con la finalidad de

poder comprobar las hipótesis que se plantearon. Así mismo, con este diseño, se podrá proporcionar la interpretación significativa y minuciosamente los resultados que se obtendrán de los análisis a evaluar.

El estudio, se basa en definir la eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de Agua, se recolectó una muestra In situ, para posteriormente ser llevada a un laboratorio y realizar un barrido de los metales pesados, y con ellas mismas en cada experimento tratadas con las macrófitas, poder realizar el cotejo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), para aguas superficiales destinadas para recreación.

Para la investigación se procedió de la siguiente manera:

Tabla N° 03: Diagrama de flujo del proceso de investigación



Fuente: Elaboración propia, 2017

❖ **Tratamiento con las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de Agua**

En esta investigación se realizó tres experimentos (I, II Y III), Jacinto de agua (I), Lenteja de agua (II) y Jacinto y Lenteja de agua (III) realizando el monitoreo correspondiente todos los días, y cada 7 días, con tres (03) repeticiones de toma de muestra de cada una , empezando el día 03/05/2017, colocando las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua en cada pecera con los 10 litros de las aguas de la laguna “La Milagrosa” de Chilca.

FASE I: Selección y Toma de muestra

Para la toma de muestra se tomó en cuenta 3 puntos de la laguna “La Milagrosa”, siguiendo el protocolo de monitoreo de aguas superficiales, luego de la ubicación de los puntos de monitoreo se etiquetó las muestras, llenado de las ficha de la cadena de custodia con los datos correctos y reportar los resultados del monitoreo, en esta fase se tomó la muestra de las aguas para que sean tratadas con las macrófitas en estudio.

El muestreo es representativo de la investigación, los equipos necesarios fueron los siguientes:

- 01 Cámara fotográfica
- Recipientes para tomar muestras de agua superficiales
- 01 Termómetro digital
- Pehachimetro en tiras
- Caja térmica
- Hielo
- 1 Jarra
- Guantes
- Guardapolvo

Determinación de Boro en la laguna “La Milagrosa”:

Para determinar la concentración de Boro del agua superficial, la muestra fue analizada, para el pre test, donde se obtuvo el análisis de los metales que se encuentran en la laguna y sus concentraciones, mediante espectrofotometría de absorción atómica en el laboratorio ENVIROTEST acreditada ante INACAL.

La espectrofotometría es la técnica utilizada para determinar metales pesados, que consiste en rociar la solución de la muestra a una llama caliente con el fin de perder la capa disolvente de las sales de los iones metálicos y se conviertan en átomos que pueden ser absorbidas por energía radiante a través de una fuente externa.

Para la toma de muestra de la laguna “La Milagrosa”, en primera instancia se llevó a cabo el análisis de un barrido de los metales pesados existentes en dicha laguna, posteriormente se realizó los análisis respectivos para analizar la concentración final una vez ya llevado a cabo la metodología de investigación, para la toma de muestra se consistió en los siguientes pasos:

- Se visitó el lugar ubicado en el Distrito de Chilca y se llevó a cabo la toma de muestra de las aguas de esta laguna “La Milagrosa”.
- Una vez ya extraída la muestra, fue llevada al laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.G, para que pueda ser analizada.

FASE II: Diseño de las peceras para la investigación

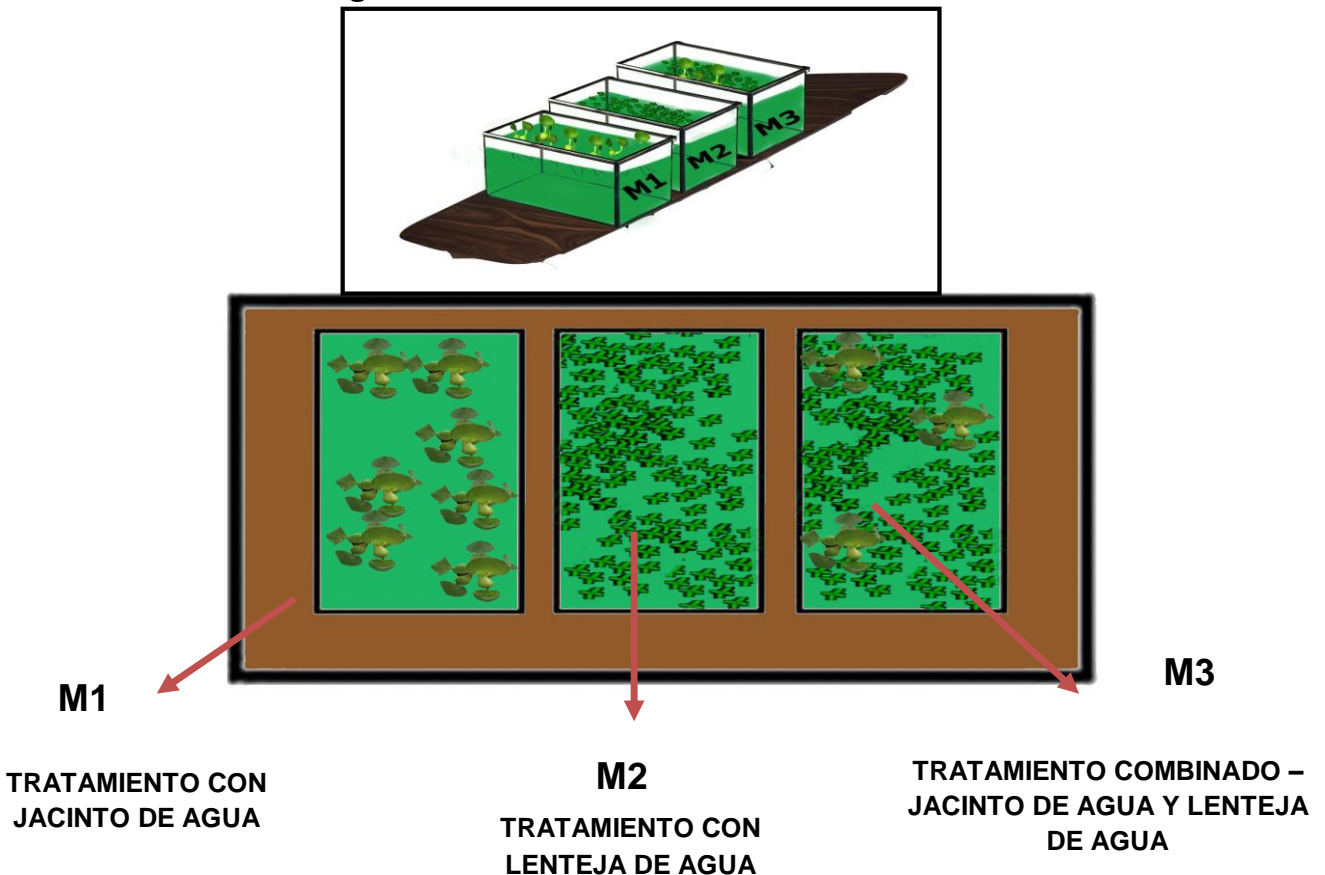
Las medidas de las peceras fueron las siguientes: ancho 20 cm, largo 39 cm y altura 19 cm.

FASE III: Se realizó tres tratamientos con tres repeticiones:

- Tratamiento con Jacinto de agua, se colocó 7 especies
- Tratamiento con Lenteja de agua, se colocó 30 gr
- Tratamiento Combinado se colocó tres Jacintos de agua y 15 gr de Lenteja de agua.

Diseño del experimento que se realizó:

Figura N° 03: Diseño de los tres tratamientos



FASE IV: Monitoreo

Durante el transcurso de la investigación se tuvo como finalidad monitorear el pH, para determinar si se encuentra en un medio saludable para el tratamiento de las macrófitas. Se midió la temperatura, y se observó si hay aumento de ambas macrófitas, y cada 7 días, se tomó una muestra de cada una de los recipientes para analizar el grado de concentración de Boro, si logró disminuir durante los días transcurrido.

2.2. Variables, Operacionalización

En la investigación se tomaron dos variables, la variable independiente, será la variable experimental, esta está relacionada al nivel de reducción de las

macrófitas, mientras que la variable dependiente está representada por el nivel de concentración del Boro.

Tabla N°04: Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE (X) Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua	El Jacinto de agua tiene mayor eficiencia logrando absorber un mayor porcentaje de 28%, y con la Lenteja de agua 26 y 27 % y con el tratamiento de ambos entre un 24 y 26% Según JARAMILLO & FLORES (2012)	La calidad del agua se medirá con las propiedades de las macrófitas ya que absorben diferentes contaminantes, en este caso el Boro.	remoción de Boro	-mg/L de Boro Inicial y final con Jacinto de agua	Nominal
				-mg/L de Boro Inicial y final con Lenteja de agua	Nominal
			Características de las macrófitas	-Crecimiento de las macrófitas - Color de las hojas	Razón
DEPENDIENTE (Y) Disminución de la concentración de Boro en las aguas de la “Laguna la Milagrosa”	La acumulación de B, fue definido por la cociente de la biomasa (mgB/ peso seco de lenteja de agua). Se concluyó que la lenteja de agua se puede recomendar como un método biológico para que pueda remover el Boro Según Durán, S (s.f)	Las aguas contaminadas con Boro serán medidas mediante sus propiedades químicas y físicas, y lograr analizar la Ci y Cf de Boro.	Características de las aguas tratadas	Porcentaje de disminución de B= $(\frac{Ci-Cf}{Ci}) \times 100$	Razón
				Color	Nomina
				Temperatura	°C
				pH	Intervalo
				Concentración de Boro (mg/l)	Razón

Fuente: Elaboración propia, 2017

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población para este estudio, es el volumen total del cuerpo de agua de la “Laguna la Milagrosa”, está ubicada en las siguientes coordenadas geográficas E: 315 843 y N: 8620 221, teniendo un diámetro de 200 metros de largo y 50 metros de ancho.

2.3.2. Muestra

La muestra analizada en este estudio fue en la laguna “La Milagrosa” perteneciente a la cuenca de Chilca. Las cuales se tomaron 30 litros de agua para su respectivo tratamiento en la presente investigación.

2.3.3. Mediciones

Concentración inicial del Boro (mg/L)

Concentración final del Boro (mg/L)

2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

2.4.1. Técnicas

La técnica que se aplicó fue la recolección de datos, mediante observaciones experimentales teniendo como resultado análisis fisicoquímicos; para definir la concentración inicial del boro que se encuentra en las aguas de la “Laguna la Milagrosa”, posteriormente; se analizó la concentración final del boro después del tratamiento aplicado, mediante la técnica de acuarios.

2.4.2. Instrumentos

Tabla N° 05: Instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADOS
Monitoreo Inicial	Laguna la Milagrosa	Observación	Cadena de Custodia	Concentración inicial del Boro
Proceso de experimentación	Toma de muestra de 30 L	Observación	Ficha de Observación	Concentración del Boro
Control de especie	Macrófitas empleadas para el tratamiento (Jacinto de Agua y Lenteja de Agua)	Observación	Ficha de Observación	Variación del color de las especies empleadas para el tratamiento
Monitoreo Final	Tres (3) repeticiones de cada tratamiento	Observación	Cadena de Custodia	Concentración final del Boro

Fuente: Elaboración propia, 2017

Descripción de las Etapas:

- 1) Monitoreo Inicial: En esta etapa se llevó a cabo en primera instancia la ubicación del lugar donde se emplearía la técnica a trabajar, se tomó la muestra necesaria para poder ser analizada, teniendo como objetivo tener el alcance de cuánta concentración de Boro está presente en la laguna, posteriormente ser llevada al laboratorio para que sea analizada. La laguna “La Milagrosa” está situada en el distrito de Chilca, es la más grande laguna de Las Salinas, su área es de 200 metros de largo por

50 de ancho, a esta laguna también se le conoce como Qoricocha (en quechua) que significa Laguna de Oro. Las aguas de la laguna son resultados de las filtraciones del subsuelo que contiene un alto porcentaje de sales minerales entre ellos el azufre y el yodo. La laguna “La Milagrosa” es muy concurrida por balnearios de la misma zona, y también por extranjeros fomentando el turismo y beneficios a la población. Los balnearios que visitan la laguna relatan que sus aguas y barros tienen propiedades medicinales que ayudan a curar el asma, dolores a los huesos, reumatismo, problemas de artritis, várices, entre otros (FenixPower Perú, 2015).

Figura N° 04: Mapa de ubicación del Distrito de Chilca



Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura N° 05: Mapa de ubicación de la laguna “La Milagrosa” de Chilca



Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura N° 06: Plano de ubicación de la Laguna “La Milagrosa” de Chilca



Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura N° 07: Laguna “La Milagrosa” de Chilca



Fuente: Elaboración propia, 2017

- 2) Proceso de Experimentación: Luego de tener los resultados del análisis y obteniendo que en las aguas de la laguna “La Milagrosa” hay una concentración >25 mg/L de Boro, sobrepasando el ECA, establecido para aguas superficiales con fines de recreación. Se construyó los diseños de

las peceras, colocando en cada una de ellas la muestra de agua tomada de la laguna para ser tratadas, se realizó la identificación de las macrófitas que se necesitaron, para poner en ejecución lo planteado. Se colocó en un lugar ambientado según las características que necesitan el Jacinto y la Lenteja de agua para que puedan cumplir con lo planteado.

- 3) Control de Especie: Durante la investigación se realizó el monitoreo de las macrófitas con ayuda de las fichas de instrumentos, se pudo evidenciar el comportamiento de estas al ser colocadas en las aguas con Boro, lo que más influenciaba es el cambio de color verdoso a un color marrón claro, en ambas macrófitas.
- 4) Monitoreo Final: De cada diseño de pecera, se realizó 3 tomas de muestras durante la investigación para que sean analizadas e ir monitoreando la concentración de Boro presente en las aguas tratadas, e ir evaluando la eficacia de las macrófitas para ver si disminuye la concentración con el pasar del tiempo.

2.4.3. Validez y Confiabilidad del instrumento

La validez de cada uno de los instrumentos fue evaluado por juicio de los especialistas, las cuales cada una contienen firma y su CIP.

La validación de esta investigación es por medio de análisis de los dos laboratorios acreditados, para que se lleve a cabo la evaluación de la concentración del Boro evaluado en el agua, en principio y al final de la investigación.

Para el análisis fisicoquímico inicial, se contrató los servicios del laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C, el cual está acreditado por INNACAL, según el informe de ensayo para el análisis de Metales.

2.5. Método de análisis de datos

Técnicas estadísticas

Para el diseño de la investigación, se utilizó el programa MINITAB, obteniendo los siguientes resultados estadísticos.

- Los residuales viene hacer la diferencia entre el valor real y la estimación.
- El P_value es la probabilidad real de rechazar algo que es verdadero.

$P_value \geq \alpha \Rightarrow$ No se rechaza la H_0

$P_value < \alpha \Rightarrow$ Se rechaza la H_0

❖ PRUEBA DE NORMALIDAD

Planteamiento de hipótesis:

H_0 : Los residuales presentan distribución normal

H_1 : Los residuales no presentan distribución normal

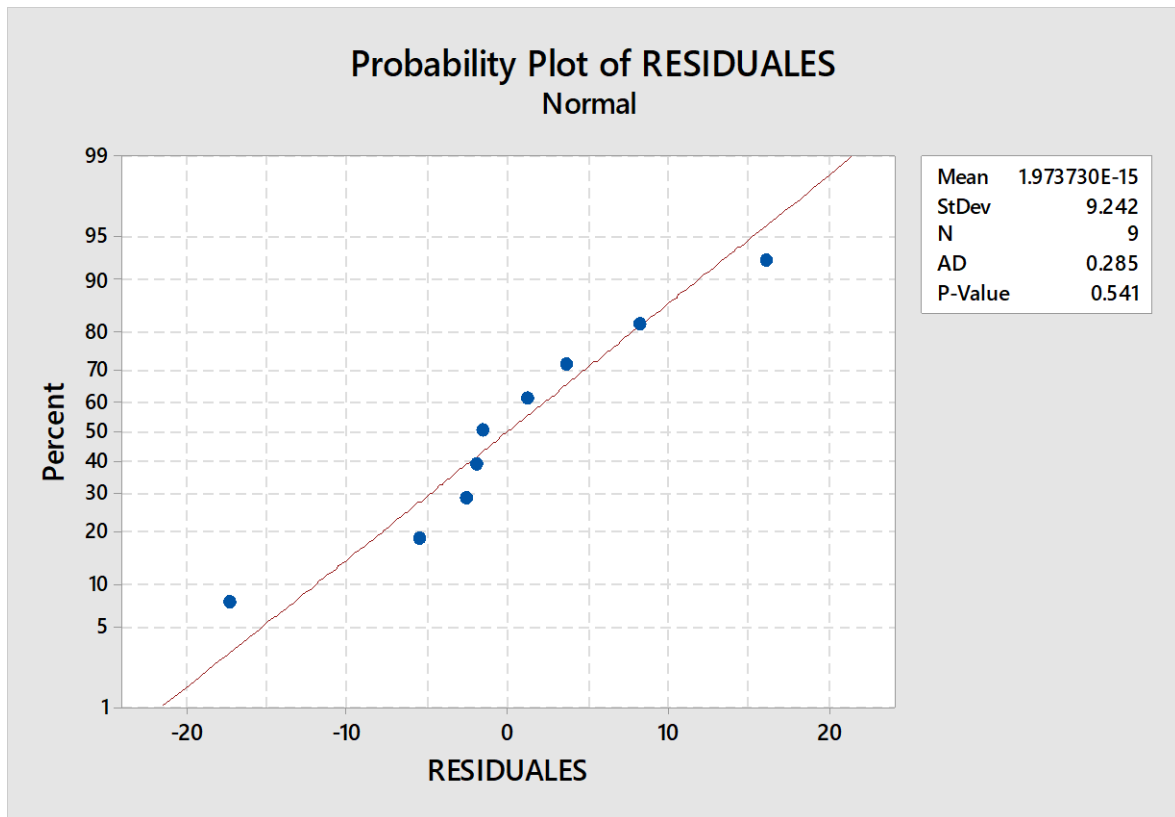
Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: $AD=0.285$

$P_value=0.541 >$; $\alpha=0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Se puede afirmar que con un nivel de significancia del 5%, se cumple el supuesto de Normalidad:

Gráfico N° 01: Distribución de las probabilidades de los residuales



Fuente: Elaborado propia, 2017.

En el **Gráfico N° 01** representa que todos los residuales siguen la misma pendiente (un mismo patrón), teniendo una desviación estándar de: 9.242 y el P_value=0.54, el cual es mayor a α , por lo tanto no se rechaza la H_0 , que todos los residuales representan distribución normal.

❖ PRUEBA DE HOMOCEDASTICIDAD

Con esta prueba, se quiere demostrar que las varianzas son iguales.

Planteamiento de hipótesis:

H_0 : Los residuales presentan homocedasticidad

H_1 : Los residuales no presentan homocedasticidad

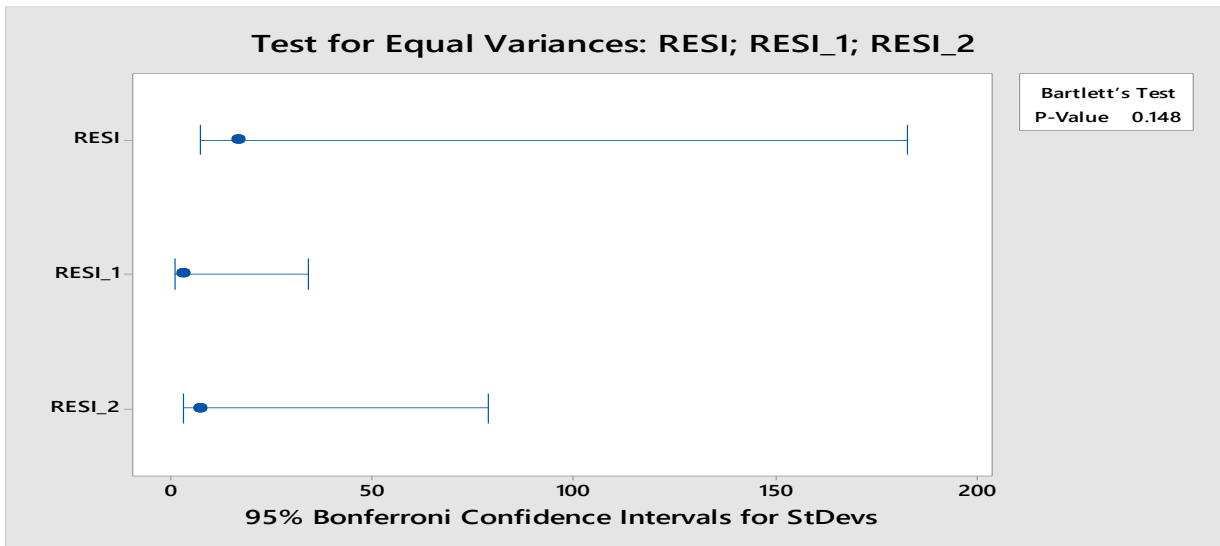
Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: Test de Bartlett=3.82

P_value= 0.148 > $\alpha=0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Se puede afirmar que con un nivel de significancia del 5%, se cumple el supuesto de homocedasticidad.

Gráfico N° 02: Prueba de Homocedasticidad



Anexos:

Tests		
Method	Test Statistic	P-Value
Bartlett	3.82	0.148

❖ PRUEBA PARA DETERMINAR SI LA DISMINUCIÓN DE BORO ES LA MISMA EN CADA TRATAMIENTO

Planteamiento:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \text{Al menos un } \mu_i \neq \mu_j$$

Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: $F_c=0.24$

$P_value = 0.792 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Analysis of Variance (ANOVA)							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	55.34	7.49%	55.34	27.67	0.24	0.792
Error	6	683.27	92.51%	683.27	113.88		
Total	8	738.61	100.00%				

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que los tratamientos empleados con el Jacinto de agua, la Lenteja de agua y la Mixta, tienen el mismo efecto para disminuir el contaminante Boro.

❖ PRUEBA PARA DETERMINAR SI LA DISMINUCIÓN DE BORO ES menor a 62.83 mg/L

One-Sample T: JACINTO; LENTEJA; MIXTO

Test of $\mu = 62.83$ vs < 62.83

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
JACINTO	3	24.18	16.72	9.66	52.38	-4.00	0.029
LENTEJA	3	28.52	3.13	1.81	33.80	-18.98	0.001
MIXTO	3	30.03	7.22	4.17	42.21	-7.87	0.008

1. Planteamiento:

$H_0: \mu_1 \geq 62.83$ El Jacinto de agua no es eficiente para la disminución del Boro.

$H_1: \mu_1 < 62.83$ El Jacinto de agua es eficiente para la disminución del Boro.

Nivel de significación: $\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba: **$T_c = -4.00$**

$P_value = 0.029 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Con un nivel de significancia del 5%, se puede afirmar que el tratamiento con el Jacinto es eficiente para la disminución del Boro.

2. Planteamiento:

$H_0: \mu_2 \geq 62.83$ La Lenteja de agua no es eficiente para la disminución del Boro.

$H_1: \mu_2 < 62.83$ La Lenteja de agua es eficiente para la disminución del Boro.

Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: $T_c=-18.98$

P_value= 0.001 < $\alpha=0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Con un nivel de significancia del 5%, se puede afirmar que el tratamiento con la Lenteja de agua es eficiente para la disminución del Boro.

3. Planteamiento:

$H_0: \mu_2 \geq 62.83$ La combinación de ambas macrófitas no es eficiente para la disminución del Boro.

$H_1: \mu_2 < 62.83$ La combinación de ambas macrófitas es eficiente para la disminución del Boro.

Nivel de significación: $\alpha=0.05$

Estadístico de prueba: $T_c= -7.87$

P_value= 0.008 < $\alpha=0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Con un nivel de significancia del 5%, se puede afirmar que el tratamiento con ambas macrófitas, es eficiente para la disminución del Boro.

2.6. Aspectos éticos

Los datos recogidos y la información que se entrega son veraces.

III. RESULTADOS

En la fase para tratar las aguas con las macrófitas, empezando el día 03/05/2017 la colocación del Jacinto de agua y Lenteja de agua, y llevando a analizar cada 7 días.

Tratamiento con Jacinto y Lenteja de agua

La primera muestra obteniendo una concentración de 40.26 mg/L de Boro, con el Jacinto de agua, en el segundo tratamiento que fue con la Lenteja de agua se obtuvo una concentración de 32.13 mg/L de Boro, y en el tratamiento combinado se obtuvo una concentración de 38.20mg/L de Boro.

En la segunda toma de muestra, se obtuvo los siguientes resultados, con el Jacinto de agua la concentración fue de 25.41 mg/L de Boro, con la Lenteja de agua fue de 26.51 mg/L de Boro y en el tratamiento combinado se obtuvo una concentración de 24.49 mg/L de Boro.

En la tercera toma de muestra, se obtuvo los siguientes resultados, con el Jacinto de agua la concentración fue de 06.88 mg/L de Boro, con la Lenteja de agua fue de 26.93 mg/L de Boro y en el tratamiento combinado se obtuvo una concentración de 27.41 mg/L de Boro.

Tabla N° 06: Concentración del Boro con los tres tratamientos

Tratamiento	Jacinto de Agua (M1)	Lenteja de Agua (M2)	Jacinto y Lenteja de Agua (M3)
1° SEMANA	40.26 mg/L	32.13 mg/L	38.20 mg/L
2° SEMANA	25.41 mg/L	26.51 mg/L	24.49 mg/L
3° SEMANA	6.88 mg/L	26.93 mg/L	27.41 mg/L

Fuente: Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego, 2017

- En la tabla N° 06, se puede visualizar la concentración del Boro en mg/L, con cada uno de los tratamientos con las macrófitas durante el tiempo que duró la investigación.

Tabla N° 07: pH y T° con cada uno de los tratamientos con las macrófitas

Tratamiento	Jacinto de Agua (M1)		Lenteja de Agua (M2)		Jacinto y Lenteja de Agua (M3)	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°
1° SEMANA	8.71	24.6°C	8.68	24.6°C	8.74	24.5°C
2° SEMANA	8.67	23.9°C	8.66	23.9°C	8.71	23.9°C
3° SEMANA	8.54	24.1°C	8.63	24.1°C	8.60	24.1°C

Fuente: Laboratorio de la UCV- Lima Norte, elaboración propia, 2017

- En la Tabla N°07 se puede observar el pH y la T°, de los tratamientos con las macrófitas, los resultados se obtuvieron con los equipos del laboratorio de la Universidad César Vallejo.

Tabla N° 08: Toma de OD, al finalizar los tratamientos con las macrófitas

Tratamiento	Jacinto de Agua (M1)	Lenteja de Agua (M2)	Jacinto y Lenteja de Agua (M3)
3° SEMANA	7.41 mg/L	7.29 mg/L	6.57 mg/L

Fuente: Laboratorio de la UCV- Lima Norte, 2017

- La Tabla N° 08, representa los resultados del Oxígeno Disuelto (OD), luego de las tres semanas de tratamiento de las aguas con el Jacinto, Lenteja de agua, y el tratamiento mixto.

Tabla N° 09: Resultados de DBO_5

Tratamiento	Jacinto de Agua (M1)	Lenteja de Agua (M2)	Jacinto y Lenteja de Agua (M3)
3° SEMANA	27 ppm	45 ppm	63 ppm

Fuente: Laboratorio de la UCV- Lima Norte, 2017

- En la tabla N° 09, representa los análisis de las tres semanas de tratamiento de las aguas con el Jacinto de agua, Lenteja de agua y con la mixta, se analizó la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5).

Para poder hallar el DBO_5 , se realizó el siguiente procedimiento:

Antes de realizar el análisis se preparó el agua de dilución, para la preparación del agua de dilución se colocó el volumen deseado de agua en un frasco adecuado y se añadió 1ml de las siguientes soluciones: tampón fosfatos, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico por cada litro de agua, los cuales son los nutrientes. Antes de usar el agua de dilución debe atemperarse esta agua a 20°C. Saturar el agua con OD (oxígeno disuelto) agitando en una botella parcialmente llena o aireando con aire filtrado libre de materia orgánica (mediante el empleo de una pequeña bomba de aire).

Para el análisis de la muestra, se verifico primeramente el pH de la muestra, encontrándose dentro del rango estipulado por el método. Luego se seleccionó el volumen a analizar de la muestra tomando en consideración la turbidez y la presencia de materia orgánica (olor y color). Se consideró tomar un volumen de 1, 5 y 20 ml de muestra de agua en el frasco Winkler y se añadió el agua de dilución hasta llenar el frasco Winkler tapándose inmediatamente. Se cubrió el Winkler con plástico parafinado con el objetivo de evitar que la boca se seque, y se dé la posible formación de burbujas de aire.

Los frascos seleccionados para la incubación por 5 días, en total oscuridad. Pasados los 5 días se procedió a medir el oxígeno disuelto de cada una de las muestras con el equipo Multiparámetro del laboratorio de la UCV.

A cada frasco Winkler se agregó 1 ml de reactivo 1 y reactivo 2, se agito y se dejó sedimentar el precipitado formado. Seguidamente se adiciono 1 ml de H₂SO₄ (ácido sulfúrico) concentrado y se agitó hasta disolver el precipitado por completo, obteniéndose una solución de coloración naranja por la generación de I₂. Se trasvasa 201 ml de la muestra en un vaso de precipitado de 250 ml con ayuda de la bagueta y se procede a titular con solución de tiosulfato de sodio 0,025 N contenido en la bureta hasta que la solución adquiriera una coloración amarilla. En ese punto se le adiciona 1 ml de solución de almidón, recientemente preparada, cambiando la solución a una coloración azul continuándose con la titulación hasta un viraje incoloro.

Se toma nota del volumen de tiosulfato de sodio gastado y con esto se desarrollan los cálculos para determinar la DBO5.

Para poder hallar el DBO_5 , se usó la siguiente fórmula:

$$\frac{(OD\ inicial - OD\ final)}{Vm} \times 300$$

M1:

$$\frac{(7.59\ mg/L - 7.41\ mg/L)}{2} \times 300 = 27\ ppm$$

M2:

$$\frac{(7.59\ mg/L - 7.29\ mg/L)}{2} \times 300 = 45\ ppm$$

M3:

$$\frac{(7.59\ mg/L - 7.17\ mg/L)}{2} \times 300 = 63\ ppm$$

Tabla N° 10: Porcentaje de disminución de BORO

$$\diamond \left(\frac{Ci - Cf}{Ci} \right) \times 100$$

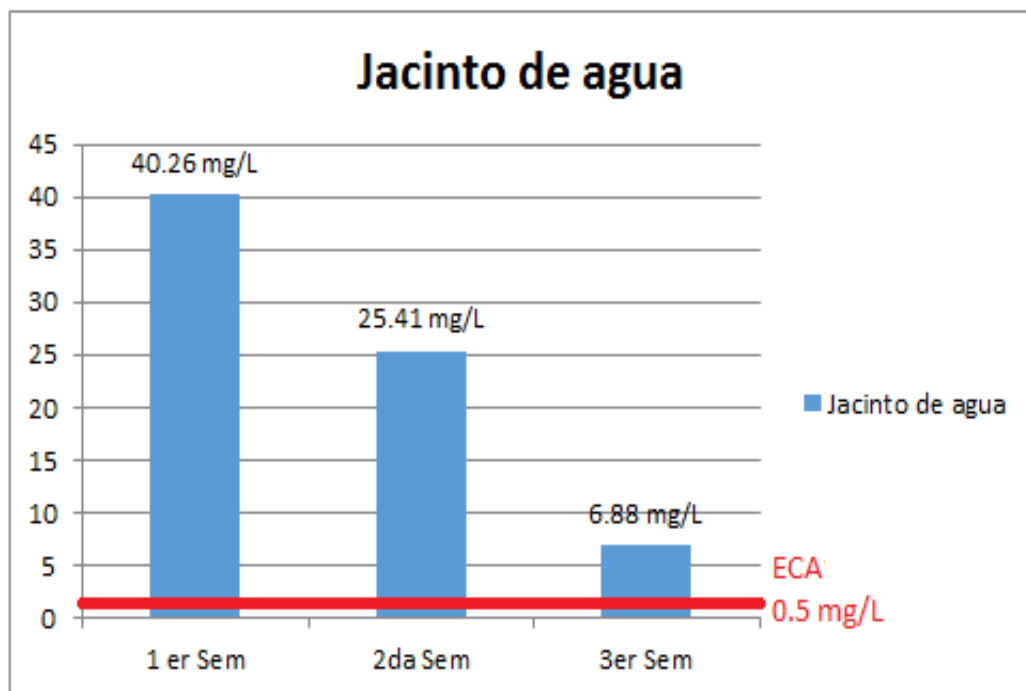
Tratamiento	% de disminución del Boro
Jacinto de Agua (M1)	$\left(\frac{62.83 - 6.88}{62.83} \right) \times 100 = 89.04\%$
Lenteja de Agua (M2)	$\left(\frac{62.83 - 26.93}{62.83} \right) \times 100 = 57.13\%$
Jacinto y Lenteja de Agua (M3)	$\left(\frac{62.83 - 27.41}{62.83} \right) \times 100 = 56.37\%$

Fuente: Elaboración propia, 2017

- En la Tabla N° 10, sobre el porcentaje de disminución del Boro, con el tratamiento de Jacinto de agua se tiene un porcentaje de 89.04%, siendo este el mayor de todos, seguidamente con la Lenteja de agua se obtuvo un 57.13% y con el tratamiento mixto se obtuvo un 56.37%, evidenciando que el Jacinto de agua es la macrófita con mayor capacidad de remover el contaminante Boro.

❖ GRÁFICAS

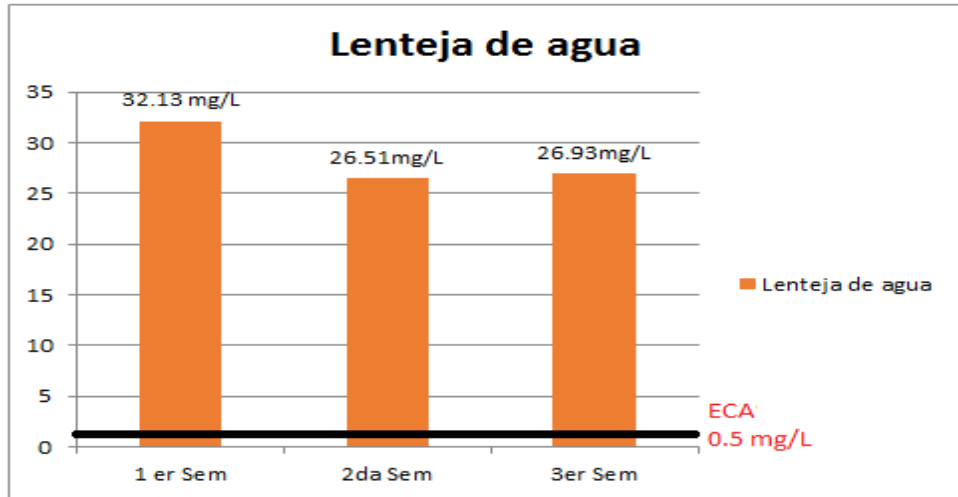
Gráfico N° 03: Tratamiento con Jacinto de Agua durante las 3 semanas



Fuente: Elaboración propia, 2017

- La gráfica representa el tratamiento con las macrófitas Jacinto de agua, rotulada como M1, en la primera semana se observa que la concentración de Boro es de 40.26 mg/L, en la segunda semana la concentración fue de 25.41 mg/L y en la tercera semana llego hasta 6.88 mg/L, evidenciando una clara disminución del contaminante.

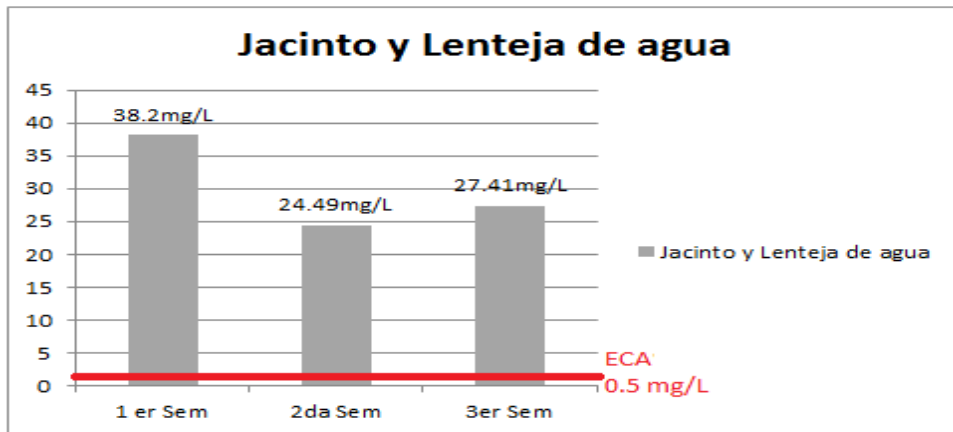
Gráfico N° 04: Tratamiento con Lenteja de Agua durante las 3 semanas



Fuente: Elaboración propia, 2017

En el Gráfico N° 04 representa el tratamiento con las macrófitas Lentejas de agua, rotulada como M2, en la primera semana se observa que la concentración de Boro es de 32.13 mg/L, en la segunda semana la concentración fue de 26.51 mg/L y en la tercera semana llego hasta 26.93 mg/L, en la tercera semana, con los datos obtenidos, se puede inferir de que, la Lenteja de agua, llegó a un límite de saturación para que pueda seguir disminuyendo el contaminante Boro.

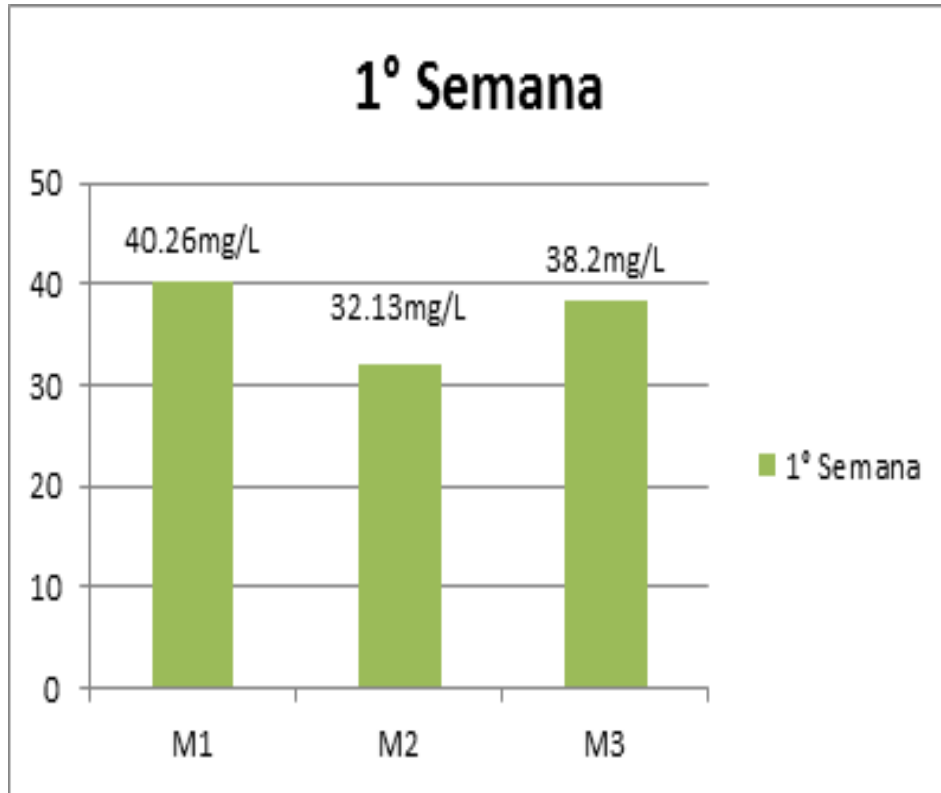
Gráfico N° 05: Tratamiento con Jacinto de Agua y Lenteja de Agua durante las 3 semanas



Fuente: Elaboración propia, 2017

En el Gráfico N° 05 representa el tratamiento con las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, rotulada como M3, en la primera semana se observa que la concentración de Boro es de 38.20 mg/L, en la segunda semana la concentración fue de 24.49 mg/L y en la tercera semana llego hasta 27.41 mg/L.

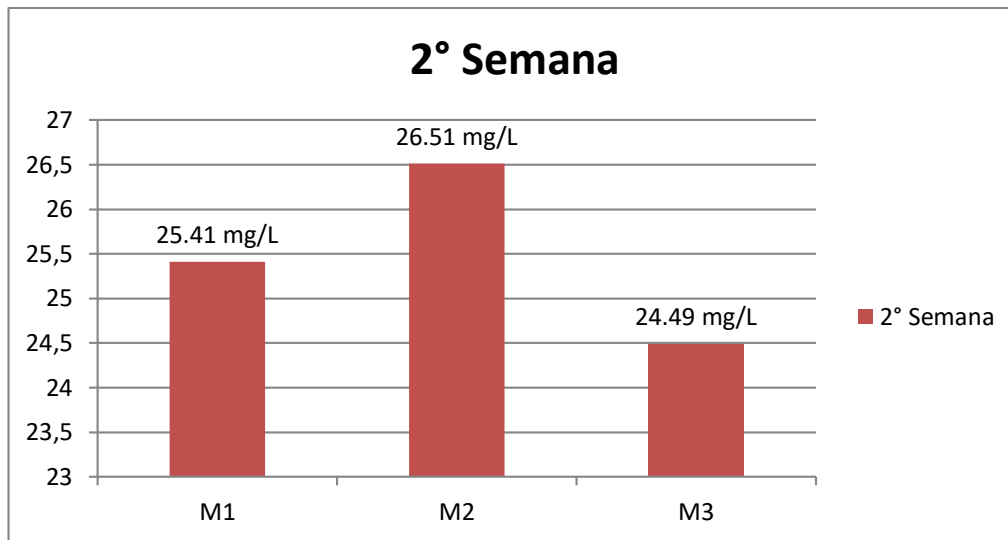
Gráfico N° 06: Tratamiento de M1, M2 Y M3, en la primera semana



Fuente: Elaboración propia, 2017

En el Gráfico N° 06 representa los datos analizados durante la primera semana en los tratamientos M1, M2 Y M3 con las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, en la primera semana se observa que la concentración de Boro en la M1 fue de 40.26 mg/L, de M2 fue de 31.13 mg/L y en el tratamiento M3 llego hasta 38.2 mg/L.

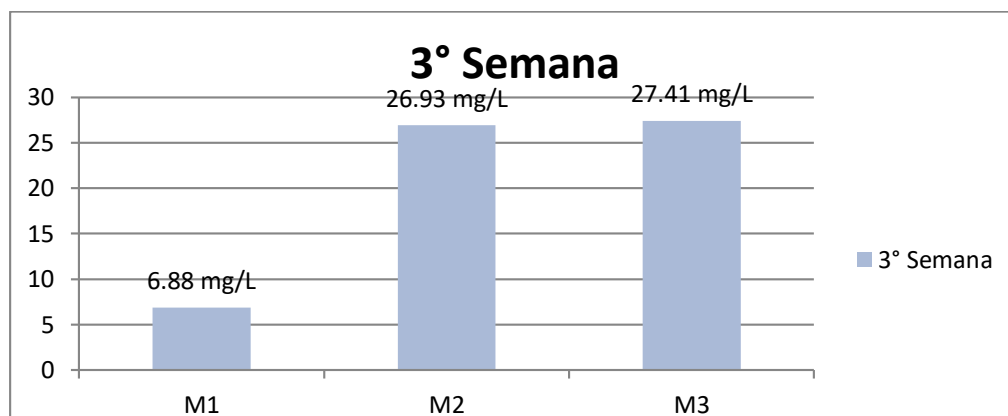
Gráfico N° 07: Tratamiento de M1, M2 Y M3, en la segunda semana



Fuente: Elaboración propia, 2017

En el Gráfico N° 07 representa los datos analizados durante la segunda semana en los tratamientos M1, M2 Y M3 con la macrófita Lenteja de agua, en la segunda semana se observa que la concentración de Boro en la M1 fue de 25.41 mg/L, de M2 fue de 26.51 mg/L y en el tratamiento M3 llego hasta 24.49 mg/L.

Gráfico N° 08: Tratamiento de M1, M2 Y M3, en la tercera semana



Fuente: Elaboración propia, 2017

En el Gráfico N° 08 representa los datos analizados durante la tercera semana en los tratamientos M1, M2 Y M3 con la macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, en la tercera semana se observa que la concentración de Boro en la M1 fue de 6.88 mg/L, de M2 fue de 26.93 mg/L y en el tratamiento M3 llego hasta 27.41 mg/L.

- ❖ Se monitoreo el pH y T°, a cada muestra con las macrófitas ya incorporadas

Tabla N° 11: pH y Temperatura de la Muestra N° 1

pH y Temperatura de la Muestra N° 1		
MUESTREO	pH	T°
M1. Jacinto de agua	8.71	24.6 °C
M2. Lenteja de agua	8.68	24.6 °C
M3. Jacinto de agua y Lenteja de agua	8.74	24.5 °C

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla N° 12: pH y Temperatura de la Muestra N° 2

pH y temperatura de la Muestra N° 2		
MUESTREO	pH	T°
M1. Jacinto de agua	8.67	23.9 °C
M2. Lenteja de agua	8.66	23.9 °C
M3. Jacinto de agua y Lenteja de agua	8.60	23.9 °C

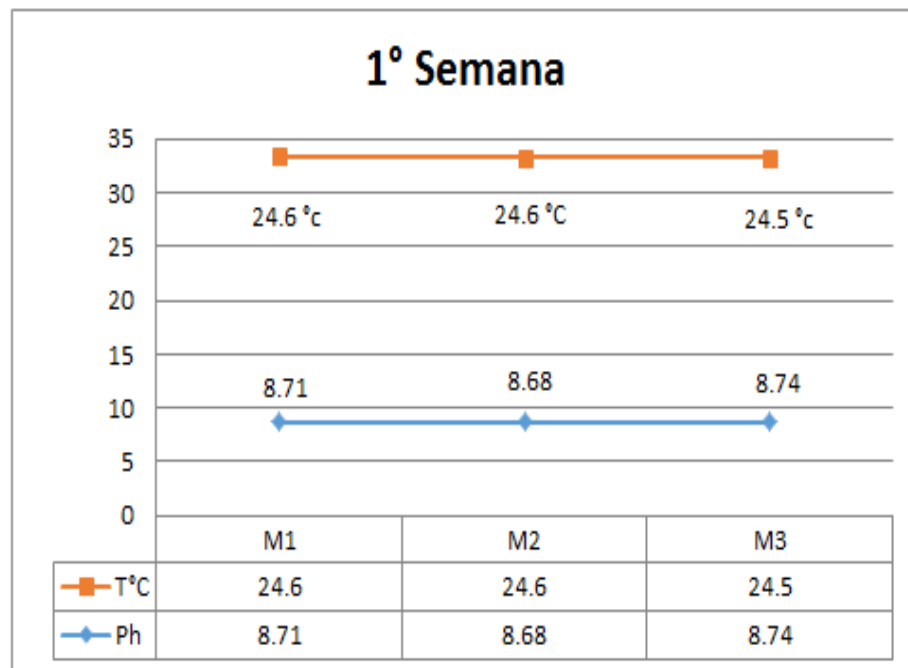
Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla N° 13: pH y Temperatura de la Muestra N° 3

pH y temperatura de la Muestra N° 3		
MUESTREO	pH	T°
M1. Jacinto de agua	8.54	24.1 °C
M2. Lenteja de agua	8.63	24.1 °C
M3. Jacinto de agua y Lenteja de agua	8.60	24.1 °C

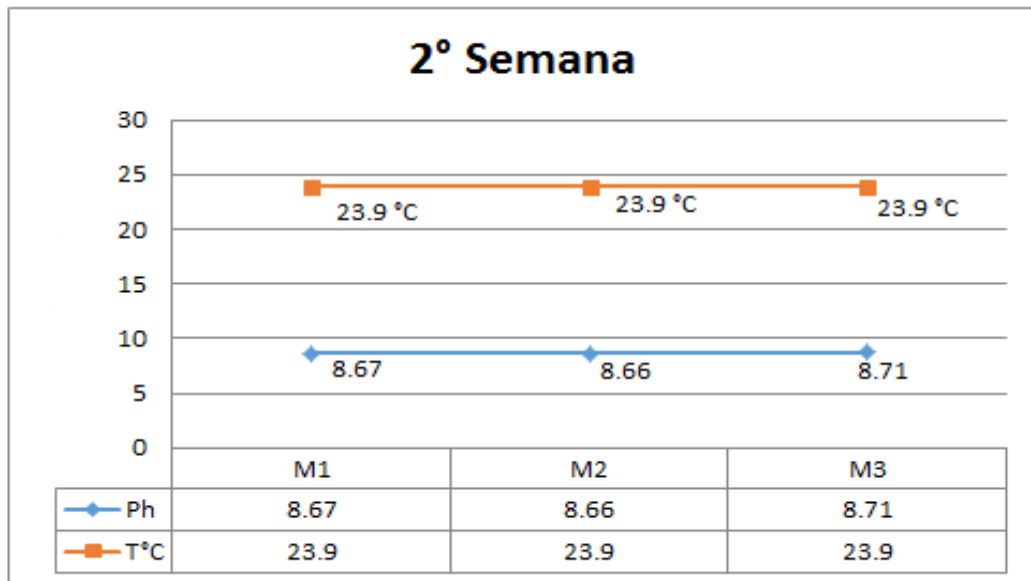
Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico N° 09: Monitoreo del pH y T° en la primera semana



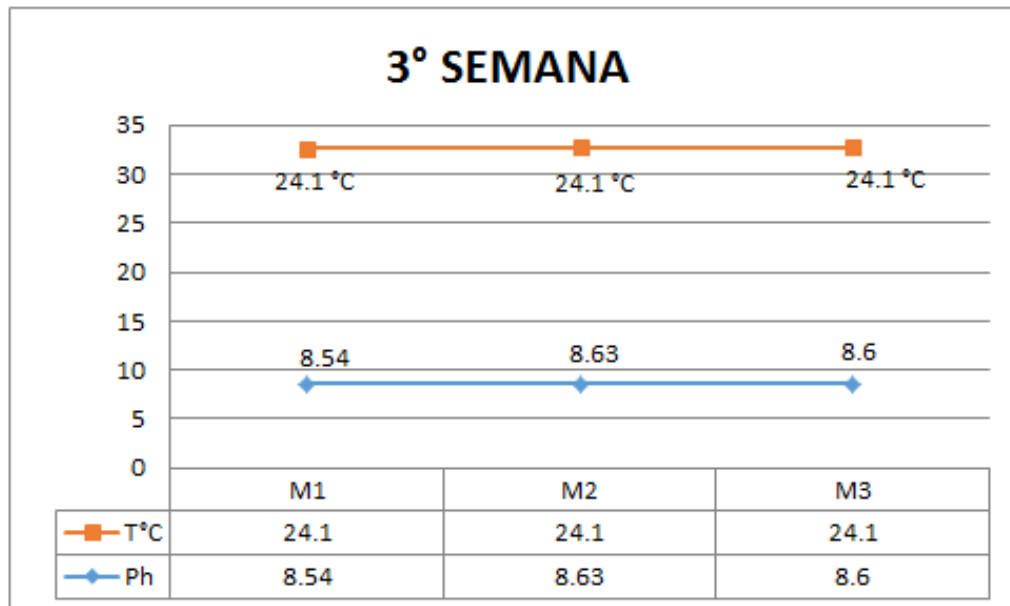
Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico N° 10: Monitoreo del pH y T° en la segunda semana



Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico N° 11: Monitoreo del pH y T° en la tercera semana



Fuente: Elaboración propia, 2017

IV. DISCUSIÓN

La primera muestra obteniendo una concentración de 40.26 mg/L de Boro, con el Jacinto de agua, en el segundo tratamiento que fue con la Lenteja de agua se obtuvo una concentración de 32.13 mg/L de Boro, y en el tratamiento combinado se obtuvo una concentración de 38.20mg/L de Boro.

En la segunda toma de muestra, se obtuvo los siguientes resultados, con el Jacinto de agua la concentración fue de 25.41 mg/L de Boro, con la Lenteja de agua fue de 26.51 mg/L de Boro y en el tratamiento combinado se obtuvo una concentración de 24.49 mg/L de Boro.

En la tercera toma de muestra, se obtuvo los siguientes resultados, con el Jacinto de agua la concentración fue de 06.88 mg/L de Boro, con la Lenteja de agua fue de 26.93 mg/L de Boro y en el tratamiento combinado se obtuvo una concentración de 27.41 mg/L de Boro.

Según Jaramillo & Flores (2012), pudieron observar que en el caso del Jacinto de agua, presentó necrosis en sus hojas y en la lenteja de agua un proceso de clorosis, al principio de su investigación tenía una concentración de 1,2 ppm de Hg y al finalizar el experimento tenía 0,366 ppm, donde se logró que el Jacinto de agua tiene mayor eficiencia logrando absorber un mayor porcentaje de 28%, y con la Lenteja de agua 26 y 27 % y con el tratamiento de ambos entre un 24% y 26%. Comparando con nuestro tratamiento en donde utilizamos las mismas macrófitas, el análisis principal a las aguas tratadas se obtuvo con el Jacinto de agua un 89.04%, con la Lenteja de agua 57.13% y con el tratamiento de ambos 56.37%, siendo este proporcionalmente los datos obtenidos.

Por su parte Duran. S. (s.f), estudió la acumulación del Boro en Lenteja de Agua, se realizaron ensayos que contengan 2.6 mg/L y 10 mg/L de concentración de Boro, se pudo concluir que en las muestras que se usaron con nutrientes para esta macrófita fue inversamente proporcional en la acumulación, de las que tenían concentraciones agregadas de Boro, se pudo

observar también cambios en las clorofilas de las lentejas en 14 días, por otro lado comparando con la investigación se obtuvo una concentración inicial >25 mg/L de concentración de boro en nuestras muestras de agua, donde se colocaron las Lentejas de agua, se evidencio la perdida de color verde a los 3 días, tornando a un color marrón “sin vida”.

Según Poveda (2014), hace referencia en su trabajo donde evalúa las macrófitas entre ellas Jacinto de agua y Lenteja de agua, siendo estas las más adecuadas para un proceso de fitorremediación ya que se logró disminuir varios parámetros analizados entre ellos; DBO, pH, turbidez, conductividad eléctrica, haciendo una comparación con la investigación en el parámetro pH, no se evidencia una diferencia significativa en el transcurso de las 3 semanas de tratamiento, en cuanto a cuál de las dos macrófitas es más eficiente, el Jacinto de agua logra disminuir una concentración hasta llegar a 6.88 mg/L de Boro, siendo esta la mejor especie.

Los resultados de la investigación sobre la Eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro, usando las aguas minerotermales de la “Laguna la Milagrosa, se evidencia que se logró disminuir un porcentaje significativo la concentración del Boro, mas no cumplen con el ECA establecido según el DECRETO SUPREMO N° 004-2017- MINAM, el cual es de 0.5 mg/L, en aguas superficiales destinadas para recreación, sin embargo la macrófita Jacinto de agua en el tratamiento M1, es la que más logra disminuir la concentración del Boro a 6.88mg/L ,en 3 semanas.

V. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la investigación, se logró constatar la eficiencia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, en las aguas de la laguna “La Milagrosa”, las cuales redujeron la concentración del Boro, teniendo como referencia inicial la concentración de 62.83 mg/L según (ATACHAGUA, 2013).

Los resultados que se obtuvieron de las aguas de la laguna “La Milagrosa” para poder llevar a cabo la investigación, se obtuvo que la concentración del Boro fue >25.00 mg/L, el cual no cumple con el (ECA) para la Subcategoría B, aguas superficiales destinadas para recreación, a la tercera semana de la investigación con el tratamiento de Jacinto de agua hubo una disminución del Boro al 6.88 mg/L, con la Lenteja de agua llegó hasta un 26.93 mg/L y con el tratamiento mixto disminuyó hasta el 27.41 mg/L.

En el monitoreo durante las 3 semanas, se tomó los datos del pH y T° de cada muestra, en la primera semana se obtuvo con la M1: 8.71pH, en la M2: 8.68pH, y en la M3: 8.74pH, manteniendo una temperatura promedio de 24.6°C en las 3 muestras. En la segunda semana el pH de las muestras fueron; en la M1: 8.67pH, en la M2: 8.66pH y en la M3: 8.71pH, manteniendo las 3 una temperatura de 23.9°C. En la tercera semana del monitoreo, el pH de las muestras fue, en la M1: 8.54pH, en la M2: 8.63pH y en la M3: 8.60pH, manteniendo una temperatura de 24.1°C.

En la parte del porcentaje de disminución del Boro, con el tratamiento de Jacinto de agua se obtuvo, un porcentaje de 89.04%, siendo este el mayor de todos, seguidamente con la Lenteja de agua se obtuvo un 57.13% y con el tratamiento mixto se obtuvo un 56.37%, evidenciando que el Jacinto de agua es la macrófita con mayor capacidad de remover el contaminante Boro.

En el transcurso del desarrollo, se evidenció el cambio de color de las macrófitas, las cuales tenían la apariencia “sin vida”, tomando un color marrón

claro, por lo general, se no evidenció problemas ambientales, como malos olores, ni presencia de mosquitos, entre otros.

Se puede concluir que los objetivos que se plantearon en la investigación, han sido cumplidos ya que se pudo evidenciar la disminución de la concentración del Boro, presente en las aguas de la laguna “La Milagrosa”, y a su vez certificando la eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua en el diseño de la investigación planteada.

Uno de los objetivos planteado que fue comparar las aguas tratadas de la laguna con las macrófitas, llegasen a cumplir con los ECAS, mas no se pudo llegar a cumplir ya que debe de ser de 0.5 mg/L.

La rápida reproducción de la Lenteja de agua es una gran ventaja, ya que se comprobó la absorción del Boro en cantidades significativas, siempre y cuando se les den condiciones adecuadas para que puedan desarrollarse.

En cuanto al tratamiento mixto (Jacinto y Lenteja de agua, se pudo apreciar en los resultados obtenidos que nos da un rendimiento promedio en cuanto a la disminución del Boro, por lo que se puede concluir que esta combinación pueden absorber una manera igual solas o en grupos.

La capacidad de disminuir del tratamiento M1 fue de 89.04%, con el tratamiento M2 fue de 57.13% y con el tratamiento M3 hubo una disminución del 56.37%, de la concentración del Boro.

Durante el desarrollo de la investigación se pudo concluir que el Jacinto de agua, es la macrófita que presenta mayor resistencia a la concentración del Boro, durante las 3 semanas de experimentación.

Se pudo observar que desde el cuarto día, ambas macrófitas presentaron anomalías, en el Jacinto de agua empezó en las hojas esparciéndose a los peciolos, en las Lentejas de agua se observó un proceso de clorosis, es decir que fueron perdieron su color verde.

Como conclusión final, en los trabajos previos mencionados, se puede afirmar, que esta técnica se puede aplicar, ya que es una alternativa muy buena, evidenciando ventajas para el ambiente y también económicamente, principalmente si se trata de disminuir las concentraciones del Boro en aguas destinadas para uso recreacional.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que durante el tratamiento con las macrófitas empleadas, es bueno observar el comportamiento de estas, ya que tienden a cambiar del color verdoso, a un color marrón, aparentemente “sin vida”, sin embargo, ellas siguen cumpliendo su función de absorber el Boro, como se puede evidenciar en los resultados de los laboratorios, es bueno apuntar a los cuantos días ocurre este cambio.
- En el caso de la macrófita Jacinto de agua, se requiere de una iluminación intensa, en todo caso si es artificial, se deberá acondicionar una rampa luminosa completa, ya que esta se desarrolla de una mejor manera.
- Como recomendación, para lograr verificar si cumple llegar al ECA, realizar análisis de muestras por 4 semanas más, para hacer el cotejo necesario y así verificar que puede llegar a cumplir con lo establecido según en el Decreto Supremo 004-2017-MINAM, para aguas superficiales destinadas para recreación.
- Invertir en el tratamiento de la laguna “La Milagrosa”, ya que no hace fe a su nombre, porque se puede ver en los análisis de que no se encuentra en un estado saludable para las personas, ya que muchos de los contaminantes son dañinos para la salud humana, en este caso científicamente el Boro es perjudicial para la salud humana, animales y plantas.
- Si se trabaja con el Jacinto de agua, trabajar en tiempos más prolongados, ya que esta especie fue la que resistió a la concentración del Boro.

- Si utilizamos esta técnica se recomienda que se dé un correcto manejo a las macrófitas, ya que estas pueden reproducirse de una manera rápida.

VII. REFERENCIAS

- ✓ ATACHAGUA, N. Presento en su tesis: "Evaluación fisicoquímica y biológica de las aguas termominerales para el uso de la termatalia, en el balneario de chilca, Lima "(2013) (Atachagua, N., 2013,16pp)
- ✓ ATACHAGUA, N. Presento en su tesis: "Evaluación fisicoquímica y biológica de las aguas termominerales para el uso de la termatalia, en el balneario de chilca, Lima" (2013) (Atachagua, N., 2013,43pp)
- ✓ BALLESTERO, J. Presento en su tesis "Determinación de la eficacia de Azolla caroliniana como matriz de hiperacumulación de metales pesados cuantificados", Quito (2011) (pp.15)
- ✓ BARRIONUEVO, Y. Presento en sus tesis: " La explotación de las aguas minero termales con fines turísticos" (2004) (Barrionuevo, Y., 2004, 15-17pp).
- ✓ CORONEL E. en su tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. "EFICIENCIA DEL JACINTO DE AGUA (Eichhornia crassipes) Y LENTEJA DE AGUA (Lemna minor) EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS- CHACHAPOYAS" Lima, (2015).
- ✓ DE LA FUENTE, M. Presento en su tesis: "Diseño y desarrollo de un sistema de tratamiento para la eliminación de boro en vertidos industriales, Madrid (2000)
- ✓ DURAN, S. "Acumulación de Boro en Lenteja de agua (Lemna gibba L.) y efectos de toxicidad" (s.f)
- ✓ GARCÍA, Z. Presento en sus tesis: "Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficacia de remoción de nutrientes en e l tratamiento de aguas residuales domésticas, Lima" (2012) (García, Z., 2012,pp. 3- 4)

- ✓ JARAMILLO & FLORES, Presentaron en su tesis: “Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera”, Cuenca (2012) (Jaramillo & Flores, 2012, pp.37)
- ✓ JARAMILLO & FLORES, Presentaron en su tesis: “Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera”, Cuenca (2012) (Jaramillo & Flores, 2012, pp.40)
- ✓ JARAMILLO & FLORES, Presentaron en su tesis: “Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera”, Cuenca (2012) (Jaramillo & Flores, 2012, pp.43)
- ✓ LENNTECH, Boro, Efectos del Boro sobre la salud, Efectos ambientales del Boro, España [Fecha de consulta: 15 de Octubre 2016]
 Disponible en:
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/b.htm>
- ✓ LOZANO, C. Presento en su tesis:”Determinación espacial de la distribución de la Eichornia Crassipes “Jacinto de agua” en las fuentes de agua lólicas ubicadas en la margen derecha del Río Mayo”, Moyobamba (2010) (pp.7)
- ✓ MUÑOZ, J. Presento en su tesis: “Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja “citrus cinensis” pretratada, Lima (2007)
- ✓ POVEDA, R. Presento en sus tesis: “ Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”, Ecuador (2014)
- ✓ RAVELO, B. Presento en sus tesis: “Adsorción de Boro del agua”, Catalunya (2012) (pp.16-17)
- ✓ RAVELO, B. Presento en sus tesis: “Adsorción de Boro del agua”, Catalunya (2012) (pp.44)
- ✓ VELARDE K., ZAVALETA M. & AGUILAR C. en el : Segundo encuentro de investigadores ambientales.” ESTUDIO DE LA ABSORCIÓN DEL ION

CROMO VI CON JACINTO DE AGUA (*eichhornia crassipes*), AREQUIPA (2013).

<http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/37-EI14-Velarde%20Hurtado.pdf>

- ✓ Revista Fénix Power Perú, En su informe de Guía de Turismo sobre “Las Lagunas de Chilca – Aguas Termominerales”(2015) (18pp)

[Fecha de consulta: 3 de Octubre 2016].

Disponible en: www.fenixpower.com.pe/sites/default/files/materiales/guia-turistica_para%20web.pdf


- ✓ TEJADA, J. Presento en su tesis: “Diseño de un Humedal para la remoción de Cd, As y Cr con plantas de *Typha Latifolia* (ESPADAÑA) (2010)
- ✓ VALERO, M. Presento en su tesis: “Aplicación tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales con la ayuda de microorganismos”, Bucaramanga, (2006).
- ✓ XIAOMEI LU, MALEEYA KRUATRACHUE, PRAYAD POKETHITIYOOKB en su artículo: “Removal of Cadmium and Zinc by Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes*, CHINA” (2004).

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.603.4900&rep=rep1&type=pdf>

VIII. ANEXOS

✓ Anexo N° 01: Instrumentos




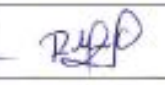

Instrumento N° 02



ANEXO N° 2: Ficha de monitoreo de la macrofitas Jacinto de Agua

MONITOREO DE LA MÁCROFITAS JACINTO DE AGUA				
FECHA	HORA	N° DE MACROFITAS	COLOR DE HOJAS	OBSERVACIONES
03-05-17	5:00 pm	M ₁ /7	Verdesos	En buen estado, en el M ₁
09-05-17	11:15 am	M ₁ /7 - M ₃ /3	Color marrón y algunas verdes	en el tratamiento de M ₁ y M ₃
12-05-17	2:17 pm	M ₁ /7	las hojas también a marrón oscuro	delante el muelle de la M ₁
16-05-17	5:00 pm	M ₁ /7 - M ₃ /3	marrón "Señalada"	se vieron pupas estoleras a medias.
16-05-17	7:00 am	M ₃ /3	marrón	sus raíces se notaban en la superficie
19-05-17	3:05 pm	M ₁ /7 - M ₃ /3	marrón oscuro	las hojas ya no flotaban
22-05-17	10:58 am	M ₁ /7 - M ₃ /3	marrón, oscuro	pasó a retirar de los peces

Lima..... del 2016

VALIDADO POR:		
 LOREA DÁVILA	RUBEN MUNIFE C.	
 CIP 77088	 CIP 38103	

Fuente: Elaboración propia, 2016

Instrumento N° 03



ANEXO N° 3: Ficha de monitoreo de la macrofita Lenteja de Agua

MONITOREO DE LA MÁCROFITA LENTEJA DE AGUA

FECHA	HORA	N° DE MACROFITAS	COLOR DE HOJAS	OBSERVACIONES
03-05-17	5:00pm	H/2 30 gr - H3 15 gr	Verdes	H2 y H3, todos verdes
04-05-17	11:15 am	-	mancha oscura	H2 → se observan H3 → se observan
12-05-17	2:17pm	-	mancha oscura	H2 → se ve un incremento de las lentejas
13-05-17	3:00 pm	-	mancha clara	H2 → se ve un crecimiento pequeño lentejas pero se no crecen
16-05-17	7:00 am	-	mancha clara	seguir creciendo las lentejas en la H2
19-05-17	3:05 pm	-	mancha clara	no crecen las lentejas, no tienen un desarrollo óptimo
22-05-17	10:38 am	-	medio mancha y blanco	se retiro de la H2 y H3 para ser analizar

Lima, del 2016

VALIDADO POR:		
	RUBEN MUMBE C.	ANA C. PAUCAR RETUERTO BIÓLOGA C.B.P. 5546
CIP 71058	CIP 38103	

Fuente: Elaboración propia, 2017

Instrumento N° 04



ANEXO N° 4: Ficha de datos del porcentaje de reducción del Boro –Experimento I

FICHA DE DATOS DEL % DE REDUCCION DEL BORO - EXPERIMENO I				
FECHA	N° MUESTRA	PORCENTAJE INICIAL	PORCENTAJE FINAL	LABORATORIO
10-05-17	M ₁ (Jicante de agua)	> 25 mg/L	40.26 mg/L	LNALM
15-05-17	M ₁ (Jicante de agua)	> 25 mg/L	25.41 mg/L	LNALM
22-05-17	M ₁ (Jicante de agua)	> 25 mg/L	6.88 mg/L	LNALM

Lima, del 2016

VALIDADO POR:		
 LORENA MEDINA	 RUBEN MUNIVE C.	 ANA C. PAUCAR RETUERTEL BIÓLOGA C.B.P. 5546
 CIP 77088	 CIP 32103	

Fuente: Elaboración propia, 2016

Instrumento N° 05



ANEXO N° 5: Ficha de datos del porcentaje de reducción del Boro –Experimento II

FICHA DE DATOS DEL % DE REDUCCION DEL BORO - EXPERIMENO II				
FECHA	N° MUESTRA	PORCENTAJE INICIAL	PORCENTAJE FINAL	LABORATORIO
10-05-12	M2 (lesteja de agua)	> 25 mg/L	32.13 mg/L	UNALM
15-05-12	M2 (lesteja de agua)	> 25 mg/L	26.51 mg/L	UNALM
22-05-12	M2 (lesteja de agua)	> 25 mg/L	26.93 mg/L	UNALM

Lima, del 2016

VALIDADO POR:		
<i>LOCELO</i> CIP 77088	RUBÉN MUNNE C. CIP 38103	 ANA C. PAUCAR RETUERTEL BIOLOGA C.D.P. 5546

Fuente: Elaboración propia, 2016

Instrumento N° 06



ANEXO N° 6: Ficha de datos del porcentaje de reducción del Boro - Experimento III

FICHA DE DATOS DEL % DE REDUCCION DEL BORO - EXPERIMENO III				
FECHA	N° MUESTRA	PORCENTAJE INICIAL	PORCENTAJE FINAL	LABORATORIO
10-05-17	M3 (Jarrón y lenteja de agua)	> 25 mg/L	38.20 mg/L	UNALM
15-05-17	M3 (Jarrón y lenteja de agua)	> 25 mg/L	24.49 mg/L	UNALM
22-05-17	M3 (Jarrón y lenteja de agua)	> 25 mg/L	27.41 mg/L	UNALM


Lima, 11 de Noviembre del 2016

VALIDADO POR:		
 LORETO V. DURAZO	 RUBEN MUNIVE C.	 ANA C. PAUCAR BETUERTI BIÓLOGA C.D.P. 5546
CIP 77088	CIP 38103	

Fuente: Elaboración propia, 2016

✓ Anexo N° 02: Validación de Instrumentos

Instrumento N° 01

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: MUNIVE CERRON RUBEN

1.2. Cargo e institución donde labora: D.T.C. - UCV Ing. Ambiental

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHAS DE DATOS

1.4. Autor(A) de Instrumento: Ingrid Briglebiganl Gary Aparicio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

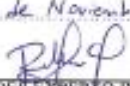
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUCESIVIDAD	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. DISTINGUIBILIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN : 90 %

Lima, 11 de Noviembre del 2016


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI: 19889810 = 964538375

Fuente: Elaboración propia, 2016

Instrumento N° 02



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Veldings Evelyn Loza
 1.2. Cargo e institución donde labora: PTC
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de datos
 1.4. Autor(A) de instrumento: Ingrid Ruiz Fabrigar Gray aparcio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %


Lima, 11 de Noviembre del 2016

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

90313063

Fuente: Elaboración propia, 2016

Instrumento N° 03


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Paucar Retuerto Ana

1.2. Cargo e institución donde labora: Coord. Resp. Social - EP de Arequipa

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas de datos

1.4. Autor(A) de Instrumento: Apud. Conny Apucio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


10/10

90 %

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

Lima, del 2016


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


ANA C. PAUCAR RETUERTO
BIOLOGA
C.R.P. 5546

Fuente: Elaboración propia, 2016

Anexo N° 03: Tabla N° 14: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensiones	Indicadores	unidades
¿Cuál es la eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua para disminuir la concentración de Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca?	Determinar la eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para la disminución de la concentración del Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.	Las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua fueron eficientes para disminuir la concentración del Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.	INDEPENDIENTE (X) Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua	remoción de Boro	mg/L de Boro Inicial y final con Jacinto de agua	Nominal
					-mg/L de Boro Inicial y final con Lenteja de agua	Nominal
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos		Características de las macrófitas	-Crecimiento de las macrófitas - Color de las hojas	Razón
¿Qué concentración de Boro presenta la laguna “La Milagrosa” de Chilca?	Determinar la reducción de la concentración del Boro presente en las aguas de la laguna “La Milagrosa” de Chilca por las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua.	Fue factible reducir la concentración del Boro con las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua en las aguas de la laguna “La Milagrosa” de Chilca.	DEPENDIENTE (Y) Disminución de la concentración de Boro en las aguas de la “Laguna la Milagrosa”	Características de las aguas tratadas	Porcentaje de disminución de B= $(Ci - Cf / Ci) \times 100$ Color	Razón Nomina
Qué nivel de remoción presentan las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua para el Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca?	Determinar la capacidad de remoción del Boro usando las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.	Las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua removieron el Boro presente en la laguna “La Milagrosa” de Chilca.			Temperatura pH	°C Intervalo
					Concentración de Boro (mg/l)	Razón

Fuente: Elaboración propia, 2016

✓ **nexo N° 04: INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL**

Código de Laboratorio		162891-01		
Código de Cliente		A-00		
Fecha de Muestreo		02/10/2016		
Hora de Muestreo (h)		14:14		
Tipo de Producto		Agua Superficial		
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados	
Metales Totales (ICP-AES)				
Ag	Plata	mg/L	0,0002	<0,0002
Al	Aluminio	mg/L	0,001	4,957
As	Arsénico	mg/L	0,001	<0,001
B	Boro	mg/L	0,03	>25,00
Ba	Bario	mg/L	0,0003	<0,0003
Be	Berilio	mg/L	0,0003	0,0072
Ca	Calcio	mg/L	0,01	61,53
Cd	Cadmio	mg/L	0,00005	<0,00005
Ce	Cerio	mg/L	0,0004	<0,0004
Co	Cobalto	mg/L	0,001	0,196
Cr	Cromo	mg/L	0,0003	0,0296
Cu	Cobre	mg/L	0,0004	<0,0004
Fe	Hierro	mg/L	0,0005	2,107
K	Potasio	mg/L	0,003	>500,0
Li	Litio	mg/L	0,0002	<0,0002
Mg	Magnesio	mg/L	0,003	>500,0
Mn	Manganeso	mg/L	0,0004	0,1134
Mo	Molibdeno	mg/L	0,0005	0,5492
Na	Sodio	mg/L	0,01	>1000
Ni	Níquel	mg/L	0,0005	0,0415
P	Fósforo	mg/L	0,01	1,43
Pb	Plomo	mg/L	0,0004	<0,0004
Sb	Antimonio	mg/L	0,0015	<0,0015
Se	Selenio	mg/L	0,001	<0,001
Si	Silicio	mg/L	0,005	7,108
Sn	Estaño	mg/L	0,002	<0,002
Sr	Estroncio	mg/L	0,0003	1,183
Ti	Titanio	mg/L	0,0003	0,1369
Tl	Talio	mg/L	0,0002	<0,0002
V	Vanadio	mg/L	0,0003	0,0084
Zn	Zinc	mg/L	0,002	<0,002

Fuente: Environmental Testing Laboratory, 2016

✓ Anexo N° 06: Resultados de los análisis de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

N° 003611

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 10 de Mayo del 2017

N° LABORATORIO	3611
N° DE CAMPO	M ₁ Jacinto de Agua
Boro mg/L	40.26

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 003624

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
 DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 15 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3624
Nº DE CAMPO	M ₁ Jacinto de Agua
Boro mg/L	25.41

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 003639

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
 DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 22 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3639
Nº DE CAMPO	M₁ Jacinto de Agua
Boro mg/L	6.88

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 003612**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO
 DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 10 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3612
Nº DE CAMPO	M₂ Lenteja de Agua
Boro mg/L	32.13

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 003625

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 15 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3625
Nº DE CAMPO	M₂ Lenteja de Agua
Boro mg/L	26.51

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe


Nº 003652

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 22 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3652
Nº DE CAMPO	M ₂ Lenteja de Agua
Boro mg/L	26.93

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO




Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 003613

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
 DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 10 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3613
Nº DE CAMPO	M₃ Jacinto y Lenteja de Agua
Boro mg/L	38.20

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 003626

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
 DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 15 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3626
Nº DE CAMPO	M₃ Jacinto y Lenteja de Agua
Boro mg/L	24.49

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Nº 003653

**ANALISIS FISICO-QUIMICO
 DE AGUA**

SOLICITANTE : INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO
PROYECTO : Eficacia de las macrófitas Jacinto de agua y lenteja de agua para disminuir la concentración del Boro usando las aguas minerotermales de la Laguna " La Milagrosa" - Chilca
PROCEDENCIA : Laguna " La Milagrosa" - Chilca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 22 de Mayo del 2017

Nº LABORATORIO	3653
Nº DE CAMPO	M₃ Jacinto y Lenteja de Agua
Boro mg/L	27.41

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO



Resultados del Laboratorio de la Universidad César Vallejo



MUESTRA: AGUAS DE LA LAGUNA "LA MILAGROSA" – CHILCA – PERÚ

ASESOR: Dr. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

N° DE MUESTRAS: 03

TESISTA: INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO

PARÁMETROS ANALIZADOS:

- pH
- Temperatura
- OD

TESIS:

"EFICACIA DE LAS MACRÓFITAS JACINTO Y LENTEJA DE AGUA PARA DISMINUIR LA CONCENTRACIÓN DEL BORO, USANDO LAS AGUAS MINEROTERMALES DE LA "LAGUNA LA MILAGROSA"-CHILCA, 2017"

Tratamiento	Jacinto de Agua (M1)		Lenteja de Agua (M2)		Jacinto y Lenteja de Agua (M3)	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°
1° SEMANA	8.71	24.6°C	8.68	24.6°C	8.74	24.5°C
2° SEMANA	8.67	23.9°C	8.66	23.9°C	8.71	23.9°C
3° SEMANA	8.54	24.1°C	8.63	24.1°C	8.60	24.1°C

Tratamiento	Jacinto de Agua (M1)	Lenteja de Agua (M2)	Jacinto y Lenteja de Agua (M3)
3° SEMANA (OD)	7.41 mg/L	7.29 mg/L	6.57 mg/L


 Qco. Alexander Quintana Paetán
 Profesor de Laboratorio


 Hiler Román Perez
 Encargado de laboratorio

MUESTRA: AGUAS DE LA LAGUNA "LA MILAGROSA" – CHILCA – PERÚ

ASESOR: Dr. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

N° DE MUESTRAS: 03

TESISTA: INGRID BEIGFABIGAIL GARAY APARICIO


PARÁMETROS ANALIZADOS:

- $DBO_{(5)}$

TESIS:

"EFICACIA DE LAS MACRÓFITAS JACINTO Y LENTEJA DE AGUA PARA DISMINUIR LA CONCENTRACIÓN DEL BORO, USANDO LAS AGUAS MINEROTERMALES DE LA "LAGUNA LA MILAGROSA"-CHILCA, 2017"

Tratamiento	Jacinto de Agua (M1)	Lenteja de Agua (M2)	Jacinto y Lenteja de Agua (M3)
3° SEMANA	27 ppm	45 ppm	63 ppm



Qco. Alexander Quintana Paetán
Profesor de Laboratorio

Hitler Román Pérez
Encargado de laboratorio

PRIMERA VISITA A LA LAGUNA

Figura N° 08: Vista de la Laguna “La Milagrosa”- Chilca



Figura N° 09: Aguas de la Laguna “La Milagrosa”- Color verde



Figura N° 10: Toma de muestra de la laguna “La Milagrosa”



Figura N° 11: Toma de la Temperatura



Figura N° 12: Medida del pH



Figura N° 13: Selección de las Macrófitas para el desarrollo de la investigación

Jacinto de agua



Lenteja de agua



Figura N° 14: Estanque de Jacinto y Lenteja de agua



Figura N° 15: Toma de muestra de las aguas para tratarlas con las Macrófitas

Recolectando las muestras de agua



Figura N° 16: Muestras tomadas para el análisis



Figura N° 17: Colocación de las macrófitas a las peceras para el tratamiento correspondiente



Figura N° 18: Monitoreo de las macrófitas con el pasar de los días



Figura N° 19: Peceras con las macrófitas Jacinto de agua y Lenteja de agua



Figura N° 20: Botellas llenas de agua ya tratadas con las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua, de cada pecera, para tomar el pH, T°



Figura N° 21: En el laboratorio de la UCV- Lima Norte, analizando la T° y el pH de las muestras





✓ Anexo N° 06: ANEXO DEL DECRETO SUPREMO 004-2017-MINAM DONDE ESTABLECE EL ECA PARA EL BORO

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala PtCo	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Niquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.