



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Biosorción del plomo en aguas contaminadas del río Rímac
utilizando la microalga *Chlorella Vulgaris*, 2018**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Quispe Silvera Cesar Amir (ORCID 0000-0002-0677-2402)

ASESOR:

MSc.. Quijano Pacheco Wilber Samuel (ORCID 0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad Y Gestión De Los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2018

Dedicatoria

A Dios por guiarme en el camino de la vida, por cuidarme y haberme dado personas increíbles que son mi fortaleza y apoyo.

A mi mamá Elsa por ser ejemplo de lucha, constancia e inspiración para ser una mejor persona.

A mi hermano Christian por el incondicional apoyo y consejos en cada etapa de mis estudios.

A mi papá César por la enseñanza, ayuda y paciencia brindada en la vida.

Agradecimiento

A Dios por darme la oportunidad de cumplir mis objetivos.

A los profesores de la Universidad Cesar Vallejo por compartir sus enseñanzas, brindar su apoyo para seguir investigando.

A al ingeniero Quijano Pacheco Wilber Samuel por brindar sus conocimientos y paciencia en las asesorías.

A mi familia por el enorme apoyo y confianza brindada.

A mi gran amiga y compañera de estudios Ingri Karina Gonzales Pizango por los consejos y apoyo brindados.

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Biosorción del Plomo en aguas Contaminadas del Río Rímac utilizando la microalga *Chlorella vulgaris*, 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El Autor

Índice

Página Del Jurado.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaración De Autenticidad	iv
Presentación	v
Índice.....	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad Problemática	2
1.2 Trabajos Previos	3
1.3 Teorías Relacionadas al Tema	8
1.3.1 Plomo	8
1.3.2 Biosorción.....	11
1.3.3 Microalgas	12
1.4 Formulación del Problema	15
1.4.1 Problema General.....	15
1.4.2 Problemas Específico	16
1.5 Justificación del Estudio	16
1.6 Hipótesis	17
1.6.1 Hipótesis General	17
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	17
1.7 Objetivos	17
1.7.1 Objetivo General.....	17
1.7.2 Objetivos Específicos	17
2 MÉTODO	18
2.1 Diseño de Investigación	18
2.2 Variables, Operacionalización.....	18
2.3 Población y Muestra.....	20
2.3.1 Población.....	20
2.3.2 Muestra.....	20
2.3.3 Muestreo.....	20
2.3.4 Unidad de Análisis	20

2.4	Técnicas E Instrumentos de Recoleccion de Datos, Validez y Confiabilidad	20
2.4.1	Técnicas E Instrumentos de Recoleccion de Datos.....	20
2.4.2	Validez y Confiabilidad del Instrumento.....	21
2.5	Métodos de Análisis de Datos.....	21
2.5.1	Procedimiento en la Investigación	23
2.6	Aspectos Éticos.....	27
3	RESULTADOS.....	28
3.1	Caracterización de las Microalgas	28
3.2	Caracterización Iniciales del Agua	28
3.2.1	Resultados Luego de aplicar las Dosis de Microalgas.....	29
4	DISCUSIONES	38
5	CONCLUSIONES	40
6	RECOMENDACIONES.....	41
	REFERENCIAS.....	42
	ANEXOS	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Propiedades del plomo.....	8
Tabla 2. ECA – AGUA para el plomo	10
Tabla 3. Taxonomía de <i>Chlorella vulgaris</i>	14
Tabla 4. Alfa de Cronbach de los instrumentos utilizados.....	21
Tabla 5. Dosis y repeticiones	22
Tabla 6. Características del cultivo de microalgas	28
Tabla 7. Parámetros iniciales del agua	28
Tabla 8. Plomo en el agua del río Rímac al final del experimento.....	29
Tabla 9. Análisis de varianza de ANOVA para la concentración de plomo	30
Tabla 10. Prueba de contraste tukey para la concentración de plomo.....	31
Tabla 11. pH en el agua del río Rímac al final del experimento	31
Tabla 12. Análisis de varianza de ANOVA para pH	33
Tabla 13. Prueba de contraste tukey para el pH	33
Tabla 14. Conductividad eléctrica en el agua del río Rímac al final del experimento.....	34
Tabla 15. Análisis de varianza de ANOVA para la conductividad eléctrica	36
Tabla 16. Prueba de contraste tukey para la conductividad eléctrica.....	36
Tabla 17. Prueba De Normalidad.....	47
Tabla 18. Matriz de consistencia	48

Índice de Figuras

Figura 1. Diseño del área experimental.....	23
Figura 2. Procedimiento	26
Figura 3. Dosis y la concentración de plomo final	29
Figura 4. Dosis y el pH	32
Figura 5. Dosis y el pH.....	32
Figura 6. Dosis y la Conductividad Eléctrica	35
Figura 7. Obtención y análisis de las muestras	49
Figura 8.. Obtención y análisis de las muestras	49
Figura 9. Cultivo de la microalga <i>Chlorella vulgaris</i>	49
Figura 10. conteo de las células de <i>Chlorella vulgaris</i>	49
Figura 11. Área experimental	49

RESUMEN

El recurso hídrico es un elemento vital para el abastecimiento de la población, el sector minero, agrícola pecuario, energético, ecológico y otros, y su contaminación con metales pesados es un grave problema para la salubridad de agua, para Lima Metropolitana el río Rimac es una de las 3 fuentes de agua más importantes. De esta manera, en esta investigación se determinó la influencia de la microalga *Chlorella vulgaris* en la biosorción de plomo del agua del río Rímac. En donde, se ha realizado una investigación del tipo aplicada y un diseño metodológico experimental. Para la parte experimental, se cultivaron las microalgas en biorreactores de plástico con fotoperiodos de 16:8h luz y oscuridad respectivamente, aireación constante, intensidad lumínica de 800 lúmenes y a una temperatura ambiente. Se vertieron 3 diferentes dosis de *Chlorella vulgaris* para la muestra del río Rímac contaminada con 0.583 mg/L de plomo, en donde los biorreactores de plástico tuvieron una dosificación de 10 %, 20% y 30% de *Chlorella vulgaris*, a las mismas condiciones del cultivo de microalgas todo durante 2 días. Finalmente, se concluye que la microalga *Chlorella vulgaris* influye de manera positiva en el agua contaminadas con Pb del río Rímac, en la cual la dosis óptima de *Chlorella vulgaris* que logro la mayor reducción de plomo en el agua del río Rímac fue la dosis de 20% de *Chlorella vulgaris* con una remoción de plomo del 92.97%.

Palabras claves: plomo, biosorción, *Chlorella*, vulgaris, Río

ABSTRACT

The water resource is a vital element for the supply of the population, the mining, livestock, energy, ecological and other sectors, and its contamination with heavy metals is a serious problem for water health, for the Metropolitan Lima the Rimac River is one of the 3 most important water sources. Thus, in this investigation the influence of the *Chlorella vulgaris* microalgae on the lead biosorption of the Rímac river water was determined. Where, an investigation of the applied type and an experimental methodological design has been carried out. For the experimental part, the microalgae were cultivated in plastic bioreactors with photoperiods of 16:8h light and dark respectively, constant aeration, light intensity of 800 lumens and at an ambient temperature. Three different doses of *Chlorella vulgaris* were poured for the Rimac river sample contaminated with 0.583 mg / L of lead, where the plastic bioreactors had a dosage of 10%, 20% and 30% *Chlorella vulgaris*, under the same conditions of the microalgae culture all for 2 days. Finally, it is concluded that the *Chlorella vulgaris* microalgae positively influences the water contaminated with Pb from the Rímac river, in which the optimal dose of *Chlorella vulgaris* that achieved the greatest lead reduction in the Rímac river water was the dose of 20 % of *Chlorella vulgaris* with a lead removal of 92.97%.

Keywords: lead, biosorption, *Chlorella, vulgaris*, River

1 INTRODUCCIÓN

El río hablador o también llamado río Rímac quechua, recorre 150 kilómetros rumbo al océano Pacífico, se origina a más de 5000 metros de altitud sobre el nivel de mar en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes centrales, en el nevado Paca. Esta corriente natural es uno de las más importantes fuentes de agua de Lima metropolitana. El agua de este río como recurso hídrico es un elemento vital para el abastecimiento de la población, minero, agrícola pecuario, energético, ecológico y otros, por esta razón es de mucha importancia el uso racional, óptimo y sostenible de este recurso.

Según el Autoridad Nacional del Agua (ANA), los relaves de las minerías y aguas ácidas de industrias minero-metalúrgicas contaminan la cuenca alta del río Rímac, por otro lado, la actividad agrícola, avalanchas por lluvias, materia orgánica, metales y polución microbiológica son responsables de la contaminación en la cuenca media, por último, en su cuenca baja, principalmente la polución es urbana. Recibiendo desagües, desperdicios, químicos de las industrias y residuos sólidos (Paz, 2018).

Estudios de la (ANA) sobre la contaminación en el río Rímac señalan que existen, por lo menos, 1.185 fuentes de contaminación, que se puede contar así a lo largo de todo el cauce: 60 vertimientos de actividades mineras, 736 vertimientos de desagües domésticos, 323 puntos donde se arroja basura y 66 vertimientos de fábricas e industrias. Al final, en su desembocadura al mar, en el Callao, las aguas llegan seriamente contaminadas (Paz, 2018).

Por esta razón, en la siguiente investigación se evaluará a la microalga *Chlorella vulgaris* como alternativo de solución ante este problema. De esta manera, se cultivó esta microalga en biorreactores de 1 L y luego pasaron a birreactores de 4 L, una vez se desarrolle más la microalga, a aireación constante y con fotoperiodos de 16:8h, intensidad lumínica de 800 lúmenes y a una temperatura ambiente, luego de unas cuantas semanas se llevado un litro de cultivo al laboratorio. Cuando se obtuvo el agua del río Rímac, donde el punto de muestreo fue representado por el agua del río que atraviesa el poblado de San Mateo de Huanchor, luego, se llevó a analizar a laboratorio el Pb, conductividad eléctrica, pH y temperatura. Por último,

se les agrego las diferentes dosificaciones de microalgas *Chlorella vulgaris*, las cuales fueron de 10, 20 y 30 % de esta microalga y el resto de la solución es una muestra de agua del río Rímac, las cuales se nombraron como dosis 1, dosis 2 y dosis 3 respectivamente en donde se tuvieron a las mismas condiciones con las que se cultivaron.

Finalmente, se concluye que la microalga *Chlorella vulgaris* tiene una influencia de manera positiva en el agua contaminada con plomo del río Rímac a las condiciones ya mencionadas anteriormente, con un porcentaje de 92.97% de remoción de plomo usando la dosis 2; cabe mencionar que las dosis 1 y dosis 3 tuvieron un porcentaje de remoción del 90.57% y 90,05% respectivamente. Por otra parte, el pH aumento hasta un 8.8, siendo un agua ligeramente alcalina, y reducir la conductividad eléctrica del agua hasta un 11.77 mS/cm.

1.1 Realidad Problemática

La existencia de metales pesados en los ecosistemas forma parte de un serio problema debido a su muy alta toxicidad para los organismos vivos y su elevada persistencia en el medio ambiente, como lo son el cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg) (Kolf-Clauw, Guénin y, López, 2007). Estos tienen la propiedad de ser bioacumulables, pues al organismo afectado le resulta imposible tener la suficiente velocidad de excreción (Mendoza, Soler y Pérez, 2008).

Uno de los tantos problemas de contaminación de ríos es la contaminación por metales pesados; el cual es generados en su gran mayoría de manera antropogénica, especialmente por los relaves mineros, pues estos, no tienen con un apropiado tratamiento de sus efluentes.

En muchas ocasiones exceden el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) – agua y que son vital para las especies acuáticas y la salud de todas las personas que la utilizan para diversas y que por último terminan en el mar. El plomo es un metal muy común en nuestro medio ambiente y su exposición al ser humano afecta tanto al cerebro como también a todo el sistema nervioso central, convulsiones y hasta la muerte.

Los metales pesados son unas de tantas maneras más peligrosas de contaminar el medio ambiente, pues estos metales pesados no pueden ser biodegradables,

química o biológicamente, además estos también pueden ser acumulados en su forma iónica o compuestos orgánicos, de esta manera les permite permanecer en los organismos por largos periodos de tiempo (Campos, 1990). Por lo que el uso de microalgas para la biosorción de metales pesados en el río Rímac es una alternativa de solución ante el grave problema que se están generando.

1.2 Trabajos Previos

Chalivendra (2014). El presente estudio se evaluó y demostró el potencial de las microalgas para la biorremediación de aguas residuales cargadas de nitrógeno (N) en la forma de nitratos, fósforo (P) en forma de fosfatos, cromo (Cr (VI)) y cadmio (Cd (II)). Después de criar varias microalgas, entre ellas *Chlorella vulgaris* y también algas tomadas de Pleasant Hill Lake fueron elegidas como especies candidatas para este estudio. Se estudiaron la concentración, el pH y la temperatura que afectarían las tasas de remediación. Sobre la base de los resultados experimentales, se desarrollaron correlaciones para permitir la personalización y diseño de un sistema comercial de tratamiento de aguas residuales basado en algas. El trabajo concluye que la biorremediación de algas es una tecnología alternativa viable para tratar las aguas residuales de una manera económica y sostenible en comparación con Procesos de tratamiento convencionales. El costo anual del tratamiento de aguas residuales para eliminar N, P es ~ 26x más bajo y para eliminar Cr, Cd es 7x más bajo que los procesos de tratamiento convencionales. El análisis de costo-beneficio realizado muestra que, si esta tecnología se implementa en Complejos industriales, carga de la Fuerza Aérea y otras instalaciones del Departamento de Defensa con plantas de tratamiento de aguas residuales, podría generar millones de dólares en ahorros que podrían ser reutilizado para satisfacer otras necesidades.

Bobadillo y Álvarez (2018). Realizaron un estudio sobre el uso de la *Chlorella vulgaris* para remover la Demanda Química de Oxígeno (DBO) y Cromo Hexavalente en las aguas residuales de industrias papeleras analizándolo en el laboratorio, en este estudio los parámetros (pH, Cr (VI), DQO) se dosificaron y se evaluaron bajo ciertas condiciones con el motivo de obtener una dosis optima y conseguir el porcentaje de remoción de DQO y Cr (VI). la dosis más adecuada fue

de 85% de agua residual y un 15% de microalga *Chlorella vulgaris*, la cual se verificó el recuento de las células de la *Chlorella vulgaris*, la tasa de crecimiento, porcentaje de remoción del DQO, pH y el porcentaje de remoción del Cr (VI), consiguiendo buenos resultados, luego, se realizó un duplicado de la dosis con mejores resultados y de esta manera poder tener un promedio del primer y segundo tratamiento realizado al agua residual. Los resultados obtenidos fue una concentración de DQO 106 mg/l con un porcentaje de remoción del 98,11% y una concentración de Cr (VI) 0,015 mg/l con un porcentaje de remoción del 83,51% y por último un pH de 8.40. En modo de conclusión, utilizar *Chlorella vulgaris* en tratamientos de aguas residuales de industrias papeleras cumple con la capacidad de remover contaminantes obteniendo buenos resultados.

Valle (2007). En el siguiente estudio se determinó la capacidad para remover contaminante utilizando dos especies de microalgas. Con dos especies de microalgas *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus* y la cianobacteria *Synechococcus* sp se elaboró un examen de tolerancia. El objetivo del estudio fue poder analizar la tolerancia y capacidad para remover el cadmio y zinc empleando dos cultivos de especies de microalgas (*Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus obliquus*) y de una especie de cianobacteria (*Synechococcus* sp.). Como organismo de prueba para los ensayos de remoción de Cd y Zn se utilizó la cianobacteria *Synechococcus* sp. para lo cual se tomaron en consideración las características fisiológicas de esta especie para disminuir la toxicidad de los metales. Se utilizó en bajas y altas concentraciones Cd (1 y 2 mg l-l) y Zn (50 y 75 mg l-l) cultivos de *Synechococcus* sp., con adición de 75 mg l-l de Zn el cultivo de *Synechococcus* sp. *Synechococcus* sp. En modo de conclusión la cianobacteria *Synechococcus* sp. pudo remover un 100% del Zn adicionado, si la concentración del contaminante a la que se expuso no es letal. Esta investigación demostró que *Synechococcus* sp. remueve eficazmente los metales Cd y Zn del en el medio donde se encuentre, por lo que el uso en técnicas como la biorremediación para la remoción de metales en efluentes que provienen de aguas residuales de diferentes industrias, es una buena opción.

Gómez, García, Torres y Gonzales (2015). Estudiaron los procesos de biorremediación usando microalgas y conocer cómo actúan sobre determinados contaminantes que se encuentran en agua. Para conocer su actuación, en primer lugar, se hace necesario caracterizar las muestras de agua a través de sus propiedades físico-químicas para que aporten información relativa a la calidad de la misma, investigando, al mismo tiempo, si cada uno de los parámetros indicadores medidos, está dentro de los límites legales establecidos. En segundo lugar, analizar si, dichas muestras, están libres de contaminantes y, en caso de no estarlo, aplicar un proceso de biorremediación para eliminar al contaminante. A modo de ejemplo, se describe la puesta a punto de un método de fitorremediación con microalgas del ion fluoruro

Pérez, Vega, Hernández, Parra y Ballen (2016). Realizaron la evaluación de la utilización de la microalga *Scenedesmus* sp. como una herramienta para el tratamiento de las aguas residuales de origen industrial producidas por una empresa textil, dichas aguas presentan una concentración de nutrientes inorgánicos, aluminio y metales pesados. En el transcurso de la investigación se analizaron 3 diluciones distintas de aguas residuales, 20, 50 y 100%, para determinar el efecto que del efluente en el desarrollo de la microalga por 15 días. Se obtuvieron mejores resultados a una concentración sin diluir, concentración a 100%, reducción de carga orgánica (25,2%), nitritos (99,9%), nitratos (99,81%), cromo (85,21%) y aluminio (88,8%). A modo de conclusión, la microalga *Scenedesmus* sp. demostró poder realizar la fitorremediación en las aguas residuales, pudiendo desarrollarse normalmente nos da una alternativa de sustrato para la generación de biomasa microalgal, la cual disminuiría costos.

Inthorna, Sidtitoona Silapanuntakula y Incharoensakdib (2002). En la presente investigación estudiaron diferentes microalgas para la eliminación de mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en soluciones acuosas, pues, se entiende que no todas reaccionan de igual manera al contacto de un metal diferente. El objetivo del estudio es evaluar la remoción de cada metal pesado, Hg, Cd y Pb por los diferentes tipos de microalgas, divididas en microalgas verdes y verdes azules. En algas verdes, la eliminación más alta de Hg fue por *Scenedesmus* sp., *Chlorococcum* sp., *Chlorella vulgaris* var. vulgar y *Fischerella* sp., (97%, 96%, 94% y 92%, respectivamente).

En algas verdes azules, la mayor eliminación de Hg fue por *Lyngbya spiralis*, *Tolypothrix tenuis*, *Stigonema* sp., *Phormidium molle* (96%, 94%, 94% y 93%, respectivamente). Para la eliminación de Cd en algas verdes, la más alta fue *Chlorococcum* sp., T5, *Fischerella* sp. *Chlorella vulgaris* var. *Vulgaris* y *Scenedesmus acutus* (94%, 94%, 91%, 89% y 88%, respectivamente). En Alga verde azul, la mayor eliminación de Cd fue por *Lyngbya heironymusii*, *Gloeocapsa* sp., *Phormidium molle*, *Oscillatoria jatorvensis* y *Nostoc* sp. (97%, 96%, 95%, 94% y 94%, respectivamente). En algas verdes, la eliminación más alta de Pb fue por *Scenedesmus acutus*, *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus vacuolatus* y *Chlorella vulgaris*, (89%, 88%, 85%, 85% y 84%, respectivamente). En algas azul verdes, la mayor eliminación de Pb fue por *Nostoc punctiforme*, *Oscillatoria agardhii*, *Gloeocapsa* sp., *Nostoc piscinale*, *Nostoc commune* y *Nostoc paludosum* (98%, 96%, 96%, 94%, 94% y 92%, respectivamente). *Scenedesmus acutus* tuvo el factor de concentración más alto (FQ) en 3,412, 4,591 y 4,078 para Hg, Cd y Pb, respectivamente. *Tolypothrix tenuis* tiene la capacidad máxima de adsorción de 27 mg de Hg/g de peso seco. a una concentración mínima de 1.04 mg / l, *Scenedesmus acutus* tuvo la máxima adsorción máxima Capacidad de 110 mg Cd / g peso seco. a una concentración mínima de 48 mg / ly *Chlorella vulgaris* tenía el la capacidad máxima de adsorción máxima de 127 mg Pb / g de peso seco. a una concentración mínima de 130 mg/l.

Colla et al. (2015). Estudiaron sobre la biosorción de metales tóxicos teniendo en cuenta las capacidades de las microalgas para adsorberlas. El cromo es conocido como uno de los metales más tóxicos para el agua superficial y subterránea. Teniendo en cuenta que la biomasa de *Spirulina* posee importancia en la producción de suplementos para humanos y para la alimentación animal se evalúa la biosorción de cromo hexavalente por *Spirulina viva platensis* y su capacidad para transformar el cromo hexavalente en cromo trivalente, lo cual es menos tóxico para el medio ambiente, a través de su metabolismo durante el crecimiento. La biomasa se cultivó en medio Zarrouk diluido al 50% con agua destilada, manteniendo los experimentos bajo control a condiciones de aireación apropiadas, temperatura de 30 ° C e iluminación de 1.800 lux. El desarrollo de las células de microalga se vio afectado por la presencia de cromo agregado al inicio de los cultivos, y se obtuvieron las más óptimas tasas de crecimiento a menores concentraciones de

metales en el medio. La biomasa fue eliminada hasta el 65.2% de cromo hexavalente agregado a los medios, siendo 90.4% transformado en cromo trivalente en los medios y 9.6% obstruido en la biomasa como cromo trivalente (0.931 mg. g⁻¹).

Pellón (2003). En este trabajo se estudió las aguas residuales con un alto porcentaje de cromo, generadas por las industrias de galvanoplásticas, es muy peligroso para la población y al medio ambiente, y poder eliminarlo del medio. Las microalgas tienen afinidad por metales polivalentes por lo que toman los metales pesados que se encuentran en el medio ambiente, estas son capaces de acumular y concentrar grandes cantidades de metales en diferentes estructuras del citoplasma sin que sea tóxico. En este trabajo se empleó un cultivo de *Scenedesmus obliquus* y se estudió de manera libre con tomas de muestras a distintos tiempos de 24, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2 y 0 h. en condiciones de inmovilización con tomas de muestras en los tiempos 48, 40, 32, 28, 24, 16, 8, 4 y 0 h. Se consiguió una eliminación de Cr (II) del 27 % y del 12 % para el Cr (VI), y cuando la microalga se encuentra inmovilizada fue del 95 % para el Cr (III).

Chulle, Villalobos (2016). En esta investigación se utilizó la microalga *Scenedesmus acutus* para poder remover mercurio y plomo de soluciones acuosas sintéticas y analizar el efecto de estos metales sobre el crecimiento celular. En un medio de cultivo Bold's Basal modificado la microalga se desarrolló. Los cultivos de microalga *Scenedesmus acutus* fueron expuestos a concentraciones de plomo y mercurio en un rango de 5, 10, 15, 20 y 30 mg/L para los exámenes de remoción y toxicidad, en los dos casos se realizó con un grupo control y tres réplicas. Para la toxicidad, el plomo con una concentración de 10mg/L estimuló el desarrollo celular, por otro lado, las concentraciones de 15, 20 y 30 mg/L produjeron una clara reducción, y las restantes sin influencia (5 mg/L y control); para mercurio, el cultivo algal tuvo resultado negativos en todas las concentraciones (5, 10, 15, 20 y 30 mg/L). En modo de conclusión, se pudo remover un 97,68% para plomo y 93% para mercurio después de 4 días de exposición a los contaminantes, los porcentajes de remoción fueron reducidos cuando las concentraciones de estos dos metales aumentaron.

1.3 Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1 Plomo

Pertenece al grupo de los metales cuya densidad atómica es igual a 4 g/cm^3 o incluso mayor, superior que el agua, son aproximadamente 53 elementos químicos que entran a la clase de metal pesado, se pueden observar sus propiedades en la Tabla 1. La expresión metal pesado se describe al elemento químico metálico que tiene una densidad relativamente alta, algunos de los metales son micronutrientes necesarios para el crecimiento vegetal, por ejemplo, Zn, Cu, Mn, Ni y Co, mientras que otros tienen una desconocida función biológica y son tóxicos, por ejemplo, Cd, Pb y Hg (Herrera y Guevara, 2009).

El plomo presenta un color azulado, forma muchos óxidos, compuestos organometálicos y sales. Es usado como un aditivo antidetonante en la gasolina, baterías, pantallas de televisión y en monitores de computadores, radiación, tintes para el pelo, insecticidas, pigmentos, latas de conserva, aleaciones, joyería, grifería, aceites, cosmetología, cerámicas, municiones, armamento, atómica, etc. (Lanphear, Dietrich y Auinger, 2012).

Tabla 1. Propiedades del plomo

Numero Atómico	82
Masa atómica	207.19 g/mol
Densidad	11.4 g/ml
Punto de ebullición	1725°C
Punto de fusión	327.4°C

Fuente: Lanphear, Dietrich, Auinger, 2012

La contaminación producida por los metales pesados es una de las maneras peligrosas de contaminación del medio ambiente, pues estos no son biodegradables (química o biológicamente), además pueden ser acumulados en forma iónica en compuestos orgánicos y permanecer en los organismos por largos periodos (Forstner y Muller, 1974).

1.3.1.1 Efectos a la Salud

La absorción de plomo es dañina para la salud pública; provoca retardo al desarrollo intelectual y mental de los niños, produce la hipertensión y también padecimientos cardiovasculares en personas adultas. La intoxicación es causada por la ingesta de compuestos de plomo de manera accidental o a través de la ingesta de animales los cuales se alimentan de sustancias contaminados con plomo (Agency for toxic substances and disease control, 2011).

La absorción de este metal pesado por vía oral se aproxima alrededor del 10% personas adultas y se puede aumentar inclusive al 50% en niños. El plomo se almacena en el hígado, encéfalo, riñón, y huesos por similitud que posee el plomo con el calcio. Esto nos da a entender que los huesos es el mayor almacén de plomo hasta por un tiempo de 20 años; esto impide que el calcio realice su función, interfiere en la síntesis de hemoglobina y provoca un daño neurológico (McRill, Boyer, Flood y Ortega, 2013).

El plomo a niveles gastrointestinal puede producir dolor abdominal anorexia, espasmo intestinal cefalea y estreñimiento. El cansancio y debilidad muscular que continua con parálisis de muñeca, dedos de la mano, músculos del antebrazo y algunas veces pies, son indicios neuromusculares estos síntomas eran peculiares de enfermedad de pintores, en la actualidad están sustituyendo los pigmentos con plomo mejorando las condiciones de seguridad e higiene industrial (Tavakoly et al., 2011).

La exposición al plomo se está asociando con la esterilidad en personas adultas y muerte en recién nacidos. En los animales se ha demostrado un efecto dañino en los gametos e incremento de la concentración del metal pesado plomo en sangre de la madre, que disminuye el tiempo de gestación y el peso de las crías recién nacidas (Repetto, M. y Sanz, P., 2012).

1.3.1.2 Normas Legales para el Control del plomo en el Agua

El plomo al ser un metal toxico, si se excede sus concentraciones en el agua, podría ocasionar daños muy peligrosos a la salud de las personas. Por ese motivo existen normas que controlan los niveles de plomo presentes en el agua, los cuales son los siguientes:

Tabla 2. ECA – AGUA para el plomo

PARÁMETRO	CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL			
Plomo (mg/L)	Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			
	A1	A2	A3	
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzadas	
	0.01	0.05	0.05	
	Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación			
	B1		B2	
	Contacto primario		Contacto secundario	
	0.01		**	
	CATEGORÍA 2: EXTRACCIÓN, CULTIVO Y OTRAS ACTIVIDADES MARINO COSTERAS Y CONTINENTALES			
	C1	C2	C3	C4
	Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
	0.0081	0.0081	0.03	0.0025
	CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			

	D1		D2		
	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebidas de animales		
	0.05		0.05		
CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL MEDIO ACUÁTICO					
	E1	E2		E3	
	Lagunas y lagos	Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
	0.0025	0.0025	0.0025	0.0081	0.0081

Fuente: Decreto Supremo 004-2017-MINAM (2017)

1.3.2 Biosorción

Es un proceso metabólico independiente como también fisicoquímico y que comprende el mecanismo de precipitación, complejación, intercambio iónico, absorción y adsorción siendo conducida a la recuperación y remoción de componentes orgánicas como inorgánicas (Fomina y Gadd, 2014).

La biosorción involucra una fase sólida llamada biosorbente, como las membranas o paredes celulares, y la fase líquida llamada solvente, generalmente es agua, en ella se encuentran las especies metálicas a ser biosorbidas llamadas también sorbato. El sorbato es atraído por el sólido siendo capturado por diversos mecanismos, como las interacciones con los diferentes grupos funcionales que se encuentran en las superficies celulares de los microorganismos. Los principales sitios de unión en las superficies celulares son los hidroxilos, sulfhídricos, aminas, amidas, grupos imidazol, carboxilos, fosfatos, tiosteres, entre otros. Tener en cuenta que el pH debe ser apropiado, que permita la deprotonación de los grupos funcionales ionizables y poder llevarse a cabo las interacciones iónicas (Mejía, 2006).

Es la captación de iones metálicos por medio de una biomasa viva o muerta, se diferencia en el poder tóxico de los metales que puede afectar a la biomasa cuando esta viva. El uso de organismos vivos no es lo más recomendable cuando se trabaja con tratamientos continuos en contaminantes, más aquellos que son muy tóxicos, sea por la alta concentración o por el tiempo de método. Por lo que el empleo de

organismos metabólicamente activo, también llamados bioacumulación, puede ser perjudicado por las grandes concentraciones del contaminante presente en el agua interrumpiendo el proceso por la muerte de la biomasa microalgal. El uso de biomasa muerta (biosorción) puede ser una mejor opción, pues es mucho más flexible a diferentes condiciones ambientales (Chojnacka, 2010).

1.3.3 Microalgas

Las microalgas son organismos unicelulares que realizan fotosíntesis y corresponden al conjunto de los productores de primer orden de la cadena alimenticia en un ambiente acuático natural o sino también menos contaminados. Las microalgas poseen propiedades de remediación, talento útil cuando se trata de la polución del ambiente, pues estos microorganismos presentan un alto crecimiento con pocas cantidades de agua a comparación de los cultivos vegetales y también estos organismos tiene una adaptabilidad a condiciones extremas sin generar ninguna clase de contaminante, ya que la biomasa generada durante su desarrollo, le permite un reciclaje de los nutrientes (Armas y Guevara, 2017).

1.3.3.1 Aplicaciones de las Microalgas

Las microalgas se pueden considerar una materia prima renovable prometedor como producción de alimento, químicos, materiales, biosorvente y biocombustible, incluso se están realizando estudios como uso medicinal.

1.3.3.1.1 Producción de Biomasa

A mayor parte de los diversos usos que se realizan se obtienen de las microalgas tiene como origen en su biomasa. El proceso para convertir el cultivo en biomasa se podría decir que es la más compleja por el costo tecnológico para realizarlo. Consiste en dos fases, en la primera fase se separa la biomasa del resto de cultivo por sedimentación o filtración y la segunda fase donde se endurece el compost obtenido (Escribano, 2017).

1.3.3.1.2 Biocombustible

Al tener una capacidad fotosintética y crecimiento de este microorganismo es mayor que otros cultivos como el maíz o la palma son mucho más eficientes. Las ventajas

de obtener biocombustible de origen microalgal son muchas: las microalgas no ocupan terreno fértil y pueden crecer en cualquier tipo de agua, ya sea salada o residual, no pertenecen al mercado alimenticio a comparación de otros, no son tóxicos y son biodegradables. El biodiesel producido se obtiene a través de la conversión termoquímica de biomasa bajo condiciones de temperaturas altas y ausencia de oxígeno (Escribano, 2017).

1.3.3.1.3 Fijación de Co₂

La fijación de CO₂ es un proceso que parte de la fotosíntesis, por el cual el CO₂ es absorbido por los organismos que la realizan y lo transforman en material orgánico o biomasa, su interés parte por la reducción de las emisiones de estos gases generados en las zonas industriales que provocan el efecto invernadero, siendo esta aplicación muy importante en lo relativo a la sostenibilidad y el medio ambiente (Escribano, 2017).

1.3.3.1.4 Tratamiento de Aguas Residuales

La importancia en esta aplicación radica en que los nutrientes que asimilan las microalgas para su desarrollo en gran medida son tóxicos para el medio ambiente y se encuentran en las aguas residuales. Como desventaja es que necesitan una superficie mayor de estanques, aproximadamente una hectárea por cada 100 o 2000 personas, esto hace que el tratamiento sea costoso y difícil de aplicar, pero, se viene trabajando su eficiencia y viabilidad (Escribano, 2017).

1.3.3.2 Chlorella Vulgaris

Es una de las especies de microalga unicelular que posee una reproducción asexual y que pertenece a una categoría de una gran aptitud en la remoción de metales pesados. Es de apariencia esférica con un diámetro de 2 a 10 µm y posee pigmento de color verde gracias a la clorofila de tipo A y B. Posee una rápida capacidad de crecimiento y adaptación a diferentes fuentes de nutrientes y a condiciones fotoautótrofas, heterotróficas y mixotróficas (Thirumagal y Pannerselvam, 2014).

En la Tabla 3, se puede observar la taxonomía de la *Chlorella*.

Tabla 3. Taxonomía de *Chlorella vulgaris*

DIVISIÓN	<i>Chlorophyta</i>
CLASE	<i>Trebouxiophyceae</i>
ORDEN	<i>Chlorellales</i>
FAMILIA	<i>Chlorellaceae</i>
GENERO	<i>Chlorella</i>
ESPECIE	<i>Chlorella autotrophica</i> <i>Chlorella minutissima</i> <i>Chlorella pyrenoidosa</i> <i>Chlorella sorokiniana</i> <i>Chlorella variabilis</i> <i>Chlorella vulgaris</i>

Fuente: Sistema de Información de Biodiversidad, (s.f.)

1.3.3.3 Factores que Afectan a la Remoción de Metales Pesados

1.3.3.3.1 Factores Bióticos

1.3.3.3.2 Especies

Las algas que pertenecen al mismo grupo pueden presentar una capacidad de adsorción completamente diferentes. De hecho, las microalgas que pertenecen al mismo género pero diferenciándose en su especie, responden de manera diferente a los metales pesados; un ejemplo podría ser , las microalgas verdes de agua dulce *C. miniata*, *C. vulgaris* y *C. reinhardtii* son producidos para eliminar metales divalentes (Hg, Cd, Pb, Ni, Cu y Zn), mientras que los metales trivalentes (Fe y Cr) se eliminaron usando *C. vulgaris* y *S. platensis*; por otro lado *C. miniata* y *C. vulgaris* pueden eliminar el catión hexavalente Cr (Gonzales, et al, 2011).

1.3.3.3.3 Capacidad de Tolerancia

La capacidad de tolerancia de las diferentes microalgas al metal puede variar; según, Wong y Beaver (1980) comparó dos especies de microalgas, que indican que el alga verde *Chlorella fusca* fue encontrado comúnmente en lagos con altas concentraciones de metales, mientras que otra alga verde *Ankistrodesmus bibraianum* era muy sensible a los metales.

1.3.3.3.4 Concentración de Biomasa

Según, Esposito et al., 2001, el nivel de biomasa sólo es viable en cierta medida, con el propósito de mejorar el porcentaje de captación de metal. Sin embargo, el aumento de la concentración de biomasa más allá de un cierto umbral es muy posible que pueda causar una disminución en el nivel de metal de enlace por la masa de células unidad.

1.3.3.4 Factores Abióticos

1.3.3.4.1 PH

Según, Dönmez *et al.*, 1999, si el pH aumenta, más ligandos tales como grupos carboxilo, fosfato, imidazol y amino estarían expuestos (estos llevan cargas negativas), y posteriormente una atracción de iones metálicos con carga positiva a través de un proceso de biosorción en sobreviene la superficie celular.

1.3.3.4.2 Salinidad

La salinidad puede afectar a la absorción de metales, pero, depende los niveles de salinidad que presentan para diferentes metales y microalgas. Por ejemplo, en el caso del alga *S. bacillaris*, 2,5% de salinidad era óptima para Cd y 20% de salinidad para Cu era lo mejor; concentraciones esencialmente altas de sal pueden limitar severamente la unión del metal por las algas (Wilde y Benemann, 1993).

1.3.3.4.3 Temperatura

Según, Lau et al. (1999) proporcionado una comprensión detallada de la temperatura en su estudio, una temperatura más alta favorece una mayor solubilidad de los iones metálicos de una solución, pero, también debilita la biosorción de iones metálicos.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

¿Cuál es la influencia de la microalga *Chlorella vulgaris* en la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac, 2018?

1.4.2 Problemas Específico

¿Cuál es la dosis óptima de *Chlorella vulgaris* que permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac?

¿En qué medida las características de *Chlorella vulgaris* permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac?

¿En qué medida las características del agua del río Rímac permite la biosorción de plomo por la microalga *Chlorella vulgaris*?

1.5 Justificación del Estudio

Ambiental: Los ríos contaminados son un problema causado por las minerías, industrias y los mismos pobladores situados a lo largo de todo el río Chillón, dañando unos de los pocos recursos de agua dulce que posee el desértico departamento de Lima, por esta razón el uso de estas microalgas presentaría una alternativa de solución ante el problema de conservar el río Rímac y los componentes que la integran.

Económico: El uso de microalgas como biosorvente es un método que puede ser usado en toda la época del año debido a que consume poca energía, por lo que es fácil de cultivarlas porque solo necesitan una fuente de luz, poca cantidad de nutrientes y un medio acuático.

Social: El uso de estas aguas del río Rímac que los pobladores usan para su consumo diario y también poder regar sus cultivos se encuentran contaminadas con metales pesados, la cual provoca la bioacumulación del metal pesado en los diferentes seres vivos que lo consuman o que se encuentre en contacto con este, el estudio proporcionara una opción para disminuir la concentración de metales pesados y que se encuentren por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), siendo más seguro y saludable usar esta corriente natural de agua para las personas que necesitan de agua potable.

Teórico: La investigación realizada nos da la posibilidad de aplicar diferentes maneras de usar las microalgas de acuerdo a las situaciones ya sea para relaves mineros los cuales presentan una concentración alta de metales pesados, como alternativa en las plantas de tratamiento en aguas con mucha materia orgánica entre otras opciones. Podrán aplicar estrategias

de control las Municipalidades locales, regionales y organizamos como (ANA).

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

El uso de la Microalga *Chlorella vulgaris* influye positivamente en la biosorción del plomo en aguas contaminadas del río Rímac, 2018.

1.6.2 Hipótesis Específicas

La dosis óptima de *Chlorella vulgaris* permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac.

Las características de *Chlorella vulgaris* permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac.

Las características del agua del río Rímac permite la biosorción de plomo por la microalga *Chlorella vulgaris*.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Evaluar la influencia de la microalga *Chlorella vulgaris* en la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac, 2018.

1.7.2 Objetivos Específicos

Determinar la dosis óptima de *Chlorella vulgaris* que permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac.

Determinar en qué medida las características de *Chlorella vulgaris* permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac.

Determinar en qué medida las características físicas y químicas del agua del río Rímac permite la biosorción de plomo por la microalga *Chlorella vulgaris*.

2 MÉTODO

2.1 Diseño de Investigación

De acuerdo con el fin que persigue se atribuye una investigación aplicada, porque se usaron teóricas adquiridas y también se generaron nuevos conocimientos para resolver futuro problemas.

En esta investigación se explicará los efectos que tienen las distintas dosis de microalga *Chlorella vulgaris* en las aguas contaminadas de plomo del río Rímac.

El diseño metodológico de la investigación es experimental, pues se manejó intencionalmente la variable independiente, en la que se observa los efectos que tienen en el desarrollo de esta investigación. Ser realizó un diseño completamente al azar pues la muestra fue homogénea y se analizó en el laboratorio.

2.2 Variables, Operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Microalga <i>Chlorella vulgaris</i> .	<i>Chlorella vulgaris</i> tiene la capacidad de poder remover los metales pesados a través de un proceso activo o pasivo que se realiza cuando la biomasa se encuentra viva o muerta respectivamente. (Plaza, J.2012)	Las microalgas se obtuvieron del departamento de Áncash, luego, se tendrán las condiciones necesarias para cultivarlas, la cuales fueron: 1180 lúmenes, aireación y nutrimentos como K, P y N; estas fueron cultivadas en un biorreactor de 1 litros y luego se pasó a un biorreactor de 4 litros por un tiempo de 6 semanas.	Dosis de <i>Chlorella vulgaris</i>	10%	v/v
				20%	v/v
				30%	v/v
			Características de la <i>Chlorella vulgaris</i>	pH	Acido/Básico
				T°	°C
				Concentración de <i>Chlorella vulgaris</i>	Cel/L
				Morfología	forma de la célula
Biosorción de Plomo en aguas contaminadas del río Rímac.	La biosorción involucra una fase sólida llamada biosorbente, como las membranas o paredes celulares, y la fase líquida llamada solvente, generalmente es agua, en ella se encuentran las especies metálicas a ser biosorbidas llamadas también sorbato. El sorbato es atraído por el sólido siendo capturado por diversos mecanismos, como las interacciones con los diferentes grupos funcionales que se encuentran en las superficies celulares de los microorganismos (Mejía, 2006).	La biosorción de plomo en las aguas de río Rímac se determinará luego de verter las 3 diferentes dosis de <i>Chlorella vulgaris</i> en las muestras de agua del río Rímac por un tiempo de 2 días. Los análisis del agua se realizaron en laboratorios especializados de la Universidad Cesar Vallejo y Universidad Nacional de Ingeniería.	Características del agua del río Rímac	T°	°C
				pH	Acido/Básico
				C.E.	mS/cm
			Plomo	Concentración Inicial	mg/L
				Concentración Final	mg/L

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

En este estudio la población está determinada por todas las aguas que contienen el río Rímac contaminado con plomo. Su recorrido es de aproximadamente 150 kilómetros rumbo al océano Pacífico, se origina en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes centrales a más de 5000 m.s.n.m. en el nevado Paca.

2.3.2 Muestra

En este estudio la muestra se representó por 9 litros de agua homogenizadas obtenidas de un mismo punto del río Rímac, la cual se ubicó en el distrito de San Mateo de Huanchor.

2.3.3 Muestreo

En este estudio el muestreo es no probabilístico con un tipo de muestreo discrecional, esto quiere decir, que el muestreo fue elaborado a criterio del investigador donde se elegirá un espacio que cumpla con las características para poder realizar la investigación.

2.3.4 Unidad de Análisis

Agua del río Rímac contaminada con plomo, distribuida en recipientes con dosis de microalgas *Chlorella vulgaris*.

Agua residual de residuales del colector principal del AA. HH. San Gabriel de comas, distribuida en recipientes con dosis de microalgas *Chlorella peruviana* inmovilizada en alginato cálcico.

2.4 Técnicas E Instrumentos de Recoleccion de Datos, Validez y Confiabilidad

2.4.1 Técnicas E Instrumentos de Recoleccion de Datos

Se empleo en esta investigación la técnica de la observación, ya que, se tomó toda información del campo, el cual es el río Rímac, que luego se registró y analizo en el laboratorio con el fin de obtener nueva información como resultados. Asimismo, se obtendrá datos sobre el comportamiento de la microalga *Chlorella vulgaris*.

2.4.2 Validez y Confiabilidad del Instrumento

Los instrumentos del proyecto de investigación han sido corroborados por especialistas en el tema. Los especialistas fueron: Ing. Advíncula Zambrano Carlos, Dr. Jiménez Calderón Cesar y el Blgo. Gonzales Pizango Oscar.

La confiabilidad se calculó mediante el Alfa de Cronbach que se aplicó para cada instrumento:

Tabla 4. Alfa de Cronbach de los instrumentos utilizados

ALFA DE CRONBACH	INSTRUMENTO
0.830	Ficha de caracterización de agua
0.806	Ficha de caracterización de <i>Chlorella vulgaris</i>
0.865	Ficha de análisis luego de aplicar <i>Chlorella vulgaris</i>
0.865	Ficha de muestreo

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.5 Métodos de Análisis de Datos

En la investigación realizada sobre la influencia de la microalga *Chlorella vulgaris* en la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac, se realizaron el análisis de varianza a 3 dosis que tendrán 3 repeticiones para hallar la dosis optima de *Chlorella vulgaris* según la Tabla 5, cuya área experimental se realizó de la misma manera en cómo se aprecia en el Figura 2.

Por último, los resultados que se obtuvieron el laboratorio de la Universidad César Vallejo donde se realizaron algunos análisis, así como en la Universidad Nacional de Ingeniería, cuyos datos obtenidos con los instrumentos se procesaron en el programa estadístico SPSS, donde se puede realizar el análisis de varianza ANOVA, cuyo modelo aditivo lineal se describe de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3$ (dosis de microalgas)

$j = 1, 2, 3$ (repeticiones)

Y_{ij} = concentración del plomo en la i -ésima dosis de microalgas de j -ésima repetición

μ = concentración de plomo promedio poblacional

T_i = efecto del i -ésimo dosis de microalgas sobre la concentración del plomo

E_{ij} = error experimental asociado a la i -ésima dosis de microalgas de la j -ésima repetición

Tabla 5. Dosis y repeticiones

Dosis	Dosis de microalgas <i>Chlorella vulgaris</i>	Repetición
D1	10%	R1
		R2
		R3
D2	20%	R1
		R2
		R3
D3	30%	R1
		R2
		R3

Fuente: Elaboración Propia, 2018

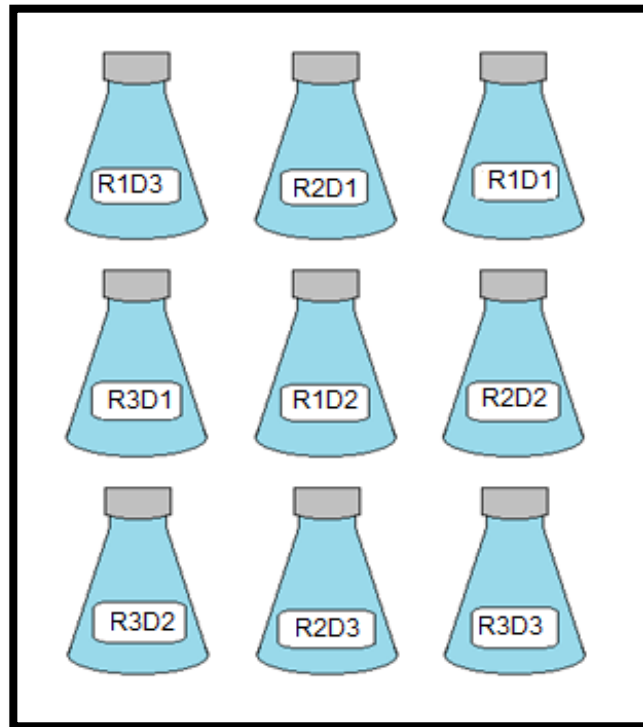


Figura 1. Diseño del área experimental

2.5.1 Procedimiento en la Investigación

La investigación siguió el proceso que se detalla a continuación:

Obtención y cultivo de microalga

Se obtuvo una muestra de 250 ml de *Chlorella vulgaris* de la Universidad Nacional del Santa, Chimbote- Áncash.

Consistió en introducir inóculos de *Chlorella vulgaris* en un biorreactor de 1500 ml de capacidad, se colocó 250 ml del cultivo obtenidos anteriormente y se completa con 1150 ml de agua destilada, teniendo un total de 1400 ml de solución, se le agregó 25 ml de fertilizante foliar Nitrofert Equilibrio 20-20-20 por litro de solución cada semana. Como segunda etapa, luego de 2 semanas, un 1L de primer biorreactor se colocaron a un nuevo biorreactor de 4L de capacidad y se le agregó 2600 ml de agua destilada.

Se sometieron estos cultivos a aireación constante con bombas de aireación para pecera marca SOBO modelo SB-108 con fotoperiodos de 16:8h de luz y oscuridad, respectivamente, una intensidad lumínica de 800 lúmenes y a una temperatura ambiente por 6 semanas, llegando a un volumen de más de 4 L.

Selección del punto de monitoreo y obtención de las muestras de agua

En el caso de las muestras tomadas del Río Rímac fueron seleccionadas por criterio del investigador, en este caso fue el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, por su ubicación en la cuenca media alta del río Rímac.

En dicho punto se realizó el muestreo de agua del metal pesado Plomo (Pb), para ello, según el protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatura N° 010-2016-ANA, se enjuago 3 veces el envase con la misma agua del río y luego de ello se realizó la toma de muestra a una profundidad de 20 cm aproximadamente; para su preservación se utilizó HNO₃ (Ácido Nítrico).

Análisis de laboratorio

Una vez obtenido el cultivo de microalgas y las muestras del río Rímac en el laboratorio se realizaron los siguientes análisis:

Análisis iniciales de los parámetros

En el laboratorio proporcionado por la Universidad Cesar Vallejo se vertieron 50 mL de muestra de agua a un vaso precipitado de 250 mL para medir pH, conductividad eléctrica, y temperatura. Por último, se mandó a analizar el plomo (Pb) a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Conteo celular

El conteo de células se realizó en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad Cesar Vallejo utilizando un microscopio y la cámara Neubauer, el cual permitió cuantificar la cantidad de células de *Chlorella vulgaris* en el cultivo, se realizado mediante un lente de 40x para su correcta apreciación.

Dosificación

Cuando ya se obtuvo el agua del río Rímac en laboratorio se colocaron las diferentes dosificaciones de microalgas *Chlorella vulgaris*.

El primer frasco de plástico obtuvo una dosificación de 90% de muestra y 10 % de *Chlorella vulgaris* el segundo frasco con una dosificación 80% de muestra y 20% de *Chlorella vulgaris* y por último

el tercer frasco tuvo una dosificación 70% de muestra y 30% de *Chlorella vulgaris*.

Tratamiento

Se trabajo por triplicado y a las mismas condiciones de su cultivo, las cuales fueron, a aireación constante con 2 bombas para pecera marca SOBO modelo SB-108, se mantuvieron a fotoperiodos de 16:8h de luz y oscuridad, respectivamente, intensidad lumínica de 800 lúmenes y a una temperatura ambiente durante 2 días.

Análisis finales de los parámetros

Como primer paso se centrifugo por 15 minutos el agua para eliminar las microalgas presentes en las unidades experimentales, luego, se tomó 50 mL de la muestra donde fue vertido a un vaso precipitado de 250 mL. para medir pH, conductividad eléctrica, y temperatura. Para finalizar, se mandó a analizar el plomo (Pb) de las 9 unidades experimentales en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

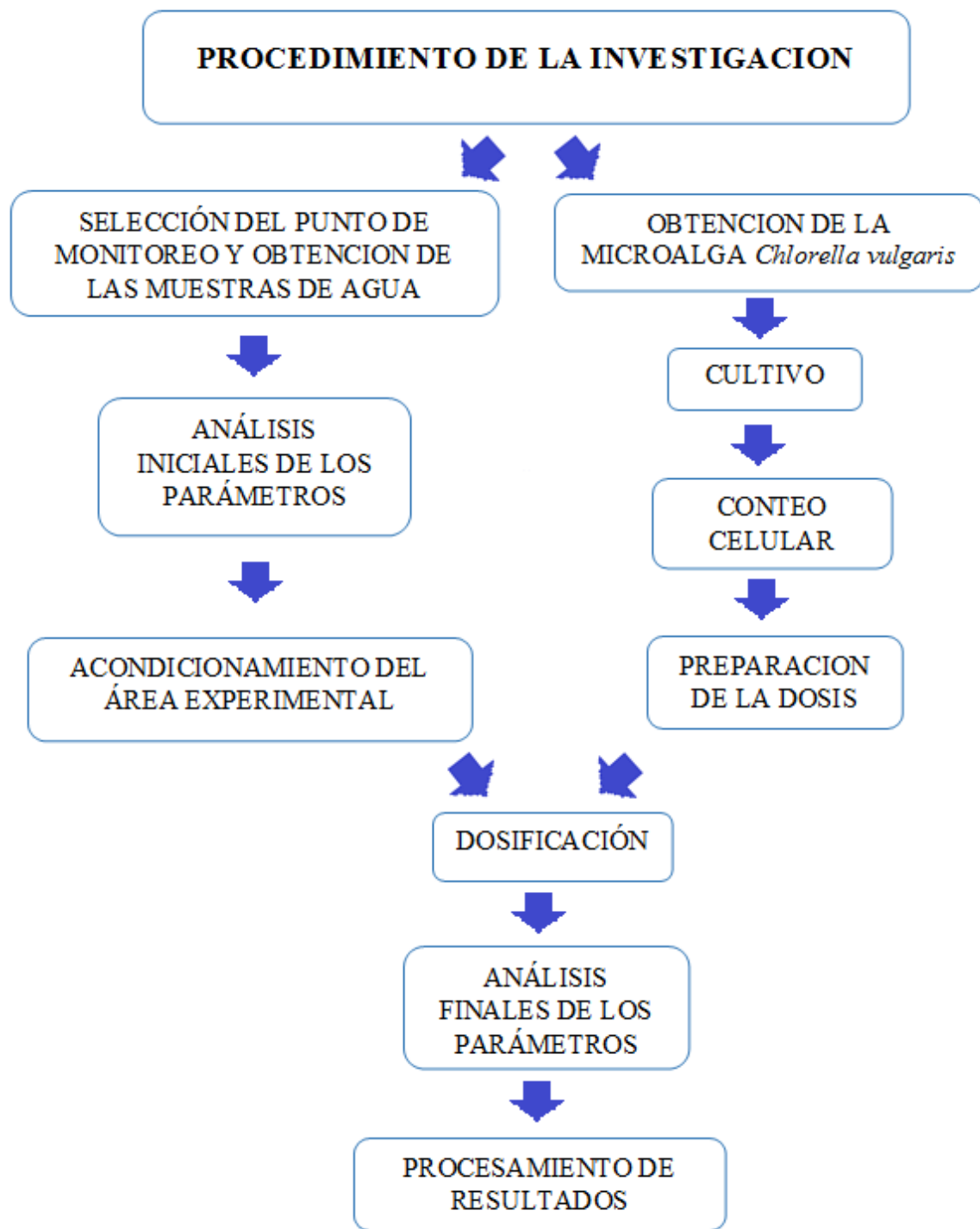


Figura 2. Procedimiento

Fuente: Elaboración Propia, 2018

2.6 Aspectos Éticos

Los resultados que se obtuvieron en la investigación son auténticos, porque se evitó la utilización de información de otras investigaciones. También, la metodología e instrumentos han sido corroborados por especialistas en el tema.

3 RESULTADOS

3.1 Caracterización de las Microalgas

Tabla 6. Características del cultivo de microalgas

Concentración de células (n° de células/ml)	pH	Temperatura (C°)
21,9 x 10 ⁶	8.9	20.9

Fuente:

Elaboración Propia ,2018

De acuerdo con la Tabla 6, el cultivo de microalgas *Chlorella vulgaris* con una concentración de células de aproximadamente 22 x 10⁶ células posee un pH poco básico de 8.9 a una temperatura ambiente de 20.9°C.

3.2 Caracterización Iniciales del Agua

Tabla 7. Parámetros iniciales del agua

Pb (mg/L)	CE (mS/cm)	pH	Temperatura (C°)
0.583	17.56	8.3	20.5°

Fuente Elaboración: Propia, 2018

En la Tabla 7, se mostró los resultados del análisis inicial del agua, los cuales muestra una concentración de plomo de 0.583 mg/L, con un pH de 8.3, una conductividad eléctrica de 17.56 mS/cm y a una temperatura ambiente de 20.5°C.

3.2.1 Resultados Luego de aplicar las Dosis de Microalgas

Tabla 8. Plomo en el agua del río Rímac al final del experimento

Dosis	Concentración de plomo (mg/L)			Promedio	Desviación estándar
	R1	R2	R3		
D0 = muestra control	0.583	0.583	0.583	0.583	0.0000
D1 = 10% de <i>Chlorella vulgaris</i>	0.061	0.048	0.056	0.055	0.0065
D2 = 20% de <i>Chlorella vulgaris</i>	0.035	0.045	0.044	0.041	0.0055
D3 = 30% de <i>Chlorella vulgaris</i>	0.039	0.076	0.058	0.058	0.0185

Fuente: Elaboración Propia, 2018

De acuerdo con la Tabla 8, se observó que las dosis de *chlorella vulgaris* aplicadas en el agua del río Rímac han obtenido valores desde 0.058 mg/L hasta 0.041 mg/L de concentración de plomo.

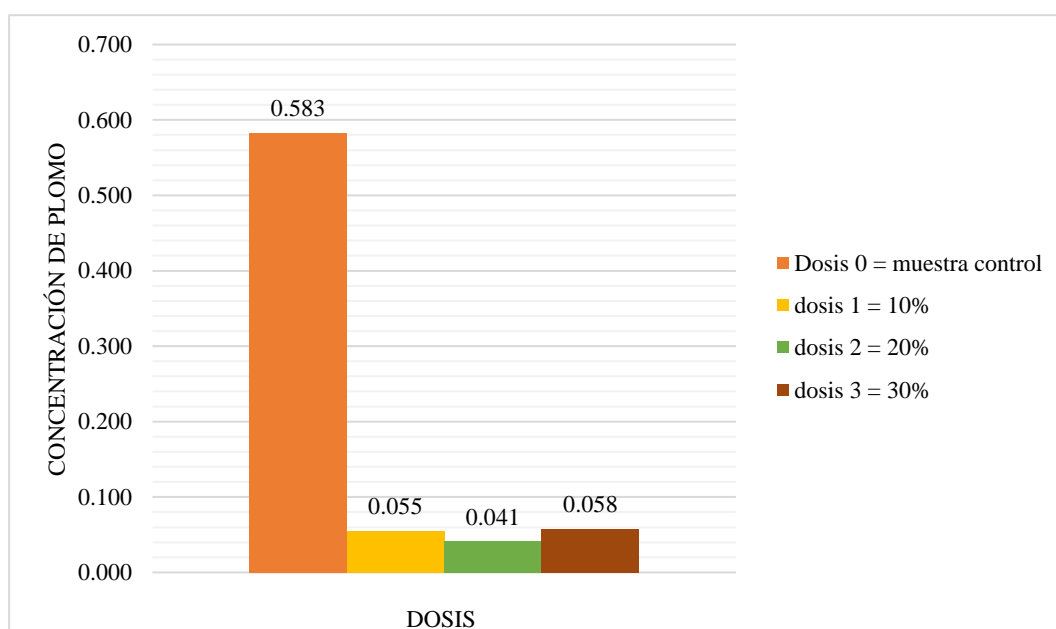


Figura 3. Dosis y la concentración de plomo final

En el Figura 3, se observó que las dosis aplicadas alcanzan valores muy bajos de concentración de plomo en el agua a comparación de la muestra control. Siendo la dosis 2 la que alcanza la menor concentración de plomo en el agua con un 0.041 mg/L; también se observa que la dosis 1 presenta un 0.055 mg/L y la dosis 3 un valor de 0.058 mg/L de plomo.

Para calcular las diferencias significativas entre las dosis aplicadas se realizó la prueba de ANOVA. Para este análisis estadístico se comprobó si existe una distribución normal en cada una de las dosis, los datos resultantes fueron mayores a $\alpha = 0.05$, por lo que se afirma que las dosis presentan una distribución normal, como se apreciara en la Tabla 17.

Tabla 9. Análisis de varianza de ANOVA para la concentración de plomo

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.000	2	.000	1.662	.266
Dentro de grupos	.001	6	.000		
Total	.001	8			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

$P \geq \alpha$ = Se acepta H_0 = No existe diferencias significativas

$P < \alpha$ = Se acepta H_1 = Existen diferencias significativas

En la Tabla 9, señalo que la significancia de la prueba ANOVA es de 0.266 este valor es mayor a $\alpha = 0.05$, entonces se dice que todas las dosis son iguales. Por lo tanto, se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 .

Tabla 10. Prueba de contraste tukey para la concentración de plomo

Concentración de plomo		
Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
dosis 2	3	.04133
dosis 1	3	.05500
dosis 3	3	.05767
Sig.		.280

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla 10, el análisis de la prueba de contraste tukey corroboró el Figura 3, donde nos indica que las dosis 1, 2 y 3 muestran resultados equivalentes, pero diferentes a la muestra control. Se obtuvo que las dosis no son significativas, pero, influyen de manera positiva, pues, la dosis 2 es la que muestra mejores resultados en la reducción de plomo, seguida de la dosis 1 y luego la dosis 3. Esto quiere decir que la microalga *Chlorella vulgaris* influye positivamente en la biosorción de plomo aguas contaminadas del río Rímac.

Tabla 11. pH en el agua del rio Rímac al final del experimento

Dosis	pH			Promedio	Desviación estándar
	R1	R2	R3		
D0 = muestra control	8.3	8.3	8.3	8.3	0.0000
D1 = 10% de <i>Chlorella vulgaris</i>	8.4	8.3	8.5	8.4	0.1000
D2 = 20% de <i>Chlorella vulgaris</i>	8.5	8.7	8.8	8.67	0.1527
D3 = 30% de <i>Chlorella vulgaris</i>	8,9	8.7	8.8	8.8	0.1000

Fuente: Elaboración Propia, 2018

De acuerdo con la Tabla 11, se observó que las dosis de *Chlorella vulgaris* aplicadas en el agua del río Rímac han obtenido valores de pH desde 8.4 hasta 8.8.

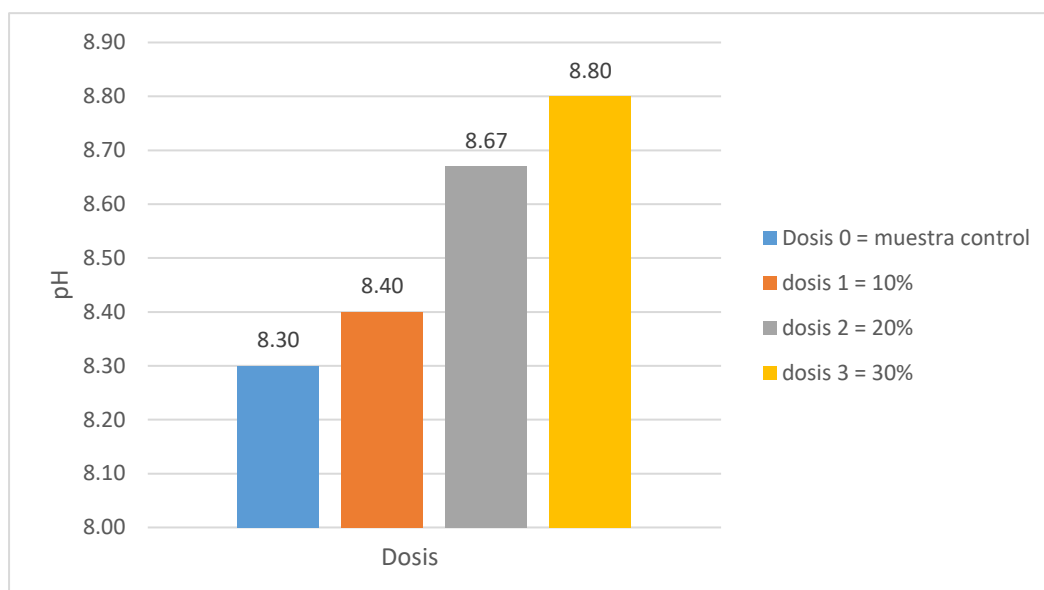


Figura 4. Dosis y el pH

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En el Figura 4, se observó que las dosis aplicadas alcanzan valores altos de pH en el agua a comparación de la muestra control. Siendo la dosis 3 la que alcanza el mayor pH en el agua con un valor de 8.8; también se observa que la dosis 2 presenta un 8.67 y la dosis 1 un 8.4 de Ph.

Para calcular las diferencias significativas entre las dosis aplicadas se realizó la prueba de ANOVA. Para este análisis estadístico se comprobó si existe una distribución normal en cada una de las dosis, los datos resultantes fueron mayores a $\alpha = 0.05$, por lo que se afirma que las dosis presentan una distribución normal, como se apreciara en la Tabla 17.

Tabla 12. Análisis de varianza de ANOVA para pH

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.249	2	.124	8.615	.017
Dentro de grupos	.087	6	.014		
Total	.336	8			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

$P \geq \alpha$ = Se acepta H_0 = No existe diferencias significativas

$P < \alpha$ = Se acepta H_1 = Existen diferencias significativas

En la Tabla 12, señalo que la significancia de la prueba ANOVA es de 0.017 este valor es menor a $\alpha = 0.05$, entonces se dice que al menos algunas de las dosis son diferentes. Por lo tanto, se acepta la H_1 o hipótesis alterna, la cual nos indica que existe diferencias significativas entre las dosis y la muestra control.

Tabla 13. Prueba de contraste tukey para el pH

pH			
Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
dosis 1	3	8.4000	
dosis 2	3	8.6667	8.6667
dosis 3	3		8.8000
Sig.		.055	.445

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla 13, el análisis de la prueba de contraste tukey corroboró el Figura 4, donde nos indica que al aplicar la dosis 3 se obtiene como resultado un pH de 8.8, siendo ligeramente Alcaino, siendo el mayor resultado; por último, la dosis 1 es la que obtiene el menor resultado, teniendo un valor de 8.4 de pH, ligeramente alcalino.

Tabla 14. Conductividad eléctrica en el agua del rio Rímac al final del experimento.

Dosis	Conductividad Eléctrica (mS/cm)			Promedio	Desviación estándar
	R1	R2	R3		
D0 = muestra control	17,56	17.56	17.56	17.56	0.000
D1 = 10% de <i>Chlorella vulgaris</i>	16.55	16.74	16.66	16.65	0.0954
D2 = 20% de <i>Chlorella vulgaris</i>	15.04	15,16	15,22	15.14	0.0917
D3 = 30% de <i>Chlorella vulgaris</i>	11,78	11,68	11.85	11.77	0.0854

Fuente: Elaboración Propia, 2018

De acuerdo con la Tabla 14, se observó que las dosis de *Chlorella vulgaris* aplicadas en el agua del río Rímac han obtenido valores de conductividad eléctrica desde 16.65 hasta 11.77 mS/cm.

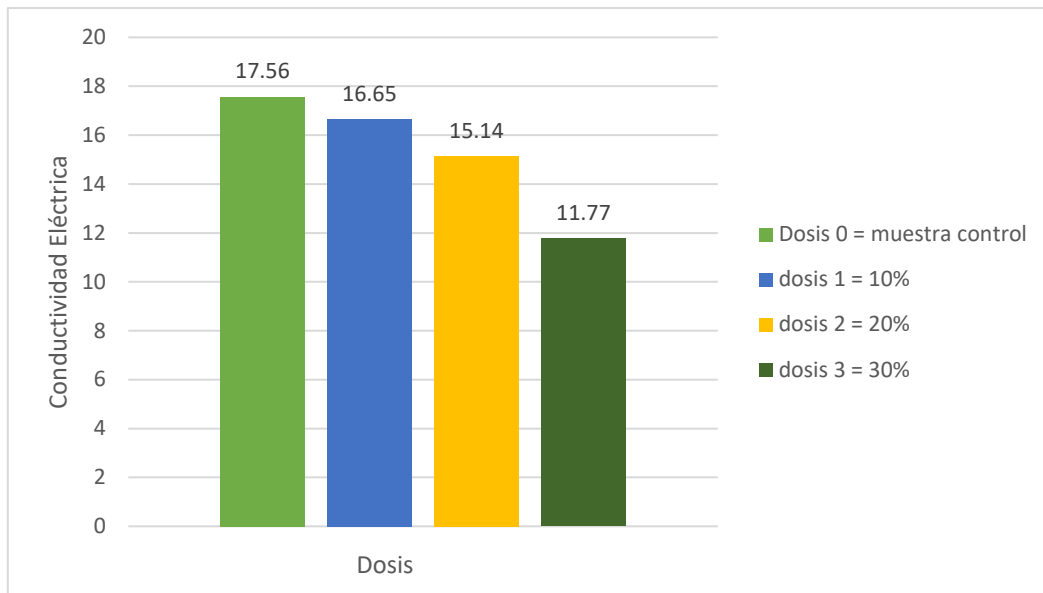


Figura 6. Dosis y la Conductividad Eléctrica

En el Figura 5, se observó que las dosis aplicadas alcanzan valores bajos en la conductividad eléctrica del agua a comparación de la muestra control. Siendo la dosis 3 la que alcanza el menor valor en la conductividad eléctrica del agua con un valor de 11.77 mS/cm; también se observa que la dosis 2 y dosis 1 presenta un 15.14 y 16.65 mS/cm respectivamente.

Para calcular las diferencias significativas entre las dosis aplicadas se realizó la prueba de ANOVA. Para este análisis estadístico se comprobó si existe una distribución normal en cada uno de las dosis, los datos resultantes fueron mayores a $\alpha = 0.05$, por lo que se afirma que las dosis presentan una distribución normal, como se apreciara en la Tabla 17.

Tabla 15. Análisis de varianza de ANOVA para la conductiva da eléctrica

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	37.451	2	18.726	2265.206	.000
Dentro de grupos	.050	6	.008		
Total	37.501	8			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

$P \geq \alpha$ = Se acepta H_0 = No existe diferencias significativas

$P < \alpha$ = Se acepta H_1 = Existen diferencias significativas

En la Tabla 15, señalo que la significancia de la prueba ANOVA es de 0.00 es te valor es menor a $\alpha = 0.05$, entonces se dice que al menos algunas de las dosis son diferentes. Por lo tanto, se acepta la H_1 o hipótesis alterna, la cual nos indica que existe diferencias significativas entre las dosis y la muestra control.

Tabla 16. Prueba de contraste tukey para la conductividad eléctrica

CE				
Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
dosis 3	3	11.7700		
dosis 2	3		15.1400	
dosis 1	3			16.6500
Sig.		1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la Tabla 16, el análisis de la prueba de contraste tukey corroboró el Figura 5, donde nos indica que el mejor resultado se obtiene al aplicar la dosis 3 cuya conductividad eléctrica es de 11.77 mS/cm, en este caso las 3 dosis de *Chlorella vulgaris* son diferentes a la muestra control.

Por último, de las hipótesis planteadas,

La dosis óptima de *Chlorella vulgaris* si permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac.

Las características de *Chlorella vulgaris* si permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac.

las características del agua del rio Rímac si permite la biosorción de plomo por la microalga *Chlorella vulgaris*.

4 DISCUSIONES

El plomo obtenido de los resultados finales disminuyó al agregar las dosis de microalgas de *Chlorella vulgaris*. Según los resultados se observó que la dosis 2 (20% *Chlorella vulgaris*) fue la que consiguió el mejor resultado con una concentración final de 0.041 mg/L y un porcentaje de remoción de un 92.97% al reducir el plomo hasta por debajo del ECA – AGUA, Decreto Supremo 004-2017 MINAM; seguidos de la dosis 2 y dosis 3 cuyos resultados fueron de 0.055 mg/L y un porcentaje de remoción del 90.56% y 0.058 mg/L y un porcentaje de remoción de 90.05%, respectivamente. De esta manera, poder usar microalgas para remover metales pesados tiene una alta eficiencia, se puede aplicar a las aguas que contienen altas concentraciones de metal o de niveles relativamente bajos (Monteiro et al., 2012). Esto se confirma con el estudio donde se empleó la microalga *Scenedesmus acutus* utilizando la biomasa microalgal, para reducir una concentración de 10 mg/L de plomo, en cuanto a la remoción se obtuvo una concentración final de plomo de 0.343 mg/L y un porcentaje de remoción del 97.68%, el cual fue el mejor resultado (Chulle y Villalobos, 2016).

Según los resultados, la dosis 2 la cual presenta un 20% de *Chlorella vulgaris*, es la dosis óptima, esto quiere decir que no necesariamente a mayor cantidad de *Chlorella vulgaris* mayor será la remoción de plomo en el agua del río Rímac, esto se corrobora con el estudio donde se utilizó dosis de *Chlorella vulgaris* de 15% 20% y 25% para remover otro tipo de metal pesado como el Cr hexavalente, viendo mejores resultados en la dosis con 20% (Bobadilla y Alvarez, 2018). Se tienen investigaciones donde han hecho hincapié a nivel mundial sobre las ventajas de utilizar microalgas en la biosorción del metal. Uno de los muchos beneficios, incluyen: capacidad de absorción de metales de manera rápida, el tiempo y ahorro de energía, respetuoso del medio ambiente (Monteiro et al., 2012).

Según los resultados la temperatura ambiente fue óptima para la remoción del metal pesado plomo y no tuvo un cambio al agregar las dosis de microalgas, por otro lado, el pH tuvo un incremento al aumentar la dosis de *Chlorella vulgaris*, obteniendo un ligero aumento del promedio hasta 8.8 de pH con la dosis 3, pues se entiende que la *Chlorella vulgaris* realiza la fotosíntesis y en este proceso consume el carbono inorgánico que se encuentra en el agua, esto es similar al

estudio de (Bobadilla y Álvarez, 2018) se incrementó hasta un pH de 8.4. Por último, el papel de la pared celular de las microalgas permite la alta capacidad de unión del metal a la microalga, que contienen grupos funcionales cargados negativamente; las proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en estas superficies exteriores, las paredes celulares y membranas, podrían reaccionar con especies metálicas (Crist et al, 1981).

Con respecto a las características del río Rímac, el pH y la conductividad eléctrica que presentaban valores de 8.3 y 17.56 mS/cm respectivamente no tuvieron ningún impacto negativo en la biosorción del plomo en el agua, por otro lado, el pH aumento, mencionado anteriormente, y la conductividad eléctrica disminuyo con las dosis 1 (10% de microalgas) desde 16.65 mS/cm hasta un 11.77 mS/cm (30% de microalga) con la dosis 3, esto se debe a que al agregar el cultivo de microalgas la concentración de Residuos Sólidos Totales (TDS) en el agua disminuye. Se entiende que la microalga no tiene ningún efecto en la conductividad eléctrica, esto se corrobora con el estado realizado por (Pérez et al., 2016) donde se tiene un valor inicial de 1482 μ S/cm y termina con el mismo valor. Por otro lado, se tiene una temperatura de 20.5 °C aproximadamente, la cual parece ser la adecuada. Se tiene en cuenta que a una temperatura más alta favorece a una mayor solubilidad de los iones metálicos como lo es el plomo que se encuentra en una solución, pero, también debilita la biosorción de iones metálicos, por lo que se puede interpretar que a una temperatura no tan elevado ni tampoco tan baja es la más adecuada (Lau et al., 1999).

5 CONCLUSIONES

Se concluye que la microalga *Chlorella vulgaris* influye de manera positiva en la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac, donde las 3 dosis obtuvieron resultados bajos en concentración de plomo.

La dosis optima de *Chlorella vulgaris* que logro la mayor reducción de plomo fue la dosis 2 con el 20% de *Chlorella vulgaris* con una remoción del 92.97%.

Las características de la microalga permiten la biosorción del plomo debido a que la *Chlorella vulgaris* aumenta el pH y se entiende que mientras el pH aumente habrá mayor remoción del metal. En una concentración de 21.9×10^6 células por mililitro, removió el plomo del agua. Por otro lado, mencionar que la pared celular de la *Chlorella vulgaris* tiene una alta afinidad para cationes metálicos.

Se determinó que las características del agua del río Rímac permitieron la biosorción de plomo de manera óptima, con valores de pH de 8.3, una conductividad eléctrica de 17.56 mS/cm, una temperatura ambiente de 20.5°C y cabe mencionar que el proceso se realizó en fotoperiodos de 16:8 horas luz y oscuridad, logrando poder remover el plomo del agua.

6 RECOMENDACIONES

Realizar estudios para remover metales pesados a concentración mucho más altas en ríos contaminados, teniendo en cuenta el uso de perlas de alginato cálcico, pues, esto permitirá proteger a la microalga de contaminantes y la toxicidad del medio.

Realizar más investigaciones con diferentes metales pesados presentes en el agua y con diferentes microalgas.

Disponer de un área más apropiada que cuente con las condiciones físicas necesarias para evitar alteraciones en los resultados como también posibles contaminaciones.

Realizar investigación de la recuperación de metales de la biomasa microalgal obtenida luego del proceso de biosorción en el agua u otras aplicaciones como la obtención de biocombustibles.

REFERENCIAS

1. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE CONTROL. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Washington, USA: Servicio de Salud Pública, 2011, 269 pp. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2018].
2. ARMAS, E. Y GUEVARA, A. Biosorción de cromo total en soluciones utilizando una matriz de microalgas nativas inmovilizadas en alginato cálcico. Tesis (título de Ingeniero ambiental). Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2017. 100 pp. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2018]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9875>
3. BOBADILLA, A Y ALVAREZ, P. Evaluación del uso de la *Chlorella vulgaris* en la remoción de cromo hexavalente, demanda química del oxígeno en aguas residuales de industrias papeleras a nivel de laboratorio. tesis (grado de ingeniero químico) Guayaquil, Ecuador: Universidad De Guayaquil. 2018. 109 pp. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018].
4. CAMPOS, N. La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María. *Caldasia*. Vol. 16. Colombiano: 1990. [Fecha de consulta: 14 de setiembre de 2018].
5. CHALIVENDRA, S. Bioremediation of wastewater using microalgae. Tesis (Doctor of Philosophy in Materials Engineering). Dayton: University Of Dayton. 2014. 211 pp. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2018].
6. CHOJNACKA, K. biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications. *Environment international*, vol. 36, n° 3. 2010. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2018].
7. CHULLE, L. Y VILLALOBOS. P. Remoción de metales pesados (mercurio y plomo) de soluciones acuosas sintéticas a diferentes concentraciones utilizando la microalga dulceacuícola *Scenedesmus acutus*. tesis (grado de licenciado en biología) Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2016. 87 pp.
8. COLLA, L. *et al.* Potential of Live *Spirulina platensis* on Biosorption of Hexavalent Chromium and Its Conversion to Trivalent Chromium. *Revista International Journal of Phytoremediation* [en línea]. Brasil, 2015 [Fecha de

- consulta: 05 de mayo de 2018]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651314005740>.
ISSN: 1522-6514
9. CRIST, R, OBERHOLSER, K., SHANK, N., NGUYEN, M. La naturaleza de la unión entre iones metálicos y las paredes celulares de las algas [en línea]. *Reinar. Sci. Technol.* Vol. 15. 1981 [Fecha de consulta: 23 de agosto]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es00092a010>
 10. DÖNMEZ, G., AKSU, Z., ÖZTÜRK, A. Y KUTSAL, T. Un estudio comparativo sobre pesada características de biosorción de metal de algunas algas. *Proceso Biochem.* Vol. 34. 1999. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2018].
 11. ECRIBANO, E. Empleo de microalgas en la arquitectura sostenible. Lima, 2017. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2018]. Disponible en: http://oa.upm.es/47523/1/TFG_Lomas_Escribano_Emma.pdf
 12. FOMINA, M. Y GADD, G. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Revista Bioresource Technology* [en línea]. Ucrania, 2014. [Fecha de consulta: 25 de abril]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259955406_Biosorption_Current_perspectives_on_concept_definition_and_application. ISSN: 0301-7516
 13. FÖRSTNER, U. Y MÜLLER, G. Metales pesados en ríos y lagos como expresión de contaminación ambiental. [en línea]. Alemania, 1974. 228pp. [Fecha de consulta 11 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.springer.com/de/book/9783642492433>. ISBN: 978-3-642-49243-3
 14. FUNAMI, T. et al. Rheological properties of sodium alginate in an aqueous system during gelation in relation to supermolecular structures and Ca²⁺ binding. *Food hydrocolloids.* Vol. 23, n° 7. 2009. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018].
 15. GONZÁLEZ, F. et al. La biosorción de algas y biosorbentes. *Microbial biosorción de metales.* Springer Dordrech, pp. 159 - 178. 2011. [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2018].

16. HERRERA, L. Y GUEVARA, Á. Heavy Metal Adaptation. John Wiley & Sons [en línea]. Inglaterra, 2009. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2018]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9780470015902.a0001318.pub2>
17. INTORNA, D., SIDTITONA, N., SILAPANUNTAKULA, S. Y INCHAROENSAKDIB A. Sorption of mercury, cadmium and lead by microalgae [en línea]. Research article, 2002 [Fecha de consulta: 33 de julio de 2018]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/1b7f/417e6853814607392200ae41add10156fda7.pdf>
18. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). Decreto Supremo 004-2017-MINAM. [en línea]. Perú, 2017. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
19. KOLF, M., GUÉNIN, A. Y LÓPEZ, M. Micromamíferos y metales pesados: Biomonitorización del medio ambiente. vol. 10 n° 19. España: 2007. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2018]. Disponible en: <http://revistas.ucm.es/cca/11391987/articulos/OBMD0707110019A.PDF>
ISSN 1139 - 1987
20. LANPHEAR, B., DIETRICH, K.N. Y AUINGER, P. Cognitive deficits associated with blood lead concentration < 10 ug/dL. Revista children and adolescents. Pub health, Vol. 4, n° 1, 2012. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2018].
21. LAU, PS, LEE, HY, TSANG, CCK, TAM, NFY, WONG, YS. Efecto de la inmetales a interferencias, pH y la temperatura sobre biosorción Cu y Ni por *Chlorella vulgaris* y *Miniata Chlorella*. Technol [en línea]. Vol. 20. 1999 [Fecha de consulta: 23 de agosto]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09593332008616890>
22. LUCAS, P. Evaluación de la capacidad de remoción de cadmio in vitro utilizando la microalga *Chlorella* sp. y su potencial para la biorremediación de sitios naturales. Tesis (título de ingeniero en biotecnológico). Ibarra, Ecuador: Universidad de las Américas. 2017. 80 pp. [Fecha de consulta: 17

- de mayo 2018]. Disponible en:
<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8068>
23. MALIK, A. Biorremediación metal a través de las células en crecimiento. *Reinar*. Vol. 30, n° 2. 2004. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018].
24. MCRILL, C; BOYER, L V; FLOOD, T J; ORTEGA, L. Mercury toxicity due to the use of a cosmetic cream. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 3, n° 3. 2013 [Fecha de consulta: 13 de abril de 2018].
25. MEJÍA, G. Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos. *Revista CES Medicina, Veterinaria y Zootecnia*. Vol. 1, n° 1. 2006. [Fecha de consulta: 17 de abril 2018].
26. MENDOZA, L., SOLER, E., Y PÉREZ, C. Análisis de la Dinámica y Funcionalidad Familiar en Atención Primaria [en línea]. Mexico: Archivo de Medicina Familiar, 2008 [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2018].
27. Monteiro CM, Castro PML, Malcata FX. Captación de metales por microalgas: mecanismos subyacentes y aplicaciones prácticas. *Biotechnol Prog* 28: 299–311. 2012. [Fecha de consulta: 27 de mayo 2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22228490?dopt=Abstract>
28. PAZ, O. Un largo camino para devolver la vida al río Rímac. *Comercio*: Lima, Perú, 05 de agosto de 2018. [Fecha de consulta: 07 de mayo 2018]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/obras/camino-devolver-vida-rio-rimac-noticia-54358>
29. PELLÓN, A. et al. Empleo de microalga *scenedesmus oblicuas* en la eliminación de cromo presente en aguas residuales galvánicas. *Revista real Madrid* [en línea]. n° 39. España, 2003 [Fecha de consulta: 07 de mayo 2018]. Disponible en:
<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia>
30. PEREZ, K. et al. Uso de *Scenedesmus* para la remoción de metales pesados y nutrientes de aguas residuales de la industria textil. *Revista Ingeniería Solidaria* [en línea]. vol. 12, n.º 20. Colombia, 2016 [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2018]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.16925/in.v19i20.1418>
31. PLAZA, J. Remoción de metales pesados empleando algas marinas. Tesis (Título de Ingeniera En Biotecnología De Los Recursos Naturales). Quito.

- Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. 2012. 77 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/2770>
32. REPETTO, M. y SANZ, P. Toxicología de los metales. Tesis (Postgrado en Toxicología). Sevilla, España: Ilustre Colegio oficial de Químicos, 2012. 192 pp.
 33. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE BIODIVERSIDAD. Taxonomía para *Chlorella sp.* [en línea]. (s.f.). [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.sib.gov.ar/taxonomia/genero/chlorella>
 34. TAVAKOLY, B. et al. Assessment of Sediment Quality According to heavy metal status in the West Port of Malaysia. Engineering and Technology. vol. 3, n° 3. 2011 [Fecha de consulta: 13 de abril de 2018].
 35. THIRUMAGAL, J. Y PANNEERSELVAM, A. Phycoremediation of malachite green and reduction of physico-chemical parameters from polluted water using *Chlorella pyrenoidosa*. International journal of research in engineering and technology. 2014. [Fecha de consulta: 18 de Abril de 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273300830_phycoremediation_of_malachite_green_and_reduction_of_physico_chemical_parameters_from_polluted_water_using_chlorella_pyrenoidosa
 36. VALLE, G. Utilización de microalgas para la remoción de cadmio y zinc de efluentes de aguas residuales urbanas. Tesis (Maestro en ciencias). México: Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada. 2007. 83 pp.
 37. WILDE, W. Y BENEMANN, J. Bioremoval de metales pesados por el uso de microalgae. Biotechnol. Vol. 11, n° 4, 781 – 812. 1993. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2018].
 38. WONG, S. Y BEAVER, J. bioensayos de Algas para determinar la toxicidad de mix- de metal turas. Hydrobiology. Vol. 73, n° 3. 1998 [Fecha de consulta: 13 de agosto].
 39. MARTINEZ, A. Y GARCÍA, M. Review article: Environmental applications of immobilized microorganisms. Revista Mexicana de ingeniería química. Vol. 11, n° 1. México: 2012. [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2018]. ISSN: 1665-2738.

ANEXOS

Tabla 17. Prueba De Normalidad

	Dosis	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Concentración de plomo	dosis 1	,983	3	,747
	dosis 2	,824	3	,174
	dosis 3	1,000.	3	,970.
pH	dosis 1	1,000	3	1,000
	dosis 2	,964	3	,637
	dosis 3	1,000.	3	1,000.
CE	dosis 1	,992	3	,826
	dosis 2	,964	3	,637
	dosis 3	,990	3	,806

Tabla 18. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
Título: Biosorción del plomo en aguas contaminadas del río Rímac utilizando la microalga <i>Chlorella vulgaris</i> , 2018				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
¿Cuál es la influencia de la microalga <i>Chlorella vulgaris</i> en la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac, 2018?	Evaluar la influencia de la microalga <i>Chlorella vulgaris</i> en la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac, 2018.	El uso de la Microalga <i>Chlorella vulgaris</i> influye positivamente en la biosorción del plomo en aguas contaminadas del río Rímac, 2018.	Variable Independientes <i>Chlorella vulgaris</i>	Diseño metodológico: Experimental Tipo de investigación: Aplicativa Nivel de investigación: Descriptiva Técnica de recolección de datos: Observación Diseño experimental: Diseño completamente al azar
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la dosis óptima de <i>Chlorella vulgaris</i> que permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac? • ¿En qué medida las características de <i>Chlorella vulgaris</i> permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac? • ¿En qué medida las características del agua del río Rímac permite la biosorción de plomo por la microalga <i>Chlorella vulgaris</i>? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la dosis óptima de <i>Chlorella vulgaris</i> que permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac. • Determinar en qué medida las características de <i>Chlorella vulgaris</i> permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac. • Determinar en qué medida las características físicas y químicas del agua del río Rímac permite la biosorción de plomo por la microalga <i>Chlorella vulgaris</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • La dosis óptima de <i>Chlorella vulgaris</i> permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac. • Las características de <i>Chlorella vulgaris</i> permite la biosorción de plomo en aguas contaminadas del río Rímac. • Las características del agua del río Rímac permite la biosorción de plomo por la microalga <i>Chlorella vulgaris</i>. 	Variable Dependientes Biosorción de Plomo en aguas contaminadas del río Rímac.	

Panel Fotográfico



Figura 7. Obtención y análisis de las muestras



Figura 9. Cultivo de la microalga
Chlorella vulgaris

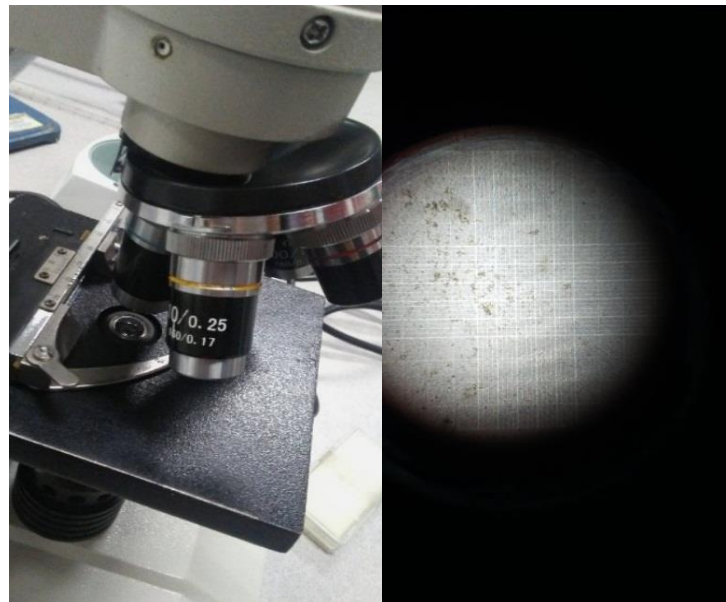


Figura 10. conteo de las células de
Chlorella vulgaris



Figura 11. Área experimental

Fichas, instrumentos y resultados

ANEXO N° 1: FICHA DE CARACTERIZACIÓN AGUA

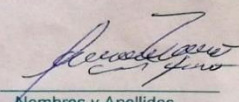
Nombre del Evaluador:				
Fecha de Evaluación:				
Lugar de Procedencia:				
Pb (mg/L)	CE (S/cm)	pH	Temperatura (C°)	DQO (mg/L)

Fuente: Elaboración propia, 2018



BLGO. OSCAR RAUL GONZALES PIZANGO
CBP 10882
Nombres y Apellidos

Grado
CIP


Nombres y Apellidos

Grado Ingeniero Ambiental
CIP 197 903



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355
Nombres y Apellidos

Grado
CIP

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar González Pizango
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Sondajeo Ambiental - DEFA
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de acreditación del asue
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Cuizpe Silveira Cesar Amir

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

84,5 %

Lima, del 2018


BLGO. OSCAR RAUL GONZALES PIZANGO
 FIRMA DEL EXPEDIENTE FORMANTE
 CBP 10882

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cesar Jimenez Calderon
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV - Ingeniería Ambiental
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de la sva
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Guispe Silveira Cesar Amir

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

0,0 %

Lima, 29 de Junio del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
Dr. Cesar Eduardo Jimenez Calderon
 CIP. 42355
 DNI No. _____ Teif: _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Carlos Advincula Zambano
 1.2. Cargo e institución donde labora: MDSP - Gerencia de Seguros - Público y Gestión Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Caracterización de Sra
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Quispe Silva Cesar Amr

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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

87,5 %

Lima, 29 de JUNIO del 2018

 Carlos Advincula Zambano
 C.P.I.: 147905



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 74388831 Telf:


ANEXO N° 2: FICHA DE CARACTERISTICAS DE CHLORELLA VULGARIS

Nombre del Evaluador:		
Fecha de Evaluación:		
Lugar de la Evaluación:		
Concentración de chlorella vulgaris	T° C	pH

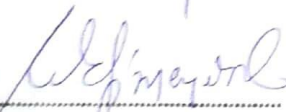

Fuente: Elaboración propia, 2018



ELCD. OSCAR RAUL
GONZALES PIZANGO
CBP 11692
Nombres y Apellidos

Grado
CIP


Nombres y Apellidos

Grado Ingeniero Ambiental
CIP 107 905



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355
Nombres y Apellidos

Grado
CIP



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar Gonzales Pizango
 1.2. Cargo e institución donde labora: Encargado Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características de Chorella wulsenis
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Amye Sikora Cerar Amir

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

80,5 %

Lima, 20 de Junio del 2018BLGO. OSCAR RAUL
GONZALES PIZANGOFIRMA DEL INFORMANTE
CBP 10882

DNI No. Telf:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: César Jiménez Calderón
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV - Ingeniería Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización de chorrillo urbano
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Guirpe Silvera César Amor

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

91 %

Lima, 22 de Junio del 2018



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355



DNI No. Telf.



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Carlos Aduvinsky Zambano
- 1.2. Cargo e institución donde labora: MBSMP - Gerencia de Servicios Públicos y Gestión Ambiental
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Folleto de caracterización de chibrella uligena
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Quispe Silvera Cesar Amor

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

88,5 %

Lima, 29 de Junio del 2018
Carlos Aduvinsky Zambano
 CPI: 197905

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 74388031 Telf:

**ANEXO N° 3: FICHA DE ANALISIS LUEGO DE APLICAR CHLORELLA
VULGARIS**

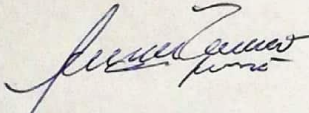
Nombre del Evaluador:			
Fecha de Evaluación:			
Lugar de la Evaluación:			
tratamiento	repetición	Pb (mg/L)	pH
1	1		
	2		
	3		
2	1		
	2		
	3		
3	1		
	2		
	3		

Fuente: Elaboración propia, 2018

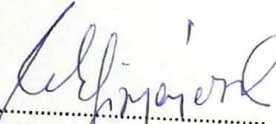


 **BLGO. OSCAR RAUL
GONZALES PIZANGO**
CBP 10882

Nombres y Apellidos

Grado
CIP


 Nombres y Apellidos

Grado Ingeniero Ambiental
CIP 197905


 **Dr. César Eduardo Jiménez Calderón**
 Nombres y Apellidos CIP 42355

Grado
CIP

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO****I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar Gonzales Pizango
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Sonamiento Ambiental - OEFH
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis luego de aplicar chorro de vapor
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Guilherme Silver Costa Amor

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

87,5 %

Lima, Gonzales Pizango del 2018BLGO. OSCAR RAUL
GONZALES PIZANGO

FIRMA DCBP 10882 TO INFORMANTE

DNI No. Telf:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: César Jiménez Calderón
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV - Ingeniería Ambiental
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Técnica de análisis luego de aplicar chomella y lvs
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Quilipe, Silveira Cesar Amor

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

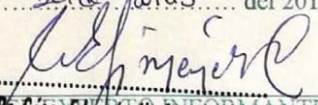
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

89 %

Lima, 20 de Junio del 2018


 FIRMADO POR: Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

DNI No. Telf:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Carlos Adurculla Zambrano
- 1.2. Cargo e institución donde labora: MOSMP - Gerencia de Servicios Públicos y Gestión Ambiental
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de calidad luego de aplicar checklist
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Quisque Silvea Cesar Amor

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

88.5 %

Lima, 20 de Junio del 2018
Carlos Adurculla Zambrano
 CPI: 197 9 05

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 74738031 Telf:

ANEXO N° 4: FICHA DE MUESTREO

Nombre del Evaluador:		
Lugar de estudio		
Distrito		
Provincia		
Departamento		
Fecha:		
Hora:		
Temperatura (C°)		
pH		
CE (s/cm)		
Coordenadas UTM	Este	
	Norte	

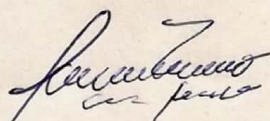
Fuente: Elaboración propia, 2018



**BLGO. OSCAR RAUL
GONZALES PIZANGO**
 CBP 10882

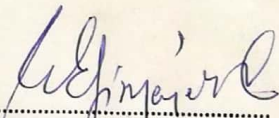
 Nombres y Apellidos

Grado
CIP



 Nombres y Apellidos

Grado Ingenio Ambiental
CIP 197905



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP 42355

 Nombres y Apellidos

Grado
CIP



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar Gonzales Pizango
 1.2. Cargo e institución donde labora: Suplemento Ambiental - OEFA
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fecha de Muestreo
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Quispe Silvera Cesar Amor

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

84,7%

Lima, Compendio de Junio del 2018


 BLGO. OSCAR RAUL GONZALES PIZANGO
 FIRMA DE CEBP 10882 O INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: César Jiménez Calderón
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente OCV - Ingeniería Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestras
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Quique Silvera Cesar Amir

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

86 %

Lima, 29 de Junio del 2018


 FIRMA Dr. César Eduardo Jiménez Calderón NTE
 CIP. 42355

DNI No. _____ Telf. _____



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Carlos Adunwa Zambano
- 1.2. Cargo e institución donde labora: MOSMP - Presidencia de Servicios Públicos y Gestión Ambiental
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestreo
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Guilherme Silva Casar Amor

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

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85,5%

Lima, 29 de Junio del 2018
Carlos Adunwa Zambano
 CP: 197905
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 74388031 Telf:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA

SOLICITADO POR : CESAR AMIR QUISPE SILVERIA

Procedencia de muestra : San Mateo de Huanchor

Recepción de muestra : Lima, 5 de Noviembre del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRA

Muestra	Pb(mg/L)
Muestra Inicial	0.583

Lima, 8 de Noviembre del 2018

MSc. Aníbal Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE NUEVE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : CESAR AMIR QUISPE SILVERIA

Procedencia de muestras : San Mateo de Huanchor

Recepción de muestras : Lima, 5 de Noviembre del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

N°	Muestras	Pb(mg/L)
1	R1-D1	0.061
2	R2-D1	0.048
3	R3-D1	0.056
4	R1-D2	0.035
5	R2-D2	0.045
6	R3-D2	0.044
7	R1-D3	0.039
8	R2-D3	0.076
9	R3-D3	0.058

Lima, 8 de Noviembre del 2018

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe