



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017”

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

AUTORA:

Anggie Tatyanna Quiroz Vilca

ASESOR:

Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA — PERÚ

Año 2017 - I

PÁGINA DEL JURADO



PRESIDENTE

Dr. Antonio Leonardo Delgado Arenas



SECRETARIO

Dr. Sabino Muñoz Ledesma



VOCAL

Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres y a mis hermanas que gracias a su constante esfuerzo y apoyo me impulsaron a alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Dios por darme salud y permitir concretar muchos objetivos a lo largo de mi vida.

Agradezco a mis padres David y Gladys por el apoyo incondicional durante toda mi vida, por darme los ánimos suficientes para no rendirme y seguir adelante luchando hasta el final.

A mis hermanas por ser parte importante de mi vida. A Steffany por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir, a Marife y Camila por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A la Universidad Cesar Vallejo Lima - Este por el uso de sus instalaciones durante toda mi carrera profesional.

Agradecer de la misma forma a mis docentes de la escuela de Ingeniería Ambiental: Antonio Delgado Arenas y Omar Vásquez Aranda por compartir su experiencia académica, por el apoyo, la paciencia y la amistad brindada

A mi asesor el Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales por dirigirme hacia el cumplimiento de mis objetivos en el desarrollo del presente trabajo de investigación y sobre todo al Msc. Wilber Quijano Pacheco por sus consejos, estima y apoyo incondicional durante todo este tiempo.

Agradezco a Daniel Neciosup Gonzales, por sus conocimientos, apoyo y paciencia dentro del laboratorio de calidad de la Universidad Cesar Vallejo.

Debo agradecer de manera especial a mis amigos Karina, Elizabeth, Michel, Tony y Eduardo por su apoyo, comprensión y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Anggie Tatyanna Quiroz Vilca con DNI N° 70249720, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la universidad Cesar Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

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

Lima, 14 de julio del 2017



Anggie Tatyanna Quiroz Vilca

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 alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL - 2017”; la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.

El Autor

Anggie Tatyanna Quiroz Vilca

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN.....	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Realidad Problemática	16
1.2 Trabajos previos	17
1.3 Teorías relacionadas al tema	21
1.4 Formulación del problema.....	26
1.5 Justificación del estudio	26
1.6 Hipótesis	27
1.7 Objetivos.....	28
II. MÉTODO.....	29
2.1 Diseño de investigación	29
2.2 Variables, operacionalización.....	29
2.3 Población y muestra.....	31
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad y diseño:	31
2.5 Métodos de análisis del desarrollo del proyecto de tesis datos	33
III. RESULTADOS.....	39

IV. DISCUSIÓN	50
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	56
ANEXOS	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: ECAS.....	62
ANEXO 02: Registro de datos de campo	72
ANEXO 03: Ficha de observación.....	73
ANEXO 04: Ficha de validación	74
ANEXO 05: Matriz de consistencia	84
ANEXO 06: Análisis estadístico	85
ANEXO 07: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 5	85
ANEXO 08: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 6	88
ANEXO 09: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 7	91
ANEXO 10: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 5, pH 6, pH 7.....	92
ANEXO 11: Análisis del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i>	95
ANEXO 12: Ensayos de laboratorio	96
ANEXO 13: Panel Fotográfico.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 Extracción de la biomasa	33
FIGURA N° 2 Secado de la biomasa a temperatura ambiente	33
FIGURA N° 3 Procedimiento para la obtención del tamaño de partículas de la biomas	34
FIGURA N° 4 Procedimiento para la preparación del alga como biosorbente	35
FIGURA N° 5 Procedimiento para obtener la dosis óptima tratada en pH 5, 6 y 7	37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01 Determinación de cobre en el alga marina <i>Macrocystis Pyrifera</i> ...	39
TABLA N° 02 Determinación de la materia seca y el tamaño de partícula de la biomasa	39
TABLA N° 03 Características físicas y concentración de cobre inicial de la muestra de agua	40
TABLA N° 04 Concentración de cobre final en las soluciones acuosas tratadas en pH 5	41
TABLA N° 05 Análisis de varianza para la reducción de cobre en soluciones acuosas en pH 5	42
TABLA N° 06 Comparaciones en parejas de Fisher.....	43
TABLA N° 07 Concentración de cobre final en las soluciones acuosas tratadas en pH 6	43
TABLA N° 08 Análisis de varianza para la reducción de cobre en soluciones acuosas en pH = 6	45
TABLA N° 09. Comparaciones en parejas de Fisher.....	45
TABLA N° 10 Concentración de cobre final en las soluciones acuosas tratadas en pH 7	46
TABLA N° 11 Análisis de varianza para la reducción de cobre en soluciones acuosas en pH 7	47
TABLA N° 12 Tratamientos con menor grado de concentración de cobre final en relación con el pH	48
TABLA N° 13 Análisis de varianza para la reducción de cobre en soluciones en pH 5, 6 y 7	49
TABLA N° 14. Comparaciones en parejas de Fisher.....	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N° 01 Dosis óptima del alga marina <i>Macrocystis Pyrifera</i> en pH 5	42
GRAFICO N° 02 Dosis óptima del alga marina <i>Macrocystis Pyrifera</i> en pH 6	44
GRAFICO N° 03 Dosis óptima del alga marina <i>Macrocystis Pyrifera</i> en pH 7	47
GRAFICO N° 04 Dosis óptima del alga marina <i>Macrocystis Pyrifera</i> en pH 5,6 y 7	48

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general evaluar la eficiencia de la biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio el cual se desarrolló de la siguiente forma: El primer paso a realizar fue la recolección del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en las playas del distrito de San Juan de Marcona ubicados en el departamento de Ica. Para la obtención del alginato del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* se tuvo que secar a 60°C durante 10 horas y tamizar en la malla 80; el alginato se trató con 2M de cloruro de calcio para que otorgue rigidez a la biomasa y evitar la pérdida de alginato durante 24 horas en agitación constante de 150 rpm

Para la adsorción de cobre en un medio acuoso se preparó una solución de cobre (Cu) de 1000 mg/L, de la cual se preparó una concentración de 1.97 mg/L, con variaciones de pH (5, 6 y 7) y dosis diferentes (0.25g, 0.75g, 1.25g y 1.75g). Los tratamientos se realizaron en el Jart test 6 (JLT6) a una velocidad constante de 150 rpm y un tiempo de contacto de 120 minutos. Posteriormente se dejó sedimentar durante 30 minutos para luego ser evaluados en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Los resultados demuestran que el biosorbente del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* es eficiente para tratar soluciones acuosas con cobre. Se determinó que la dosis óptima es de 1.25 g/l de la biomasa y el pH óptimo es 5 en el cual se obtuvo una concentración final de 0.979 mg/l, una eficiencia del 95,01 % y una máxima capacidad de absorción de 6.67 mg/g.

Palabras Clave: Biosorción, alga marina parda *Macrocystis pyrifera*, cobre

ABSTRACT

This assignment had as a general objective to evaluate the proficiency of the biosorption of the brown seaweed called *Macrocystis Pyrifera* with the reduction of copper in watery solutions in a laboratory and it was made with the following steps: First we collected the brown seaweed "*Macrocystis Pyrifera*" in San Juan de Marconas' beaches located in Ica city. To obtain the seaweed's alginate we had to let it dry in 60 degrees Celsius for 10 hours and sieve in a chainmail #80, the alginate was treated with 2ml of chloride of calcium to give stiffness to the biomass and avoid the loss of alginate during 24hrs been constantly shaken in 150rpm.

For the adsorption of copper in an aqueous medium, a copper (Cu) solution of 1000 mg / L was prepared, from which a concentration of 1.97 mg / L per each litre of water, with some variations of PH (5,6y7) and different dose (0.25g, 0.75g, 1.25g y 1.75g). All the treatments were made in the Jart test 6 (JLT6) in a constantly speed of 150rpm in a time of 120 minutes. After that we deposited it for 30 minutes to be evaluated in the spectrophotometer of atomic absorption.

Results show the efficiency of the biosorbent of the brown seaweed *Macrocystis Pyrifera* to treat watery solutions with copper. It was decided that the correct dose is 1.25g/L of the biomass and the correct PH is 5, which was obtained in a final concentration of 0.979 mg/L, the efficiency was 95.01% and the maximum capacity of absorption was 6.67 mg/L.

Keyword: Biosorption, brown seaweed *Macrocystis pyrifera*, copper with copper

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados en la actualidad es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a todo el mundo, por ello existe un creciente interés mundial por encontrar métodos y nuevas tecnologías que sean eficientes para el tratamiento de estos contaminantes.

En nuestro país los principales agentes contaminantes identificados en el agua son: el aluminio, arsénico, cianuro, cobre, hierro, magnesio, manganeso, mercurio, plomo. Añadiendo a estos metales pesados el ácido sulfúrico y dióxido de azufre (R.M. N° R.M. N° 525-2005/MINSA).

La técnica a emplear en esta investigación es la biosorción, la cual resulta ser una de las tecnologías más prometedoras, no solo por ser una técnica económica, sino porque se trata de un proceso de corto tiempo que permite tratar grandes volúmenes de agua con concentraciones de metales pesados de forma eficaz.

El biosorbente a utilizar es El alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* el cual tiene un gran poder de remover metales y metaloides de efluentes. Se encuentra en gran abundancia en la costa de Ancash, Arequipa, Ica, La libertad, Lima y Piura.

La presente investigación consiste en tratar al alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* con cloruro de sodio para poder obtener su alginato y este poder ser usado como biosorbente de cobre en el agua, se analizara el pH, el tiempo de contacto y la dosis óptima para el que el proceso de biosorción sea eficiente.

1.1 Realidad Problemática

La minería en Perú ha sido uno de los principales impulsores de la economía y representa más del 50% de las exportaciones peruanas. Nuestro país se encuentra entre los principales productores de cobre, zinc, plomo, oro, estaño, plata molibdeno, entre otros y estos metales se encuentran en gran demanda en Canadá, China, Estados Unidos, Japón y la Unión Europea. (ZEGARRA, 2007 p12)

El Perú se encuentra dentro de los tres mayores productores de cobre a nivel mundial, siendo liderada por Chile y China, las principales empresas productoras de cobre en el Perú son Antamina (26% del total producido), Southern Copper Corporation (23% del total producido) y Cerro Verde (17% del total producido). (CORREA, 2008 p 96)

El agua es el recurso natural más amenazado y afectado por la minería y la actividad metalúrgica. Esto puede suceder directamente por el vertido en lagunas, ríos y ambientes costeros marinos que superan los límites máximos permitidos y establecidos por la normativa peruana e internacional, y de manera transversal, por la evacuación de polvo y los átomos que adsorben cationes metálicos. (DURUIBE, 2007 p113)

El Cobre es un metal de alto interés en la calidad del agua de consumo humano porque tiene un doble carácter, es esencial para el ser humano y produce tanto por deficiencia como por exceso, efectos perjudiciales en la salud cuando se encuentra a concentraciones mayores de 2mg/l lo cual genera la enfermedad llamado Wilson. (SANCHA, 2005, p.56)

El cobre en aguas superficiales es tóxico para las plantas acuáticas a concentraciones más bajas que 1mg/l y con frecuencia ha sido usado como la sal de sulfato para controlar el crecimiento de las algas en los estanques de abastecimiento de agua. (TORRES, 2007 p14)

Por ello, la EPA recomienda que no debe haber más de 1,3 ppm de cobre presentes en el agua ya que el ser humano puede incrementar los riesgos de salud. (DOZIER, 2006 p3)

En el Perú existen diversos estudios respecto a calidad de agua superficial por ejemplo en el 2012 se realizó un estudio en la cuenca del Rio Moche dando como resultado del análisis de la concentración de cobre en la cuenca alta 1.190 mg/L (HUARANGA, 2012 p 239). Sin embargo, otro estudio realizado en el Rio Mantaro dio como resultado del análisis de la concentración de cobre cuatro veces más de lo permitido. (MONTERO, 2013 p 3).

Existen varios métodos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento y la remoción de metales pesados presentes en soluciones acuosas, entre estas técnicas se encuentra la biosorción que ha comprobado ser una alternativa eficiente para tratar diferentes efluentes industriales con respecto a otros métodos fisicoquímicos (precipitación, intercambio iónico, separación por membranas, etc.).

En el proceso de biosorción se emplean materiales de origen biológico, tales como: las algas, los hongos, los caparzones de artrópodos, las bacterias, los residuos de vegetales etc. Los cuales se encuentran en gran cantidad y son sencillos para transformar a biosorbentes. (ILINA, 2009 p 202)

Por las razones expuestas, en el presente trabajo de investigación propone utilizar la técnica de biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas.

1.2 Trabajos previos

Para el presente trabajo de investigación se consideró diferentes artículos, tesis y revistas científicas que son las siguientes:

Rabanal, M (2006). En su trabajo de investigación “**Estudio de la biosorción de Co (II) por el alga marina *Macrocystis Pyrifera***”. El cual fue sustentado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos facultad de Química en Perú. El objetivo de este trabajo es estudiar el proceso de biosorción de Co (II) por el alga marina parda *Macrocystis pyrifera*, Es un estudio de Diseño experimental. El nivel de investigación es transversal. La metodología consiste en primero extraer el alga para ser secada a temperatura ambiente durante 48 horas. Pasado el tiempo de secado se trituro y tamizo hasta alcanzar tres tamaños de partícula 180µm y 250µm. La biomasa triturada y tamizada se le agrego una solución de 0,2M de

cloruro de calcio manteniendo una agitación de 110 rpm durante 24 horas, posteriormente se filtró y se realizó lavados continuos con agua destilada para eliminar el exceso de calcio y cloro para luego ser secada en la estufa durante 10 horas a una temperatura de 40° C. Los resultados obtenidos de este estudio experimental indican que los parámetros óptimos para el procedimiento de biosorción son: pH igual a 5, el tamaño de partícula menor a 180 μm y la cantidad de la biomasa es de 0,30 g. Además, del estudio de la cinética del proceso de biosorción se determinó que el tiempo óptimo es de 90 minutos. Utilizando la ecuación de Langmuir se adquiere la capacidad máxima de biosorción de 47,80 mg/g y la constante $b=0,0114$. Se concluye que el grado de hinchamiento de la biomasa pretratada es menor que el de la biomasa sin tratar, ya que al reticularla con calcio forma un gel de alginato de calcio, el cual es insoluble en agua.

Rivera, J (2012) en el artículo **Titulado “Bioadsorción del Cu (ii) por el alga marina pretratada *Grateloupia Doryophora (rhodophyta)*”**. El cual fue sustentado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos facultad de Química en Perú. El objetivo es investigar la bioadsorción de Cu (II) por el alga marina *Grateloupia doryophora* (Rhodophyta), es un diseño de tipo experimental. El nivel de investigación es longitudinal, la metodología de esta investigación fue dejar secar la biomasa a temperatura ambiente durante 48 horas, luego lavarlo con agua destilada y secarlo nuevamente a 40°C para poder triturarla y alcanzar tamaño de partícula de la mala 80 del tamizador, se le adiciono una solución de CaCl_2 durante 24 horas mediante agitación constante. La biomasa lista para la adsorción fue adicionada concentraciones de 200 a 800ppm de cloruro de cobre a pH constante usando una solución de NaOH, agitadas a 150 rpm por 48 horas, finalmente fueron filtradas y se midió el contenido de Cu (II) a través del espectrofotómetro. Como resultado se obtuvo que la máxima capacidad de adsorción de la biomasa pre-tratada se observó entre el pH 4 y su capacidad máxima de adsorción es de 0.399 mg/g. Se concluye que el alga marina pre tratada es un buen bioadsorbente de los iones Cu (II) s partir de soluciones diluidas.

Plaza, J (2012) en la tesis doctoral **Titulada “Remoción de metales pesados empleando algas marinas”**. El cual fue sustentado en la Universidad Nacional

de la Plata en facultad de Ciencias Exactas en Argentina. El objetivo fundamental es evaluar la posibilidad de uso de macroalgas marinas, *Macrocystis Pyrifera* y *Undaria Pinnatifida*, provenientes de la Patagonia Argentina para la remoción de mercurio, zinc, cadmio, cromo y níquel de soluciones acuosas, el diseño de investigación es experimental, el nivel de investigación es longitudinal, su metodología se basó en la extracción de alginato de las dos macroalgas, , luego de haber extraído el alginato se lleva al mortero para la extracción de las proteínas totales de las algas, para luego ser llevado al espectrofotómetro para ver el nivel de biosorción de metales pesados, los resultados obtenidos en este estudio nos demuestra que *U. Pinnatifida* tiene mayor cantidad de materia orgánica, alto contenido de alginato y proteínas y una mayor área superficial específica, lo que en principio indicaría que esta especie es un mejor biosorbente que *M. Pyrifera*, aunque esta exhibe una mayor capacidad de intercambio catiónico, otra propiedad importante a tener en cuenta en los biosorbentes, se concluye que a pesar de que ambas especies de algas pertenecen la misma familia, presentaron diferencias en cuanto a sus características físicas (estructura, morfología, porosidad) y químicas (contenido de alginato, proteínas, grupos funcionales), que influyen en sus propiedades como biosorbente.

Tapia, P., Santander, M., Pávez, O., Valderrama, L., Guzmán, D., & Romero, L. (2011) publicaron el artículo Titulado “**Biosorción de iones cobre con biomasa de algas y orujos deshidratados**”. El cual fue sustentado en la Universidad de Atacama en facultad de Metalurgia en Chile. El objetivo es el desempeño de las biomásas algas verdes y orujas en la biosorción de cobre desde soluciones acuosas, el diseño metodológico de esta investigación es experimental, la metodología fue con ensayos de biosorción en sistema batch, se realizó según a un pH inferior y superior a 6, se mezclaron las biomásas con el efluente sintético mediante agitación mecánica, luego se realizó un pre filtraron de la solución para retener el material grueso, la determinación de las concentraciones iniciales y residuales de cobre se realizó mediante espectrofotometría. Los resultados de los ensayos para la máxima eliminación de cobre usando orujos se consiguen en pH 8 mientras que en las algas el rango de pH es de 4 a 6, con eficacias de eliminación del 98 % y a medida que se incrementa la concentración de biomasa disminuye la capacidad de absorción.

Tapia, Nelson (2008), presento su investigación **Titulado, “Estudio de la biosorción de cobre Cu (II) por perlas de alginato de calcio”**. El cual fue sustentado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos facultad de Química en Perú. El objetivo de este trabajo es investigar la biosorción de Cu (II) a partir de soluciones diluidas mediante la utilización de las perlas alginato de calcio obtenidas a partir de un gel de alginato de sodio, el diseño metodológico de esta investigación es experimental, la metodología consiste en que los experimentos sobre el efecto del pH en el proceso de biosorción de Cu (II) por las perlas de alginato de calcio. Los resultados obtenidos mostraron que el rango óptimo de pH se encontraba entre 4.5-5.1, el estudio de la cinética de biosorción de Cu (II) por las perlas húmedas y secas de alginato de calcio, se determinó que el equilibrio se alcanzó más rápidamente con las perlas húmedas que con las perlas secas; pues las perlas húmedas se saturaron a las tres horas del inicio del proceso de biosorción y sólo lograron un porcentaje de remoción de Cu (II) del 18.03%, mientras que las perlas secas se saturaron a las veinticuatro horas del inicio del proceso de biosorción logrando un porcentaje de remoción de Cu(II) del 87.79%. Los resultados de los experimentos en batch se procesaron con la ayuda de las ecuaciones de Langmuir y Freundlich. La máxima capacidad de biosorción de Cu (II) de las perlas secas de alginato de calcio ($Q_{m\acute{a}x}$) fue de 80.645 mg/g.

Villanueva, Claudia (2007), presento la tesis Titulada **“Biosorción de cobre (ii) por biomasa pretatada de cáscara de Citrus Sinensis (naranja), Citrus Limonium (limón) y Opuntia Ficus (palmeta de nopal)”**. El cual fue sustentado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos facultad de Química en Perú. El objetivo es investigar la biosorción de Cu (II) por las biomásas pre tratadas de cáscara de Citrus Sinensis (naranja), Citrus Limonium, (limón) y Opuntia Ficus (palmeta de nopal)”, el diseño de esta investigación es experimental, la metodología de esta investigación consiste en tratar a las biomásas con cloruro de calcio, el cual le da una mayor estabilidad mecánica al material bioadsorbente. Los resultados de los experimentos sobre el efecto del pH en el proceso de biosorción de Cu (II) por los materiales biosorbentes mostraron que el rango óptimo de pH se encuentra entre 4,5 - 5,0. La máxima capacidad de biosorción de Cu (II) por las biomásas fueron: 36,1011 mg/g para la cáscara de Citrus Sinensis;

47,0436 mg/g para cáscara de Citrus Limonium y 44,2567 mg/g para el Opuntia Ficus.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Marco teórico

La biosorción en el presente es una alternativa para tratar diferentes efluentes industriales en relación a otros métodos fisicoquímicos como la precipitación, el intercambio iónico, la separación por membranas, etc. (TAPIA 2003 p39)

El término “biosorción” describe el fenómeno de adsorción pasiva de iones metálicos, demostrado en la propiedad que ciertas biomasas inactivas o muertas poseen para vincular y acumular contaminantes por distintos mecanismos como la complejación, adsorción física, intercambio iónico, etc. (TENORIO, 2006 p41)

La biosorción se describe como el proceso que consta de 2 fases. Una fase sólida (biosorbente) y una fase líquida (solvente, que es normalmente agua) la cual contiene una disolución de especies disueltas que serán biosorbidas (sorbato, esto son los iones metálicos). Debido a la gran afinidad que posee el sorbente por las especies de sorbato, él cual es atraído hacia el sólido y enlazado por sus distintos mecanismos. El proceso seguirá hasta que se establezca un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato enlazado al sólido. La afinidad que posee el biosorbente por el sorbato determina su distribución entre las fases líquida y sólida. La calidad del biosorbente está dada por la cantidad del sorbato que pueda atraer y retener en forma inmovilizada. (GARCIA, 2008 p27).

Los biosorbentes pueden clasificarse en sorbentes de bajo costo y alto costo. Los sorbentes de bajo costo son materiales recolectados directamente de la naturaleza y los sorbentes de alto costo son los materiales que son cultivados, preparados o sintetizados para ser usados especialmente en los procesos de biosorción (WANG 2006 p 429).

Los biosorbentes naturales usados en la técnica de biosorción se clasifican por su origen en dos tipos: En biomasa microbial los cuales pueden ser algas, bacterias, hongos y levaduras y en los residuos vegetales procedentes de procesos industriales o agrícolas. (PAGNANELLI, 2005 p157)

Las algas en su pared celular contienen varios grupos funcionales principalmente carboxílicos razón por la cual se utilizan como biosorbente de metales pesados. La biosorción de metales necesita de los grupos carboxílicos (protonación o deprotonación), es decir hay una dependencia de la adsorción con el pH. (VILLANUEVA, 2007 p26)

La eficiencia de las algas para adsorber cationes metálicos pesados se da por la presencia de grupos funcionales con elevada densidad electrónica: fucoidanos y alginatos. El principal responsable de la biosorción son los alginatos. (DAVIS, 2004 p183)

El alto contenido de alginatos en las algas marinas, las convierte en modelos ideales para identificar el mecanismo de biosorción en la eliminación de metales pesados de soluciones acuosas, especialmente para investigar las interacciones metal-alga a nivel molecular. (NAVARRO 2006 p 47)

En el Perú se cuenta con una biodiversidad de algas marinas pardas, del cual se destacan el alga *Macrocystis Pyrifera*, la cual llega a medir una longitud de 8 metros. Estas algas crecen principalmente en Ancash, Arequipa, Ica, La Libertad, Lima, Piura y Moquegua, a una temperatura entre 13 y 20° C, Las cuales alcanzan una profundidad aproximada de 20 a 30 metros. Tienen altas tasas de crecimiento y renovación anual, lo que las hace un recurso natural renovable de gran importancia. En la actualidad, varios países extraen el ácido algínico y sus derivados de amonio, calcio, sodio y potasio. (RABANAL, 2006. p25).

El componente principal de del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* es el alginato importante desde el punto de vista de la biosorción. (Plaza, 2012. p17)

Muchos factores y procesos influyen en la presencia de Cobre en aguas. Entre los factores importantes están dureza, la fuerza iónica, el pH del agua y el potencial redox. La reacción química del cobre en aguas, es muy compleja. Primeramente, se puede diferenciar entre fracción soluble e insoluble. La fracción insoluble incluye coloides de cobre inorgánico y cobre adsorbido en otros coloides o materias suspendidas. La fracción soluble es mucho más relevante con respecto a la fracción biodisponible y consiste en iones de cobre hidratado (fácilmente disponible) y una variedad de complejos orgánicos e inorgánicos. Las

concentraciones de cobre son dependientes del pH. Si el pH se encuentra superior a 7 se produce la precipitación de cobre formándose hidróxido o carbonato básico lo cual se vuelven insolubles. (Sancha, 2005. p45)

Se establece una concentración para el Cobre en aguas superficiales Categoría III destinadas al riego de vegetales 0,2 mg/L y en la categoría IV en aguas superficiales de ríos y lagunas 0,1 mg/L tomando como base de investigación los estándares de calidad de agua utilizados por el Ministerio del Ambiente para formular los estándares de Calidad Ambiental para agua. El método de Análisis es mediante la Espectrofotometría de Absorción Atómica

1.3.2 Marco conceptual

➤ Biosorción

Es una tecnología de remoción de metales y metaloides de efluentes por materiales biológicos. Grandes cantidades de metales pueden acumularse en los materiales biológicos a través de una amplia variedad de procesos dependientes o independientes del metabolismo. (VÈGLIO Y BEOLCHINI, 1997).

➤ Algas marinas

Las algas marinas son especies inocuas, con un contenido inorgánico rico en calcio, magnesio, sodio y potasio, los cuales son identificados en procesos celulares. Las algas pardas crecen en todas las regiones de aguas frías del mundo, preferentemente, en los hemisferios norte y sur, existiendo una gran variedad de especies, las cuales varían en tamaño, forma, así como en el porcentaje y calidad del alginato que proceden. Por lo tanto los biosorbentes hechos a partir de algas pueden ser fácilmente aceptados por el público cuando se apliquen biotecnológicamente. (CUIZANO, 2008 p 24)

➤ *Macrocystis Pyrifera*

Es un alga marina parda, que presenta una distribución geográfica bipolar localizándose principalmente a lo largo de las costas del Pacífico de América del Norte (México, norte de Baja California y Alaska) y del

Sur (Perú hasta Cabo de Hornos), Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda (PLANA, 2007 p.68)

➤ Alginato

El alginato es un polisacárido aniónico distribuido ampliamente en las paredes celulares de las algas marinas pardas. Estas sustancias corresponden a polímeros orgánicos derivados del ácido algínico. Su uso es muy variado. Existe una gran gama de empresas que utilizan esta sustancia como espesante para cremas, detergentes y una gran variedad de productos usados en las industrias químicas como textil, farmacéutica, cosmética, papelería, fotográfica, etc. Además, el alginato también es utilizado como un bioadsorbente en la remoción de iones de metales pesados de efluentes industriales, ya que tiene la capacidad de formar geles con los metales divalentes.

➤ Materia seca

La materia seca se refiere a la cantidad de biomasa menos el agua contenida en dicha muestra, en otras palabras, si una muestra se somete a un calor moderado para que de tal modo toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de biomasa.(GONZALES, 2015 p4)

➤ pH

Es un indicador que manifiesta si las propiedades del agua son ácidas o alcalinas. Se puede calcular en el mismo lugar o en el laboratorio por medio de herramientas electrónicas (SIERRA, 2011, p.59-60)

➤ Conductividad eléctrica

Se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución para conducir la corriente eléctrica. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad. Se mide en micromhos/cm o Siemens/cm. (SIERRA, 2011, p.60)

1.3.3 Marco legal

- LEY GENERAL DEL AMBIENTE (LEY N° 28611): Toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrada y adecuada para el pleno desarrollo de la vida

El estándar de calidad ambiental o llamado “ECA” se define como la concentración de alguna sustancia en cualquier cuerpo receptor que no sea riesgoso para la salud humana y el medio ambiente. (Art. 32)

El límite máximo permisible o llamado “LMP” se define como la concentración de alguna sustancia de un efluente o emisión que al pasar el límite es riesgoso para la salud humana y el medio ambiente. (Art. 32)

- LEY GENERAL DE AGUAS (DECRETO SUPREMO N° 17752): Indica la calidad del recurso hídrico para las aguas de abastecimiento domestico con tratamiento; aguas para riego de vegetales; aguas para zonas recreativas, pesca recreativa o comercial, y de preservación de la fauna acuática. (Decreto Supremo N° 17752)

- DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM El Peruano, (2017). Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo I

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

1.4 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es la eficiencia de la biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL - 2017?

Problemas específicos

¿De qué manera las características de la biomasa del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* influye en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017?

¿De qué manera las características del proceso de biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* influye en la reducción de cobre en soluciones acuosa nivel de laboratorio, SJL- 2017?

1.5 Justificación del estudio

La justificación de esta investigación tiene origen en el problema que originan las industria manufactureras, metalúrgicas, mineras, textiles, electroquímicas, entre otras al producir residuos que contienen metales pesados y estos afectan al medio ambiente debido al mal tratamiento o disposición final.

Es a partir de esto surge la necesidad de analizar y comprobar nuevos tratamientos y tecnologías para remediar cuerpos de agua que sean económicas, eficientes y que no generen residuos. La biosorción resulta ser una tecnología conveniente por que se utiliza biomasa muerta o inactiva para la adsorción de metales pesados, en esta investigación se utilizara la biomasa del alga *Macrocystis Pyrifera* que es un alga cuyo componente principal es el alginato, el cual es importante para la biosorción y este se encuentra en gran abundancia en la costa de, Ancash, Arequipa, Ica, La Libertad Lima, Moquegua y Piura el cual se deposita en las playas causando

un olor desagradable y un impacto visual negativo perjudicial para la actividad turística.

El desarrollo de esta investigación permitirá demostrar la eficiencia de la biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas

1.6 Hipótesis

Hipótesis general

La biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* es eficiente en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017

Hipótesis específica

Las características de la biomasa del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* reduce el cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017.

Las características del proceso de biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* reduce el cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017.

1.7 Objetivos

Objetivo general

Determinar la eficiencia de la biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017

Objetivos específicos

Evaluar las características de la biomasa del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017.

Analizar las características del proceso de biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, 2017.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

Experimental debido a que se realiza manipulación de las variables de estudio.

SAMPIERE indica que un estudio experimental es aquel que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestos causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (1996, p. 160.)

2.2 Variables, operacionalización

VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

Biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*

VARIABLE DEPENDIENTE

Reducción de cobre en soluciones acuosas

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Biosorción del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i>	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/Unidades
	La biosorción es un término que describe la eliminación de metales pesados por la unión pasiva a la biomasa a partir de soluciones acuosas; el mecanismo de remoción no está controlado por el metabolismo. (Sala,2010,p.114)	El alga marina parda <i>Macrocystis pyrifera</i> será primero fue extraído, luego se secó, se trituro hasta obtendrá el tamaño de la malla 80 del tamiz, seguidamente se trató la biomasa con cloruro de calcio para poder de esta manera poder realizar el proceso de biosorción y así obtener las características óptimas para el proceso de biosorción.	Características de la Biomasa	Materia seca	Kg
				Tamaño de partícula	µm
			Características del proceso de biosorción	Dosis	g
				pH	Unidad de pH
VARIABLE DEPENDIENTE					
Reducción de cobre en el soluciones acuosas	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/Unidades
	Los factores importantes que influyen en la presencia de Cobre en aguas son la conductividad, pH del agua, fuerza iónica y potencial redox. (Haring, 2007 p45)	Evaluación del grado de concentración de cobre antes y después del tratamiento se dio mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica	Características Físicoquímicas	Conductividad Eléctrica (C.E)	uS/cm
				pH	Unidad del pH
			Grado de concentración de cobre	Concentración de la soluciones de cobre inicial	mg/L
				Concentración de la soluciones de cobre final	mg/L

2.3 Población y muestra

Población:

- Se consideró todas las algas marinas pardas Macrocystis Pyrifera de las playas Acapulco, Los Pingüinos, Los Leones, La Lobera y El hambre ubicadas en el distrito de San Juan de Marcona en el departamento de Ica.

Unidad de análisis:

- Alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*.

Muestra:

- 4 Kilogramos de alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* extraídas del distrito de San Juan Marcona del departamento de Ica.

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

2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

TÉCNICA: Para este trabajo de investigación se empleó la técnica de observación, considerando las características del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* y el agua contaminada con cobre

INSTRUMENTO: Para este trabajo de investigación los instrumentos a utilizar fue la ficha de registro de campo (Anexo 2) y la ficha de observación, que se elaboró siguiendo el “PROTOCOLOGO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS” establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), para determinar la eficiencia del tratamiento de biosorción con el alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*. (Ver Anexo 3)

2.4.2 Localización de la toma de muestra

El muestra fue de manera no probabilístico ya que ha sido tomada de manera al azar en las playas Acapulco, Los Pingüinos, Los Leones, La Lobera y El hambre ubicadas en la costa del distrito de San Juan de Marcona ubicado en el departamento de Ica.

IMAGEN N°1



Fuente: Elaboración Propia

2.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento

Para el cumplimiento de los requisitos de validación de los instrumentos del presente trabajo, se trabajara con expertos de investigación, a quienes se les pedirá que evalúen por separado los ítems de la presente investigación. (Ver anexo 5)

DOCENTE	PROMEDIO DE VALIDACION
Dr. Delgado Arenas, Antonio	90%
Dr. Gamarra Chavarry, Luis	90%
Dr. Muñoz Ledesma, Sabino	80%
Dr. Tullume Chavesta, Milton	80%
Msc. Quijano Pacheco, Wilber	80%

Fuente: Elaboración Propia

2.5 Métodos de análisis del desarrollo del proyecto de tesis datos

2.5.1 Metodología aplicada al desarrollo del proyecto de tesis

- **PROCEDIMIENTO PARA LA EXTRACCIÓN DE LA BIOMASA.**

La muestra para el tratamiento se tomó de la costa del distrito de San Juan de Marcona en el departamento de Ica. Una vez tomada la muestra se puso a secar a temperatura ambiente durante 48 horas.

FIGURA N° 1

Extracción de la biomasa



FIGURA N° 2

Secado de la biomasa a temperatura ambiente

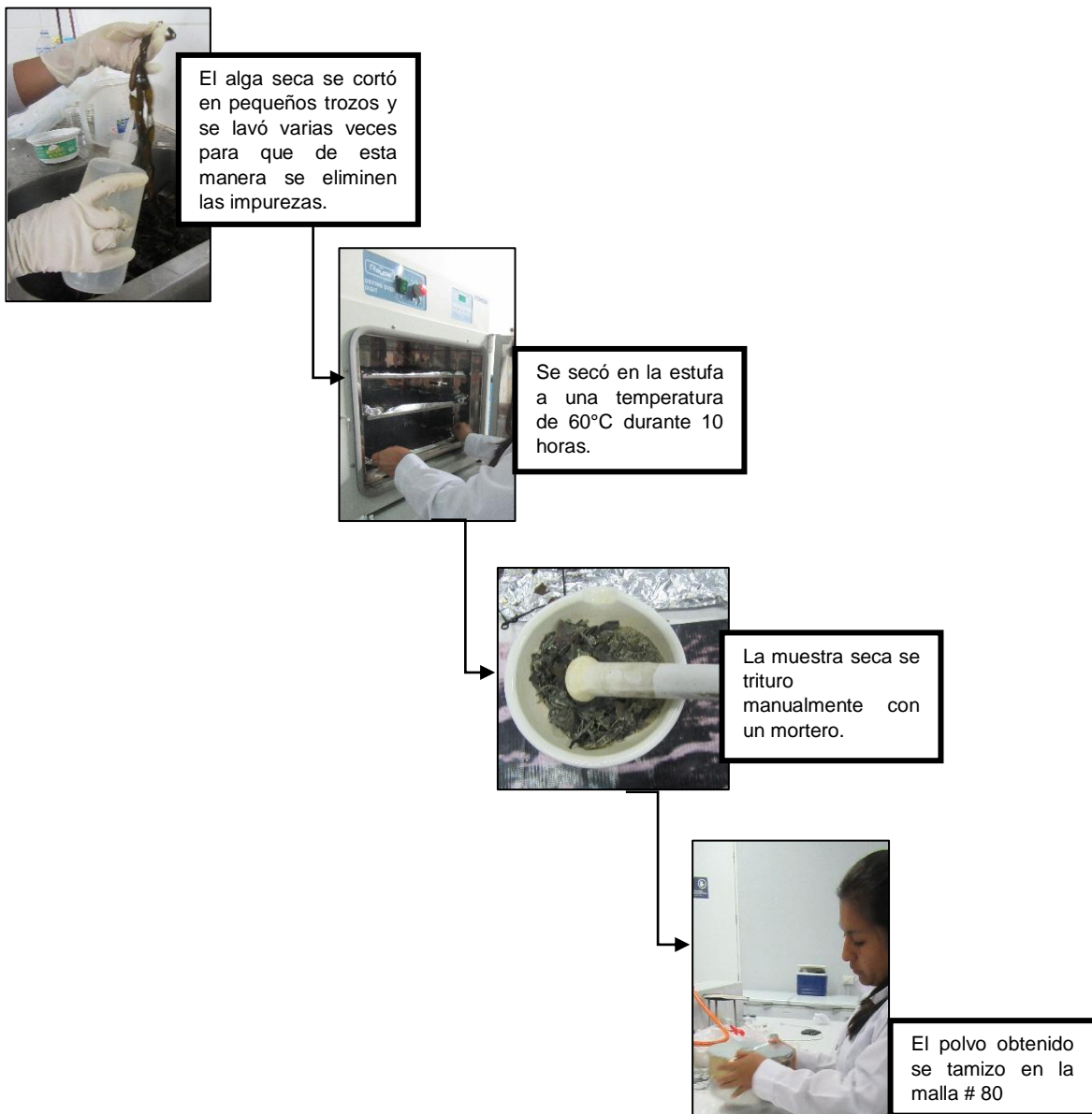


- PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE LA BIOMASA

El alga seca se cortó en pequeños trozos y se lavó varias veces con agua destilada para eliminar diferentes impurezas. Después de ello se volvió a secar en la estufa a una temperatura de 60°C durante 10 horas, se trituro manualmente utilizando un mortero y después el polvo obtenido se procedió a tamizar en la malla 80 (1800um).

FIGURA N° 3

Procedimiento para la obtención del tamaño de partículas de la biomasa



- PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DEL ALGA COMO BIOSORBENTE

En un vaso precipitado de se colocó 50 gramos de biomasa seca y tamizada en malla 80 y se agregó 500 ml de una solución 0.2M de Cloruro de calcio manteniendo una agitación constante a 150 rpm durante 24 horas. Luego se dejó reposar y se filtró haciendo lavados sucesivos con agua destilada para eliminar el exceso de cloro y calcio, después se secó en una estufa a una temperatura de 40 °C durante 10 horas.

FIGURA N° 4

Procedimiento para la preparación del alga como biosorbente



- PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DE LAS SOLUCIONES DE COBRE.

Se prepararon soluciones a partir de Sulfato de cobre (CuSO_4) del cual se determinó la cantidad necesaria para obtener una concentración de 1000mg/L de Cu a través del siguiente cálculo:

Peso molecular del compuesto CuSO_4 : 159,61 g/mol

Peso molecular de Cu: 63,546 g/mol

Desarrollo:

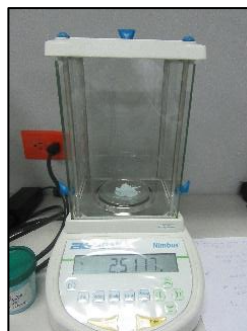
1mol CuSO_4 ----- 1mol Cu

159.61g ----- 63.546 g

X ----- 1g

X= 2.5117g de CuSO_4

Se calculó que para obtener una concentración aproximada de 1000 mg/L de Cu en las soluciones a tratar se debe utilizar una cantidad de 2.5117g de CuSO_4



Se pesó
2.517g de
sulfato de

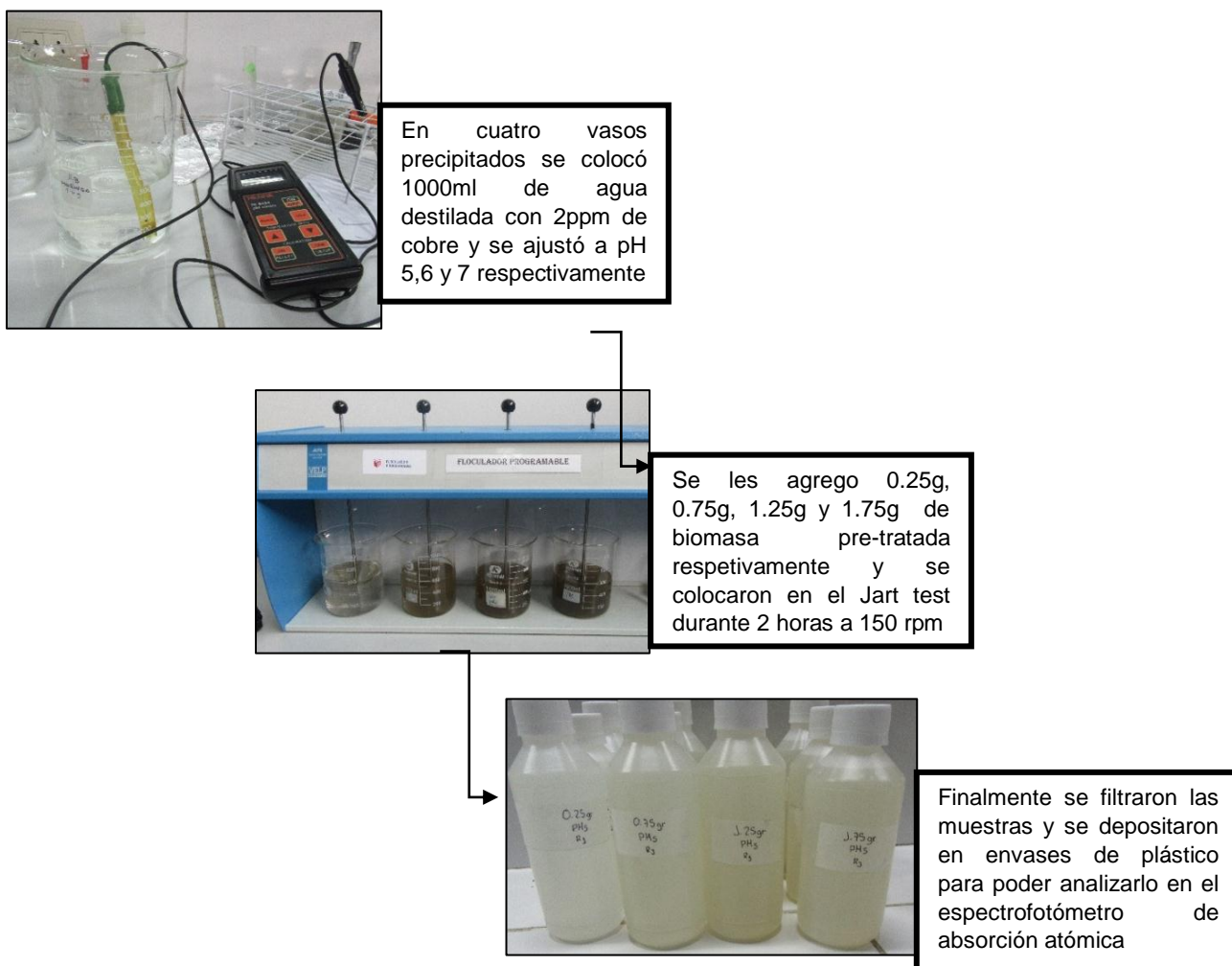


Concentración
aproximada de
1000 mg/L de
Cobre

- **PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA DOSIS ÓPTIMA EN pH 5,6 y 7**
Se preparó una solución de cobre a 1000 ppm. A partir de dicha solución se prepararon cuatro soluciones de cobre a 2 ppm. El pH de estas soluciones se ajustó a 5 a los cuales se les agregó 0.25g, 0.75g, 1.25g y 1.75g de biomasa pre-tratada respetivamente. Las mezclas obtenidas se colocaron en el Jart test 6 (JLT6) durante 2 horas a 150 rpm. Finalizando el proceso de biosorción, se filtraron y se depositaron en envases de plástico para poder ser llevadas analizar al equipo de espectrometría de Absorción atómica.

FIGURA N° 5

Procedimiento para obtener la dosis óptima tratada en pH 5, 6 y 7



2.5.2 Metodología del desarrollo de datos

El trabajo se programara de acuerdo al diseño completamente al azar, en el cual se tendrá cuatro tratamientos con tres repeticiones y una unidad experimental, se usara 4 kilogramos de alga para para tratar el agua experimental.

Para el procesamiento de los resultados obtenidos en los tratamientos se analizara e interpretara empleando el software estadístico Minitab, se realizara el Análisis de varianza (ANOVA) y para la prueba de contraste de medias Fisher.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de cobre del alga marina *Macrocystis Pyrifera*

Antes de utilizar el alga *Macrocystis Pyrifera* como biosorbente se realizó el análisis de cobre (Cu) en el laboratorio de la Universidad Agraria la Molina del alga marina *Macrocystis Pyrifera*

TABLA N° 01

DETERMINACIÓN DE COBRE EN EL ALGA MARINA *MACROCYSTIS PYRIFERA*

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD
Cu	0,1	mg/kg

En la Tabla N° 1, hace referencia al análisis de cobre en el alga marina parda *Macrocystis pyrifera*, se evidencia que el análisis de la cantidad de cobre analizado en el equipo de absorción atómica es de 0.1 mg/kg.

3.2 Características de la biomasa

Después de realizar el secado durante 48 horas a temperatura ambiente y ser lavado con agua destilada se obtuvo un peso de 3.62 kg del alga marina *Macrocystis Pyrifera* el cual fue colocado a la estufa a 60°C durante 10 horas, luego triturado y tamizado en la malla 80.

TABLA N° 02

DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA Y EL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA BIOMASA

Materia Seca	Tamaño de Partículas
Kg	µm
0.96 kg	< 180 µm

En la Tabla N° 2 se evidencia que de los 3.62 kg que se colocó en la estufa se tuvo como peso final de 0.96 kg, con respecto al tamaño de partícula estas son menores de 180µm.

3.3 Características físicas y grado de concentración de cobre inicial

Las muestras de agua para cada tratamiento son de 1000 ml de agua destilada y 2ml de la solución de cobre a 1000 ppm, al cual se le hizo el análisis de sus características físicas y químicas para saber su estado inicial.

TABLA N° 03

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CONCENTRACIÓN DE COBRE INICIAL DE LA MUESTRA DE AGUA

pH inicial	Conductividad Eléctrica μs/cm	Concentración de cobre inicial mg/l
6.41	27.9 μs/cm	1.97 mg/l

En la Tabla N° 3 se evidencia un pH inicial de 6.41 el cual se encuentra en el rango de pH ácido, la conductividad es de 27.9 μs/cm. Con respecto a la concentración de cobre este fue analizado en el espectrómetro de absorción atómica el cual nos indica que partiremos de una concentración inicial de 1.97 mg/l.

3.4 Resultados del proceso de biosorción en los distintos pH.

En los tratamientos se utilizó 4 vasos precipitados cada uno con 1000ml de agua contaminada con cobre ajustando a pH 5, 6 y 7 y aplicando cuatro dosis distintas de alga marina *Macrocystis pyrifera* pretratada, los tratamientos se realizaron en el equipo Jart test 6 y se realizó tres repeticiones para cada tratamiento midiendo finalmente su grado de concentración de cobre y sus características físicas medidas en el pH-metro y conductímetro en el laboratorio de calidad de la Universidad Cesar Vallejo.

- GRADO DE CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL TRATADAS EN pH 5

TABLA N° 04

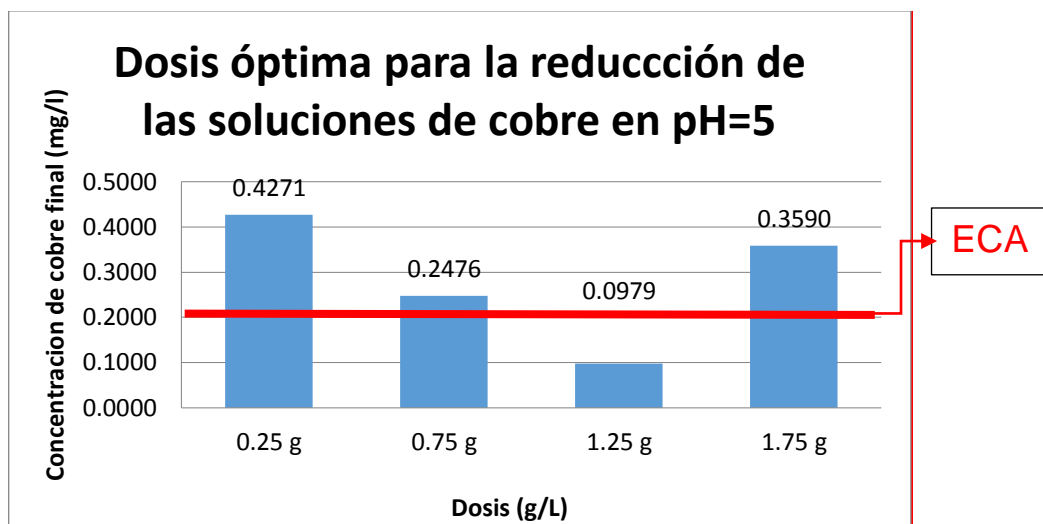
CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL EN LAS SOLUCIONES ACUOSAS TRATADAS EN PH 5

CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL mg/L				
DOSIS	0.25 g/L	0.75g/L	1.25 g/L	1.75g/L
R1	0.4227 ppm	0.2464 ppm	0.0836 ppm	0.3966 ppm
R2	0.4388 ppm	0.2628 ppm	0.1289 ppm	0.3338 ppm
R3	0.4201 ppm	0.2338 ppm	0.0812 ppm	0.3466 ppm
Promedio	0.4272 ppm	0.2477 ppm	0.0979 ppm	0.3590 ppm
Conductividad Eléctrica Final $\mu\text{m}/\text{cm}$	880 $\mu\text{m}/\text{cm}$	847.07 $\mu\text{m}/\text{cm}$	1049.33 $\mu\text{m}/\text{cm}$	1035.43 $\mu\text{m}/\text{cm}$
pH final	5.23	5.63	5.71	5.92

En el Tabla N° 4 se observa que la menor concentración de cobre se obtuvo en el tratamiento de la dosis de 1.25 g/L dando como resultado 0.0979 mg/L. La mayor concentración de cobre se obtuvo con el tratamiento de la dosis de 0.25 g/L siendo este 0.4271 mg/L. Sin embargo el pH final no varía mucho al pH inicial ya que se mantiene en el mismo rango, con respecto a la conductividad eléctrica podemos observar que a más dosis la conductividad eléctrica aumenta.

GRAFICO N° 01

DOSIS ÓPTIMA DEL ALGA MARINA *MACROCYSTIS PYRIFERA* EN pH 5



En el grafico N° 1 se observa que la dosis de 1.25 g/L es la que tiene menor concentración de cobre y se encuentra por debajo de los ECA para agua. Seguidamente por la dosis de 0.75 g/L, 0,25 g/L y finalmente la de 1.75 g/L los cuales se encuentran por encima de los ECA para agua. Para conocer si las medias de los tratamientos son iguales o diferentes se realizó el análisis de varianza a los 4 tratamientos (Tabla N° 5)

TABLA N° 05

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS EN pH 5

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0.186240	0.062080	116.17	0.000
Error	8	0.004275	0.000534		
Total	11	0.190515			

En la Tabla N° 5 el análisis de varianza nos indica que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), Para conocer cuál es la media de los tratamientos con diferencia se sometió con la prueba de contraste de Fisher (Tabla N° 6)

TABLA N° 06 COMPARACIONES EN PAREJAS DE FISHER

AGRUPAR INFORMACIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO LSD DE FISHER Y UNA CONFIANZA DE 95%

Factor	N	Media	Agrupación
0.25 g	4	0.42720	A
1.75 g	4	0.3590	B
0.75 g	4	0.24767	C
1.25 g	4	0.0979	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla N°6 se observa que los tratamientos al ser comparando con Fisher nos muestran que son altamente significativos, es decir todos los tratamientos son diferentes y el más eficiente es el de la dosis de 1.25 g/L.

- GRADO DE CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL TRATADAS EN pH 6

TABLA N° 07

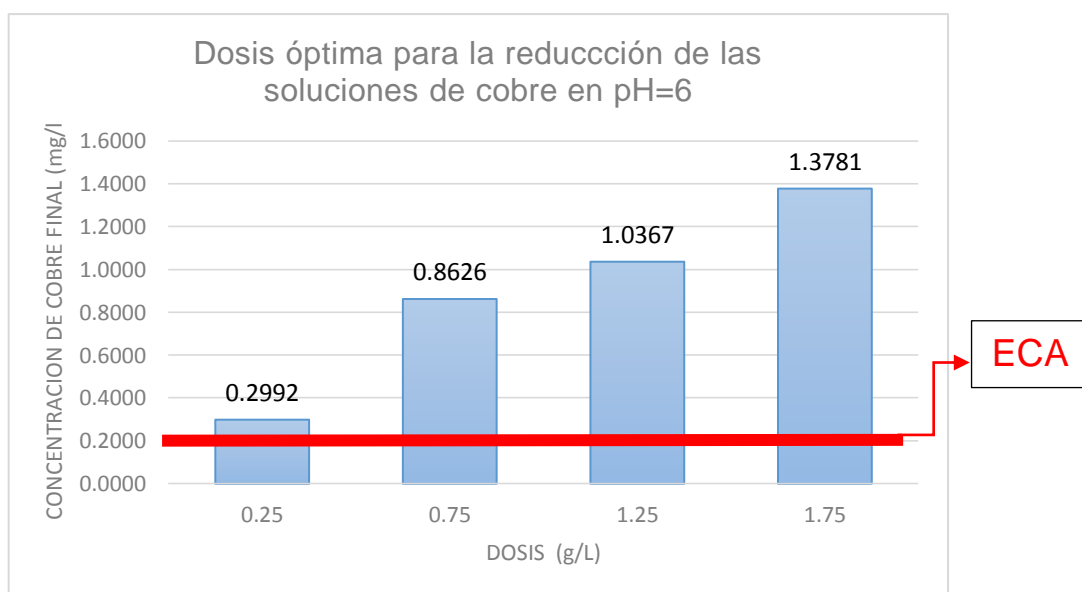
CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL EN LAS SOLUCIONES ACUOSAS TRATADAS EN pH 6

DOSIS	CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL mg/L			
	0.25 g/L	0.75g/L	1.25 g/L	1.75g/L
R1	0.3093 ppm	0.9640 ppm	1.0191 ppm	1.4362 ppm
R2	0.2501 ppm	0.8663 ppm	1.0548 ppm	1.2223 ppm
R3	0.3381 ppm	0.7575 ppm	1.0362 ppm	1.4756 ppm
Promedio	0.2992 ppm	0.8626 ppm	1.0367 ppm	1.3780 ppm
Conductividad Eléctrica Final $\mu\text{m}/\text{cm}$	114.5	176.13	259.6	370.43
pH final	6.26	6.52	6.61	6.92

En la Tabla N° 7 se observa que la menor concentración de cobre final se obtuvo en el tratamiento de la dosis de 0.25 g/L y es de 0.2992 mg/l; la mayor concentración de cobre se obtuvo con el tratamiento de la dosis de 1.75 g/L el cual es de 1.0380 mg/l. Sin embargo el pH final no varía mucho al pH inicial ya que se mantiene en el mismo rango, con respecto a la conductividad eléctrica podemos observar que la conductividad eléctrica aumenta conforme aumenta la dosis.

GRAFICO N° 02

DOSIS ÓPTIMA DEL ALGA MARINA *MACROCYSTIS PYRIFERA* EN pH 6



En el grafico N° 2 se observa que la menor concentración de cobre es con la dosis de 0.25 g/L, seguido de la dosis de 0.75 g/L, 1.25 g/L y finalmente la dosis de 1.75 g/L los cuales se encuentran por encima de los ECA. Para conocer si las medias de los tratamientos son iguales o diferentes se realizó el análisis de varianza a los 4 tratamientos (Tabla N°8)

TABLA N° 08**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS EN pH 6**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	1.82839	0.609464	77.20	0.000
Error	8	0.06316	0.007895		
Total	11	1.89155			

La Tabla N° 8 nos muestra el análisis de varianza el cual nos indica que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05). Para conocer cuál es la media de los tratamientos con diferencia se sometió con la prueba de contraste de Fisher (cuadro N°9)

TABLA N° 09. COMPARACIONES EN PAREJAS DE FISHER**AGRUPAR INFORMACIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO LSD DE FISHER Y UNA CONFIANZA DE 95%**

Factor	N	Media	Agrupación
1.75 g	3	1.3780	A
1.25 g	3	1.0367	B
0.75 g	3	0.8626	C
0.25 g	3	0.2992	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla N° 9 se observa que los tratamientos en pH 6 son altamente significativos es decir que todos los tratamientos de concentración final de cobre son diferentes.

- GRADO DE CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL TRATADAS EN pH = 7

TABLA N° 10

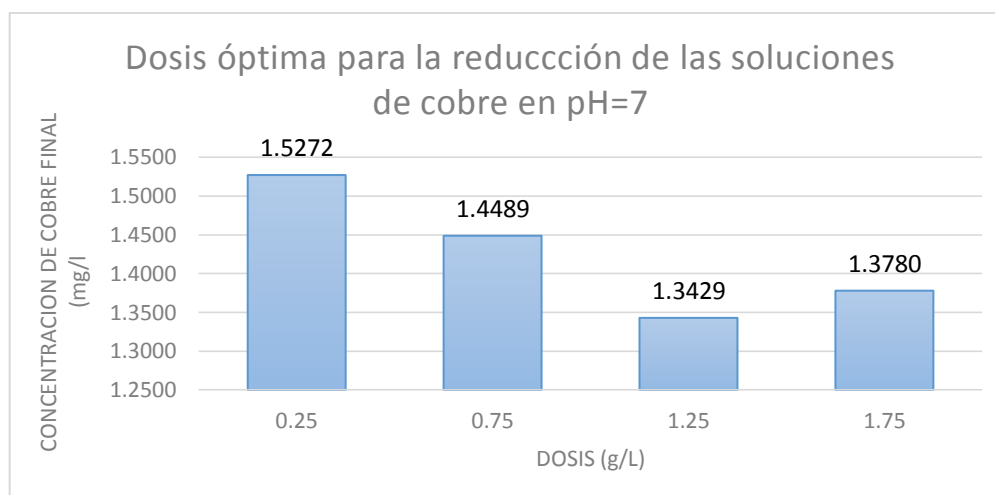
CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL EN LAS SOLUCIONES ACUOSAS TRATADAS EN pH 7

CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL mg/L				
DOSIS	0.25 g/L	0.75g/L	1.25 g/L	1.75g/L
R1	1.6118ppm	1.4056ppm	1.3261ppm	1.4362ppm
R2	1.4452ppm	1.3853ppm	1.3562ppm	1.2223ppm
R3	1.5245ppm	1.5558ppm	1.3464ppm	1.4756ppm
Promedio	1.5272ppm	1.4489ppm	1.3429ppm	1.3780 ppm
Conductividad Eléctrica Final µm/ cm	165.47 µm/ cm	293.67 µm/ cm	402.23 µm/ cm	587 µm/ cm
pH final	7.25	7.64	7.73	7.99

En la Tabla N° 10 se observa que la menor concentración de cobre final se obtuvo en el tratamiento de la dosis de 1.25 g/L el cual dio como resultado de 1.3429 mg/l; la mayor concentración de cobre se obtuvo con el tratamiento de la dosis de 0.25 g/L de alginato del alga marina *Macrocystis Pyrifera* y es de 1.5272 mg/l. Sin embargo el pH final no varía mucho al pH inicial ya que se mantiene en el mismo rango, con respecto a la conductividad eléctrica podemos observar que la conductividad eléctrica aumenta conforme aumenta la dosis.

GRAFICO N° 03

DOSIS ÓPTIMA DEL ALGA MARINA *MACROCYSTIS PYRIFERA* EN pH 7



En el grafico N° 3 se observa que la dosis de 1.25 g/L es la que ha disminuido más la concentración de cobre final, seguida por la dosis de 1.75 g/L, 0.75 g/L y finalmente la de 0.25 g/L. Sin embargo los valores obtenidos sobrepasan los ECA. Para conocer si las medias de los tratamientos son iguales o diferentes se realizó el análisis de varianza a los 4 tratamientos (Tabla N°11)

TABLA N° 11

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS EN pH 7

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0.05986	0.019953	2.32	0.152
Error	8	0.06886	0.008608		
Total	11	0.12872			

La Tabla N° 11 nos muestra el análisis de varianza el cual nos indica que el valor p es mayor al nivel de significancia (0.05), esto significa que este factor tiene un efecto estadísticamente no significativo es decir que al menos uno de los tratamientos son iguales.

3.5 TRATAMIENTO CON MENOR GRADO DE CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL EN SOLUCIONES ACUOSA EN RELACIÓN CON EL pH

TABLA N° 12

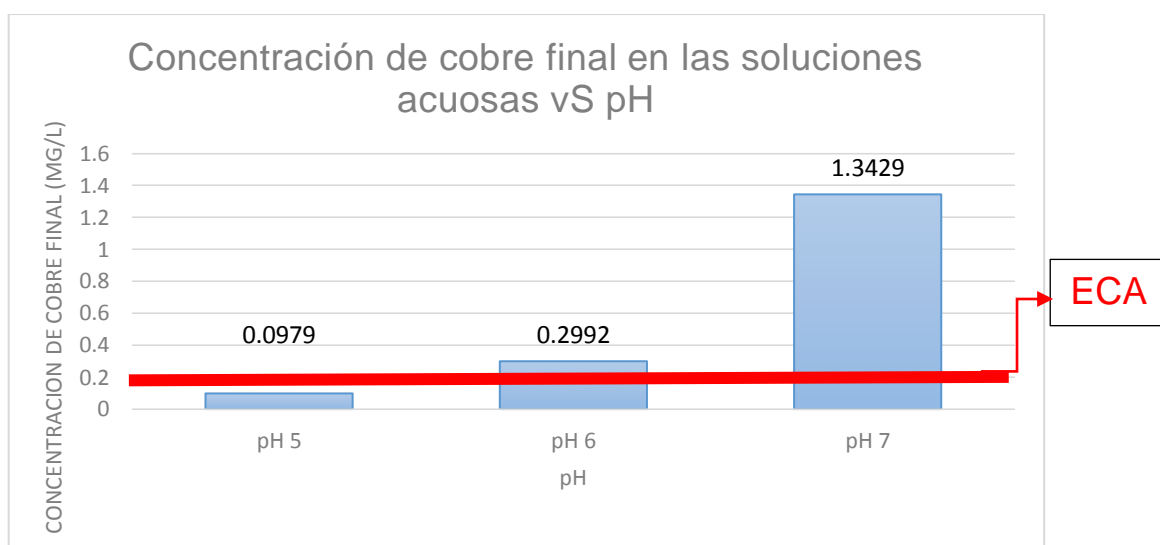
TRATAMIENTOS CON MENOR GRADO DE CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL EN RELACIÓN CON EL pH

CONCENTRACIÓN DE COBRE FINAL mg/L vs pH			
	pH 5	pH 6	pH 7
R ₁	0.0836 ppm	0.3093 ppm	1.3261 ppm
R ₂	0.1289 ppm	0.2501 ppm	1.3562 ppm
R ₃	0.0812 ppm	0.3381 ppm	1.3464 ppm
PROMEDIO	0.0979 ppm	0.2992 ppm	1.3429 ppm

En la Tabla N° 12 se observa que la menor concentración de cobre final se obtuvo en pH 5 con 0.0979 mg/L y la mayor concentración de cobre lo podemos observar en pH 7 con 1.3429 mg/L.

GRAFICO N° 4

DOSIS ÓPTIMA DEL ALGA MARINA *MACROCYSTIS PYRIFERA* EN pH 5,6 Y 7



En el grafico N° 4 podemos ver que la concentración de cobre en pH 5 es la menor y está por debajo de los ECA. Sin embargo las concentraciones de cobre en pH 6 y pH 7 están por encima de los ECA. Para conocer si las medias de los tratamientos son iguales o diferentes se realizó el análisis de varianza a los 3 tratamientos (Tabla N°13).

TABLA N° 13

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES EN pH 5, 6 Y 7

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2.67991	1.33996	1353.08	0.000
Error	6	0.00594	0.00099		
Total	8	2.68585			

La Tabla N°13 nos muestra el análisis de nos indica que el valor p es menor al nivel de significancia (0.05), Para conocer si la los tratamientos son diferentes se formuló con la prueba de contraste de Fisher (Tabla N°14)

TABLA N° 14. COMPARACIONES EN PAREJAS DE FISHER

AGRUPAR INFORMACIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO LSD DE FISHER Y UNA CONFIANZA DE 95%

Factor	N	Media	Agrupación
pH 7	3	1.34290	A
PH 6	3	0.2992	B
pH 5	3	0.0979	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla N° 14 se observa esto quiere decir que el factor los tratamientos son altamente significativo es decir que todos los tratamientos son diferentes. Siendo el pH 5 el que tiene menor grado de concentración de cobre 0.0979 mg/L.

IV. DISCUSIÓN

- En la presente investigación con respecto al a las soluciones en pH 5 el análisis de contraste de la prueba de Fisher nos dice que los tratamientos son altamente significantes el cual indica que existe diferencia entre la adsorción de cobre de las distintas dosis, dando como resultado que la dosis optima en este tratamiento es 1.25g el cual alcanza una concentración de cobre final de 0.0979 mg/L esto se debe que el Cu en pH 5 se encuentra solo como un ion Cu y es más fácil que fijen en los sitios activos de sorción del biopolímero (TAPIA, N 2007 p37) y el alga marina parda *Macrocystis pyrifera* tiene un alto contenido de polialginato la convierte en un modelo ideal para identificar el mecanismo de biosorción en la eliminación de este metal (NAVARRO, 2008 p183). Comparando con la investigación de Rivera, J (2012) titulado **Bioadsorción del Cu por el alga marina pre tratada Grateloupia Doryophora (rhodophyta)** indica que la dosis óptima para las alícuotas de 20 ml es de 0.25g y que la capacidad de adsorción depende fuertemente del pH y se obtiene mejores resultados en soluciones en pH ácido de 4.5 debido a la reacción de hidrólisis que se produce. Esta reacción conduce a la hidratación a los iones y posteriormente a su ionización dando lugar a la formación de iones hidronio H₃O lo cual significa que son disueltos inmediatamente por las moléculas de agua, De la misma manera Tapia, N (2008) ha determinado de los datos experimentales en el ESTUDIO DE LA BIOSORCIÓN DE COBRE CU (II) POR PERLAS DE ALGINATO DE CALCIO que el pH óptimo para la biosorción de Cu (II) por perlas de alginato se encuentra entre 4.5 y 5.1.
- Con respecto a los datos experimentales obtenidos en relación a pH 6 el análisis de contraste de la prueba de Fisher nos indica que los tratamientos son altamente significativos es decir todos los tratamientos son diferentes. La dosis óptima para este tratamiento es la de 0.25g el cual alcanza una concentración de 0.2992 mg/L. comparando con la investigación de Tapia, Santander y Romero (2011) en la investigación titulada **Biosorción de**

iones cobre con biomasa de algas y orujos deshidratados da como resultado del pH óptimo está en el rango de 4 y 6 a razón de que existe una dependencia de los metales pesados con el pH de la solución lo cual pueden formar iones complejos de carga negativa o positiva, o pueden estar como iones libres. Cuando se encuentran como iones libres, es más fácil que se unan a los centros de adsorción internos y externos del adsorbente.

- De acuerdo a los datos experimentales obtenidos en relación a pH 7 el análisis de varianza nos indica que los tratamientos no tienen significancia lo cual significa que estadísticamente los tratamientos son iguales sin embargo numéricamente sí existe diferencia. La dosis óptima en pH 7 es la dosis de 1.25 g el cual alcanza una concentración de cobre final de 1.34290 mg/L esto se debe a que si el pH se encuentra superiores a 7 se produce la precipitación de cobre formándose hidróxido o carbonato básico lo cual se vuelven insolubles (HARING, 1997 p45).
- Con respecto al análisis del pH inicial y pH final no se muestra mucha diferencia en cuanto al aumento que se da al final del proceso de biosorción ya que se encuentran en el mismo rango, sin embargo en el análisis de conductividad podemos observar que la mayor conductividad se encuentre en los tratamientos de uso mayor de dosis, esto se debe a que la conductividad aumenta cuando existe mayor de sales disueltas. (Sierra, 2011)
- Plaza, J (2012) en su investigación titulada REMOCIÓN DE METALES PESADOS EMPLEANDO ALGAS MARINAS indica que el alga marina *Macrocystis Pyrifera* es eficiente al biosorbente los metales pesados de cadmio, zinc, níquel y cromo, al comparar con lo estudiado en la presente investigación se puede deducir que el alga marina *Macrocystis Pyrifera* absorbe no solo absorbe esos metales sino que también absorbe cobre a un 95%. Plaza nos indica también que es necesario tratar el alga marina seca y triturada con la solución 0,2 M de CaCl₂ para que permita que los

polisacáridos que forman el alga se unan y formen mallas estructurales. Al formar las mallas dentro del material dan estabilidad mecánica a la biomasa y conduce a una drástica disminución de la solubilidad de los polisacáridos en agua, reduciendo el efecto de hinchazón y evitando la pérdida de alginato.

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que el alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* es eficiente en la biosorción de iones de cobre, logrando reducir el grado de concentración de cobre de 1.97 mg/L a 0.0979 mg/l con un porcentaje de reducción de 95.03% usando una dosis de 1.25g/L en pH 5 cumpliendo de esta manera con los estándares de calidad ambiental para agua superficiales para uso de riego.
- Los resultados obtenidos en relación a las características de la biomasa se demuestra que la biomasa del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* contiene en mayor parte material húmedo que seco debido a que se obtuvo menor cantidad de biomasa 0.65 kg después de que se secó en la estufa 3.62 kilos también podemos concluir que el tamaño de partículas menor a 180 μm es eficiente en este proceso de biosorción ya que se ha logrado disminuir la concentración de cobre.
- De los datos experimentales se deduce que las características del proceso de biosorción de acuerdo a la dosis óptima para los distintos tratamientos son: 1.25 g/L, para pH 5, 0.25 g/L para pH 6 y 1.25 g/L para pH 7 es 1.25 g/L. Se ha demostrado también que el pH donde la adsorción de cobre es mayor se encuentra en pH 5 debido a que el cobre en pH ácidos se encuentra solo como un ion de Cu y es más fácil que fijen en los sitios activos de sorción de la biomasa.
- De acuerdo al resultado final podemos decir que las concentraciones de cobre con la dosis óptima y pH óptimo bajaron significativamente, de una concentración inicial de 1.97 mg/l a una concentración final de 0.0949 mg/l.
- El porcentaje de eficiencia de remoción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* se determinó mediante ecuaciones simple encontrándose que tiene la capacidad alrededor del 95%.

- El resultado de pH, conductividad y el grado de concentración de cobre final en el agua al ser comparados con los estándares de calidad de aguas superficiales Categoría III destinadas al riego de vegetales están dentro de lo permitido.

VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere aplicar el tratamiento de biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera* en muestras obtenidas de efluentes externos como aguas de río o efluentes mineros para demostrar la efectividad o mejorar el proceso.
- Se recomienda replicar la investigación teniendo en cuenta otras condiciones como: distintos tamaño de partículas, concentraciones variadas del metal de cobre.
- Realizar un estudio del proceso de recuperación del metal absorbido por la biomasa durante el tratamiento con ácido clorhídrico y sulfato de calcio los cuales muestran buena eficacia en la eliminación de cobre al ser expuestas en un segundo ciclo de biosorción, lo cual indican que pueden ser regeneradas reutilizadas en un segundo ciclo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acosta, Ismael, Remoción de cromo (VI) en solución acuosa por la biomasa de la cáscara de tamarindo (*Tamarindus Indica*). biotecnología, 2010, vol. 15, no 3, p. 11-23.
2. Alarcón Morán, Santiago Miguel. Determinación de cobre y acidez en agua potable mediante espectrofotometría de absorción atómica y potenciometría, y su relación con el cobre libre en sistemas intradomiciliarios de agua potable en Lima metropolitana. 2014.
3. Boada Sánchez, Priscila Jacqueline. Estudio del proceso de biosorción de contaminantes en efluentes acuosos mediante cilantro (*Coriandrum Sativum*). 2015
4. Cañizares Villanueva, R. Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. revista latinoamericana de microbiología. 2000, 42, 131-143.
5. Correa, Daniel. La globalización del cobre: patrones geopolíticos y geoeconómicos de su producción y comercio en Latinoamérica y el mundo. gcg georgetown university-universia, 2008, vol. 2, no 1.07, p. 88-99.
6. Cuizano, Norma A.; Navarro, Abel E. Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. en anales de química. 2008.
7. Davis, Thomas A., et al. Cadmium biosorption by *Sargassum fluitans*: treatment, resilience and uptake relative to other *Sargassum* spp. and brown algae. Water quality research journal of Canada, 2004, vol. 39, no 3, p. 183-189.
8. Dozier, Monty C.; McFarland, Mark Lee; Lesikar, Bruce J. Problemas del agua potable: el cobre. cooperative de texas extensión, el sistema universitario Texas a & m, 2006
9. Duruibe, J. O., et al. HEAVY Metal pollution and human biotoxic effects. International journal of physical sciences, 2007, vol. 2, no 5, p. 112-118.

10. García Ríos, María. Biosorción de cadmio con raspo de uva. aproximación a la monitorización del proceso mediante sensores químicos. 2008.
11. Glave, Manuel; Kuramoto, Juana. Minería, minerales y desarrollo sustentable en Perú. International Institute for Environment and development, minería, minerales y desarrollo sustentable en américa del sur, 2002.
12. González Dávila Treviño, Rebeca, et al. Digestibilidad de materia seca In vitro y contenido energético de dietas adicionadas con igo y nupro. 2015.
13. Gutiérrez Moreno, Susana Mónica. Estudio de la bioadsorción de Cadmio Y Plomo con biomasa de *Serratia Marcescens* m8a-2t, a nivel de laboratorio. 2015.
14. Herrera, Silvia. Crean súper bacteria para limpiar aguas en córdoba, revista el tiempo, 2013
15. Huanambal, Tapia; Juvenal, Nelson. Estudio de la biosorción de Co (II) por el alga marina *Macrosystis Pyrifera*. 2013.
16. Huaranga Moreno, Félix, et al. Contaminación por metales pesados en la cuenca del río moche, 1980–2010, La Libertad–Perú. scientia agropecuaria, 2012, vol. 3, no 3, p. 220-247
17. Huguet Tapia, Rodolfo. Determinación cuantitativa de metales pesados en cinco especies vegetales en bolsas filtrantes para infusiones expandidas en Lima metropolitana-2013. 2014.
18. ILINÁ, Anna, et al. Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá. Revista internacional de contaminación ambiental, 2009, vol. 25, no 4, p. 201-216.
19. Lorenzetti, Yanina, et al. Biorremediación de suelos y aguas contaminadas con cobre. en VII congreso de medio ambiente. 2013.
20. Montero, Cayetano; Robertp, José. Cumplimiento de la normatividad ambiental por el sector minero metalúrgico y su impacto ambiental en el río Mantaro–región Junín. 2013.
21. Navarro, Abel E., et al. Propiedades ácido-básicas de *Lentinus Edodes* y cinética de biosorción de Cadmio (II). revista latinoamericana de recursos naturales, 2006, vol. 2, no 2, p. 47-54.
22. Orozco, Álvaro. Bioingeniería de aguas residuales. acodal, 2005.

23. Otiniano García, Milly, et al. biorremediación de Cromo VI de aguas residuales de curtiembres por *Pseudomonas Sp* y su efecto sobre el ciclo celular de *Allium Cepa*. Rev. méd. Vallejana, 2007, vol. 4, no 1, p. 32-42.
24. Pagnanelli, F., Mainelli, S., Angelis, S.D. Y Toro, L. Biosorption of protons and heavy metal onto olive pomace: modelling of competition effects. Water research, 39 (8), (2005), p. 1639-1651.
25. Pankit, Anand N.; Bhave, Sheila A. Copper metabolic defects and liver disease: environmental aspects. Journal of gastroenterology and hepatology, 2002, vol. 17, no s3, p. s403-s407.
ilina, anna, et al. biosorción de arsenic en materials derivations de passion fruit. Revisit international de contamination ambient, 2009, vol. 25, no 4, p. 201-216.
26. Plana, Jordi, Estudio poblacional de *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh (*Laminariales: Phaeophyta*) en ambientes protegido y expuesto al oleaje en Tierra del Fuego. Gayana (Concepción), 2007, vol. 71, no 1, p. 66-75.
27. Plaza Cazón, Josefina. Remoción de metales pesados empleando algas marinas. 2012. tesis doctoral. facultad de ciencias exactas.
28. Prieto Méndez, Judith, et al. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua, 2009, vol. 10, no 1, p. 29-44.
29. Rabanal Atalaya, Melissa. Estudio de la biosorción de Co (II) por el alga marina *Macrosystis Pырifera*. 2006.
30. Resolución Ministerial N° 425-2008/MINSA Establecer la Estrategia Sanitaria Nacional de Atención a Personas Afectadas por Contaminación con Metales Pesados y Otras Sustancias Químicas, cuyo órgano responsable es la Dirección General de Salud de las Personas. Junio de 2008.
31. Rivera, Jilver, et al. Bioadsorción del Cu (II) por el alga marina pretratada *Grateloupia Doryophora* (Rhodophyta). revista peruana de química e ingeniería química, 2002, vol. 5, no 1, p. 75-79.
32. Sala, Luis Federico, et al. Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho. en anales de química. 2010.

33. Sancha, Ana María; Lira, Leslie. Presencia de cobre en aguas de consumo humano: causas, efectos y soluciones. ingeniería sanitaria y ambiental, 2005, no 80, p. 56-9.
34. Sandoval, Gregory Mejía. Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos. ces medicina veterinaria y zootecnia, 2006, vol. 1, no 1, p. 77-99
35. Sampierl, Roberto Hernández; Collado, Carlos Fernández; Lucio, Pilar Baptista. Metodología de la investigación. edición mcgraw hill, 1996.
36. Sierra, Carlos. Calidad del agua. Bogotá. Editorial escuela colombiana de ingeniería. 2009. 484p.
37. Tapia, Nelson J., et al. Estudio de la biosorción de cobre Cu (II) por perlas de alginato de calcio. 2008 revista peruana de química e ingeniería química, 2003, vol. 6, no 2, p. 39-44.
38. Tapia, P., et al. Biosorción de iones cobre con biomasa de algas y orujos deshidratados. Revista de Metalurgia, 2011, vol. 47, no 1, p. 15-28.
39. Tenorio, G. Caracterización de la biosorción de cromo con hueso de aceituna. universidad de granada. departamento de ingeniería química. tesis doctoral (octubre 2006).
40. Torres, Guillermo. Estudio preliminar de la fitoremediación de cobre divalente mediante Pistia Stratioides (lechuga de agua). descargado. de http://cienciaescolar.net/proyectos/wpcontent/uploads/2009/09/art_14_torres_lechuga_agua.pdf el, 2007, vol. 15.
41. Vèglio, F, Beolchini, F. Removal of metals by biosorption: a review. Hydrometallurgy. 1997. 44, 301-316.
42. Villanueva Huerta, Claudia Cecilia. Biosorción de cobre (ii) por biomasa pretratada de cáscara de *Citrus Sinensis* (naranja), *Citrus Limonium* (limón) y *Opuntia Ficus* (palmeta de nopal). 2007
43. Wang, Jianlong; Chen, can. Biosorption of heavy metals by saccharomyces cerevisiae: a review. Biotechnology advances, 2006, vol. 24, no 5, p. 427-451.

44. Zegarra, Eduardo; Orihuela, José Carlos; Paredes, Maritza. Minería y economía de los hogares en la sierra peruana: impactos y espacios de conflicto. 2007

ANEXOS

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antrópico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	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 avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₂₉)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
III. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N (NO₂-N), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO₂).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{E_{\text{CA dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodichlorometano}}}{E_{\text{CA bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoformo}}}{E_{\text{CA bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares. Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

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

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

Nota 2:

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

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	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
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0,1	0,1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	(µS/cm)		2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0,2	0,5
Fenoles	mg/L		0,002	0,01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L		100	100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L		1 000	1 000
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L		5	5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L		0,1	0,2
Bario	mg/L		0,7	**
Berilio	mg/L		0,1	0,1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0,01	0,05
Cobre	mg/L		0,2	0,5
Cobalto	mg/L		0,05	1
Cromo Total	mg/L		0,1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio	mg/L		2,5	2,5
Magnesio	mg/L		**	250
Manganeso	mg/L		0,2	0,2
Mercurio	mg/L		0,001	0,01
Niquel	mg/L		0,2	1
Plomo	mg/L		0,05	0,05
Selenio	mg/L		0,02	0,05
Zinc	mg/L		2	24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L		0,04	0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L		35	35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L		0,004	0,7
Clordano	µg/L		0,006	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L		0,001	30
Dieldrin	µg/L		0,5	0,5
Endosulfán	µg/L		0,01	0,01
Endrin	µg/L		0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L		0,01	0,03
Lindano	µg/L		4	4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L		1	11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

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

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

ANEXO 02: Registro de datos de campo

Fuente: *Elaboración Propia*

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO										
					Formato:					
					Fecha:					
FICHA DE OBSERVACIÓN										
Datos del responsable					Datos del lugar de estudio					
Muestreado por:					Localidad:					
Teléfono					Distrito:					
E- mail					Provincia:					
					Departamento:					
Número de Muestra	Ubicación	Tipo de envase	Tipo de agua	Fecha	Hora	Cantidad de muestra		Temperatura	pH	Conductividad
						L		°C	Unid.	uS/cm
Observaciones:										

ANEXO 03: Ficha de observación

BIOSORCION DEL ALGA MARINA PARDA <i>Macrocystis pyrifera</i> EN LA REDUCCION DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, 2017										
							FORMATO			
							FICHA			
							FECHA			
Datos del responsable			Datos del Laboratorio							
Nombre y Apellido:					Nombre del laboratorio:					
Telefono:					Ubicación					
Correo:					Telefono:					
Fase	fecha y hora	Características de la biomasa		Características del proceso de biosorción		Características Físicas		Grado de concentración de cobre		
		Materia seca	Tamaño de partículas	pH	Dosis	pH	C.E	Concentración de las soluciones de cobre inicial	Concentración de las soluciones de cobre final	
Otras observaciones:										
Fuente: Elaboración Propia a partir del protocolo del ANA.										

ANEXO 04: Ficha de validación



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Delgado Arenas Antonio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de EAP Ingeniería Ambiental
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Químico
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 1.5. Título de la investigación: BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA *Macrocyctis pyrifera* EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, S.JL.- 2017
- 1.6. Autor del instrumento: QUIROZ VILCA, ANGGIE TATYANNA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%
4. Organización	Existe una organización lógica.					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90%

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características de la biomasa	Materia Seca	✓		
	Tamaño de partículas	✓		
Características del Proceso de biosorción	Dosis	✓		
	pH	✓		

Segunda variable: Aguas contaminadas por cobre

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características Físicas	Conductividad Eléctrica	✓		
	pH	✓		
Grado de concentración de cobre	Concentración de las soluciones de cobre inicial	✓		
	Concentración de las soluciones de cobre final	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: S.I.H. 08 de Julio del 2017


 Firma del experto informante.

DNI. N° 2671642 Teléfono N° 99106180

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: GAMARRA CHANARRY, Luis FELIPE
 1.2. Cargo e institución donde labora: SENAMHI - UCV
 1.3. Especialidad del validador: IMS - GEOGRAFO - ECONOMISTA
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA *Macrocystis pyrifera* EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, SJL- 2017
 1.6. Autor del instrumento: QUIROZ VILCA, ANGGIE TATYANNA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características de la biomasa	Materia Seca	✓		
	Tamaño de partículas	✓		
Características del Proceso de biosorción	Dosis	✓		
	pH	✓		

Segunda variable: Aguas contaminadas por cobre

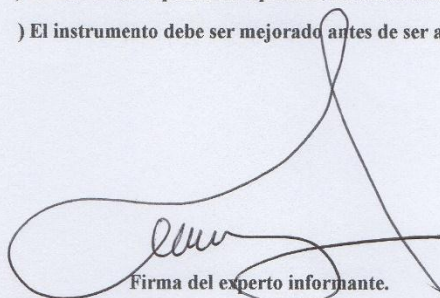
DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características Físicas	Conductividad Eléctrica	✓		
	pH	✓		
Grado de concentración de cobre	Concentración de las soluciones de cobre inicial	✓		
	Concentración de las soluciones de cobre final	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha:



Firma del experto informante.

DNI. N° 10228440 Teléfono N° 952872387

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Fabiano Quiroz Vilca
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc.
- 1.3. Especialidad del validador: Doc. LV.
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 1.5. Título de la investigación: BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA *Macrocystis pyrifera* EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, S.J.L.- 2017
- 1.6. Autor del instrumento: QUIROZ VILCA, ANGGIE TATYANNA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				90	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características de la biomasa	Materia Seca	✓		
	Tamaño de partículas			
Características del Proceso de biosorción	Dosis	✓		
	pH			

Segunda variable: Aguas contaminadas por cobre

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características Físicas	Conductividad Eléctrica	✓		
	pH			
Grado de concentración de cobre	Concentración de las soluciones de cobre inicial	✓		
	Concentración de las soluciones de cobre final			

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

11-07-17
Lugar y fecha:



Firma del experto informante.

DNI. N° 07700062 Teléfono N° _____

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Tullume Chavagta Milton Cesar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor del Ministerio Público
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Forestal
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 1.5. Título de la investigación: BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA *Macrocyctis pyrifera* EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, SJL- 2017
- 1.6. Autor del instrumento: QUIROZ VILCA, ANGGIE TATYANNA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características de la biomasa	Materia Seca	✓		
	Tamaño de partículas	✓		
Características del Proceso de biosorción	Dosis	✓		
	pH	✓		

Segunda variable: Aguas contaminadas por cobre

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características Físicas	Conductividad Eléctrica	✓		
	pH	✓		
Grado de concentración de cobre	Concentración de las soluciones de cobre inicial	✓		
	Concentración de las soluciones de cobre final	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: SSL, 08 de julio 2017

Firma del experto informante.

DNI. N° 07462588 Teléfono N° 966255494

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: QUIROZ PACASEO, WILKA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UCV
- 1.3. Especialidad del validador: Recursos Naturales.
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 1.5. Título de la investigación: BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA *Macrocytis pyrifera* EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, SJL- 2017
- 1.6. Autor del instrumento: QUIROZ VILCA, ANGGIE TATYANNA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: Biosorción del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*

DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características de la biomasa	Materia Seca	/		
	Tamaño de partículas	/		
Características del Proceso de biosorción	Dosis	/		
	pH	/		

Segunda variable: Aguas contaminadas por cobre

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Características Físicas	Conductividad Eléctrica	/		
	pH	/		
Grado de concentración de cobre	Concentración de las soluciones de cobre inicial	/		
	Concentración de las soluciones de cobre final	/		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: SJL, 08 de Julio 2017

Firma del experto informante.

DNI. N° 06082000 Teléfono N° 966648428

ANEXO 05: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERALIZACION DE VARIABLES								
			VARIABLE INDEPENDIENTE			VARIABLE DEPENDIENTE					
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Biosorción del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i>	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/Unidades			
¿CUAL ES LA EFICIENCIA DE LA BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA <i>MACROCYSTIS PYRIFERA</i> EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, SJL - 2017?	EVALUAR LA EFICIENCIA DE LA BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA <i>MACROCYSTIS PYRIFERA</i> EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, SJL- 2017	LA BIOSORCIÓN DEL ALGA MARINA PARDA <i>MACROCYSTIS PYRIFERA</i> ES EFICIENTE EN LA REDUCCIÓN DE COBRE EN SOLUCIONES ACUOSAS A NIVEL DE LABORATORIO, SJL - 2017.		Biosorción del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i>	La biosorción es un término que describe la eliminación de metales pesados por la unión pasiva a la biomasa a partir de soluciones acuosas; el mecanismo de remoción no está controlado por el metabolismo. (Sala,2010,p.114)	El alga marina parda <i>Macrocystis pyrifera</i> será primero fue extraído, luego se secó, se trituro hasta obtendrá el tamaño de la malla 80 del tamiz, seguidamente se trató la biomasa con cloruro de calcio para poder de esta manera poder realizar el proceso de biosorción y así obtener las características óptimas para el proceso de biosorción.	Características de la Biomasa	Materia seca	Kg		
								Tamaño de partícula	µm		
							Características del proceso de biosorción	Dosis	g		
			pH					Unidad de pH			
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Reducción de cobre en soluciones acuosas	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/Unidades			
¿De qué manera las características de la biomasa del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i> influye en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017?	Determinar las características de la biomasa del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i> en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017.	Las características de la biomasa del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i> reduce el cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017.		Reducción de cobre en soluciones acuosas	Los factores importantes que influyen en la presencia de Cobre en aguas son la conductividad, pH del agua, fuerza iónica y potencial redox. (Haring, 2007 p45	Evaluación del grado de concentración de cobre antes y después del tratamiento se dio mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica	Características Físicas	Conductividad Eléctrica (C.E)	uS/cm		
								pH	Unidad del pH		
¿De qué manera las características del proceso de biosorción del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i> influye en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017?	Determinar las características del proceso de biosorción del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i> en la reducción de cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017	Las características del proceso de biosorción del alga marina parda <i>Macrocystis Pyrifera</i> reduce el cobre en soluciones acuosas a nivel de laboratorio, SJL- 2017.					Reducción de cobre en soluciones acuosas	Los factores importantes que influyen en la presencia de Cobre en aguas son la conductividad, pH del agua, fuerza iónica y potencial redox. (Haring, 2007 p45	Evaluación del grado de concentración de cobre antes y después del tratamiento se dio mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica	Grado de concentración de cobre	Concentración de las soluciones de cobre inicial
			Concentración de las soluciones de cobre final								mg/l

ANEXO 06: Análisis estadístico

ANEXO 07: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 5

DOSIS	0.25 g	0.75 g	1.25 g	1.75 g
R1	0.4227 ppm	0.2464 ppm	0.0836 ppm	0.3966 ppm
R2	0.4388 ppm	0.2628 ppm	0.1289 ppm	0.3338 ppm
R3	0.4201 ppm	0.2338 ppm	0.0812 ppm	0.3466 ppm

Estadísticos descriptivos: 0.25 g, 0.75 g, 1.25 g, 1.75 g Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1
0.25 g	3	0	0.42720	0.00585	0.01013	0.00010	2.37	0.42010	0.42010
0.75 g	3	0	0.24767	0.00840	0.01454	0.00021	5.87	0.23380	0.23380
1.25 g	3	0	0.0979	0.0155	0.0269	0.0007	27.45	0.0812	0.0812
1.75 g	3	0	0.3590	0.0192	0.0332	0.0011	9.24	0.3338	0.3338
Variable	Mediana	Q3	Máximo						
0.25 g	0.42270	0.43880	0.43880						
0.75 g	0.24640	0.26280	0.26280						
1.25 g	0.0836	0.1289	0.1289						
1.75 g	0.3466	0.3966	0.3966						

ANOVA de un solo factor: 0.25 g, 0.75 g, 1.25 g, 1.75 g Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	0.25 g, 0.75 g, 1.25 g, 1.75 g

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0.186240	0.062080	116.17	0.000
Error	8	0.004275	0.000534		
Total	11	0.190515			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0231167	97.76%	96.91%	94.95%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0.25 g	3	0.42720	0.01013	(0.39642, 0.45798)
0.75 g	3	0.24767	0.01454	(0.21689, 0.27844)
1.25 g	3	0.0979	0.0269	(0.0671, 0.1287)
1.75 g	3	0.3590	0.0332	(0.3282, 0.3898)

Desv.Est. agrupada = 0.0231167

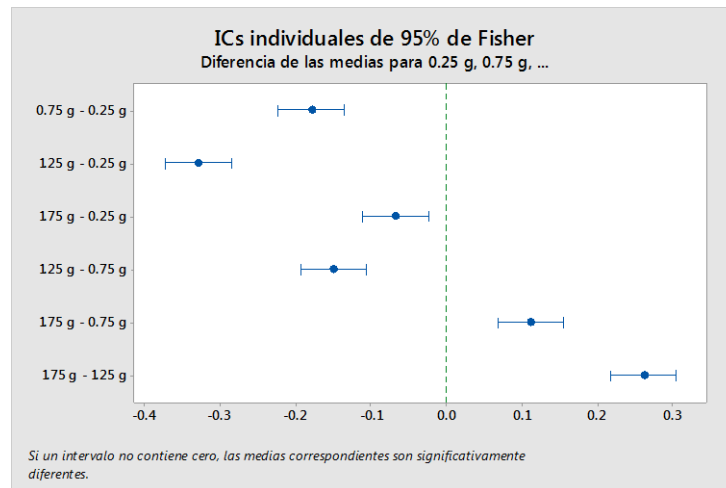
Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

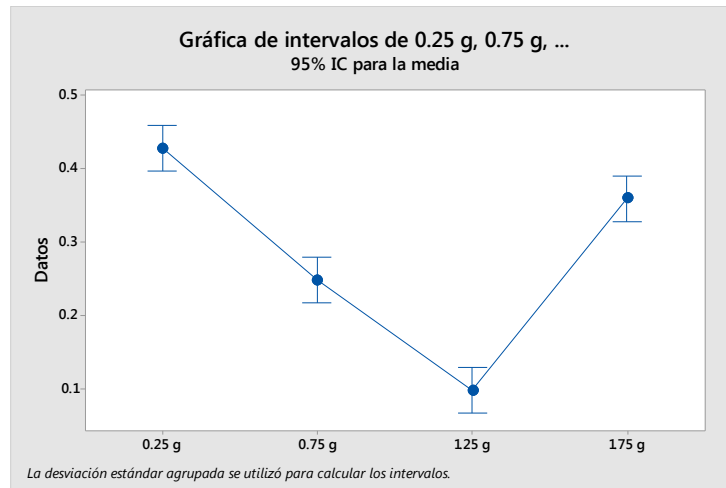
Factor	N	Media	Agrupación
0.25 g	3	0.42720	A
1.75 g	3	0.3590	B
0.75 g	3	0.24767	C
1.25 g	3	0.0979	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

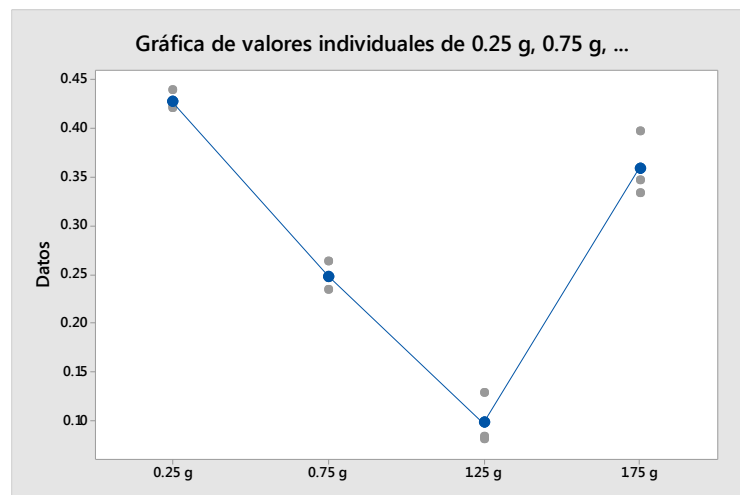
ICs individuales de 95% de Fisher



Gráfica de intervalos de 0.25 g, 0.75 g, ...



Gráfica de valores individuales de 0.25 g, 0.75 g, ...



ANEXO 08: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 6

DOSIS	0.25 g	0.75 g	1.25 g	1.75 g
R1	0.3093 ppm	0.9640 ppm	1.0191 ppm	1.4362 ppm
R2	0.2501 ppm	0.8663p pm	1.0548 ppm	1.2223 ppm
R3	0.3381 ppm	0.7575 ppm	1.0362 ppm	1.4756 ppm

Estadísticos descriptivos: 0.25 g, 0.75 g, 1.25 g, 1.75 g Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
0.25 g	3	0	0.2992	0.0259	0.0449	0.0020	15.00	0.2501	0.2501	0.3093
0.75 g	3	0	0.8626	0.0596	0.1033	0.0107	11.98	0.7575	0.7575	0.8663
1.25 g	3	0	1.0367	0.0103	0.0179	0.0003	1.72	1.0191	1.0191	1.0362
1.75 g	3	0	1.3780	0.0787	0.1363	0.0186	9.89	1.2223	1.2223	1.4362
Variable	Q3	Máximo								
0.25 g	0.3381	0.3381								
0.75 g	0.9640	0.9640								
1.25 g	1.0548	1.0548								
1.75 g	1.4756	1.4756								

ANOVA de un solo factor: 0.25 g, 0.75 g, 1.25 g, 1.75 g

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	0.25 g, 0.75 g, 1.25 g, 1.75 g

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	1.82839	0.609464	77.20	0.000
Error	8	0.06316	0.007895		
Total	11	1.89155			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0888544	96.66%	95.41%	92.49%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0.25 g	3	0.2992	0.0449	(0.1809, 0.4175)
0.75 g	3	0.8626	0.1033	(0.7443, 0.9809)
1.25 g	3	1.0367	0.0179	(0.9184, 1.1550)
1.75 g	3	1.3780	0.1363	(1.2597, 1.4963)

Desv.Est. agrupada = 0.0888544

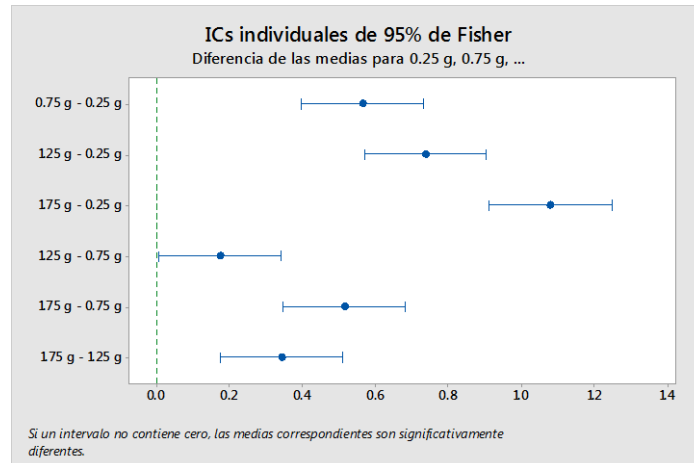
Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

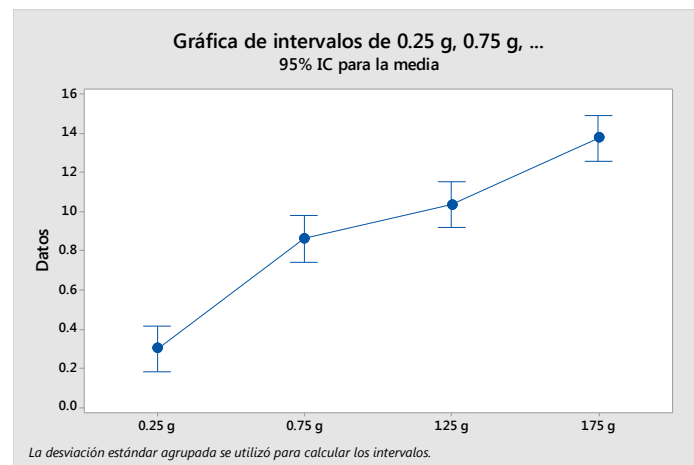
Factor	N	Media	Agrupación
1.75 g	3	1.3780	A
1.25 g	3	1.0367	B
0.75 g	3	0.8626	C
0.25 g	3	0.2992	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

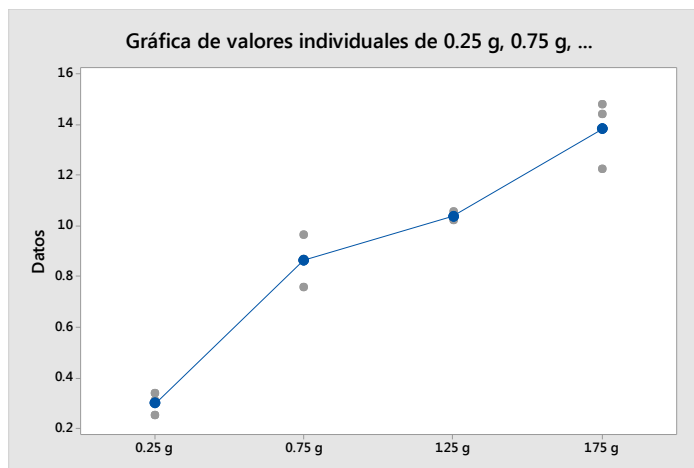
ICs individuales de 95% de Fisher



Gráfica de intervalos de 0.25 g, 0.75 g, ...



Gráfica de valores individuales de 0.25 g, 0.75 g, ...



ANEXO 09: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 7

DOSIS	0.25 g	0.75 g	1.25 g	1.75 g
R1	1.6118 ppm	1.4056 ppm	1.3261 ppm	1.4362 ppm
R2	1.4452 ppm	1.3853 ppm	1.3562 ppm	1.2223 ppm
R3	1.5245 ppm	1.5558 ppm	1.3464 ppm	1.4756 ppm

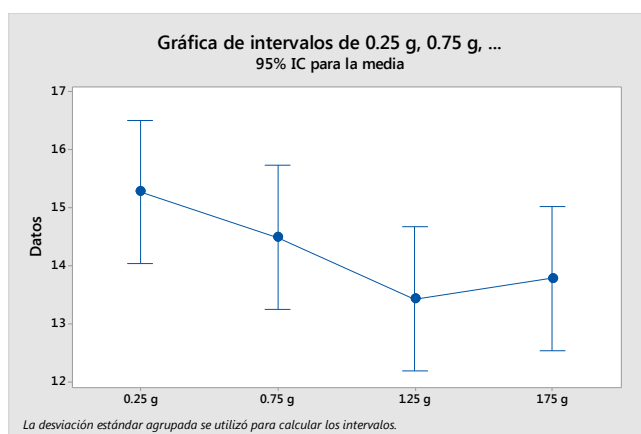
Estadísticos descriptivos: 0.25 g, 0.75 g, 1.25 g, 1.75 g

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
0.25 g	3	0	1.5272	0.0481	0.0833	0.0069	5.46	1.4452	1.4452	1.5245
0.75 g	3	0	1.4489	0.0538	0.0931	0.0087	6.43	1.3853	1.3853	1.4056
1.25 g	3	0	1.3429	0.00886	0.0154	0.00024	1.14	1.3261	1.3261	1.3464
1.75 g	3	0	1.3780	0.0787	0.1363	0.0186	9.89	1.2223	1.2223	1.4362

Variable	Q3	Máximo
0.25 g	1.6118	1.6118
0.75 g	1.5558	1.5558
1.25 g	1.3562	1.3562

Gráfica de intervalos de 0.25 g, 0.75 g, ...



ANEXO 10: ANOVA y prueba de contraste FISHER - pH 5, pH 6, pH 7

pH	pH5	pH6	pH7
R1	0.0836 ppm	0.3093 ppm	1.3261 ppm
R2	0.1289 ppm	0.2501 ppm	1.3562 ppm
R3	0.0812 ppm	0.3381 ppm	1.3464 ppm

Concentración de cobre vS pH

Estadísticos descriptivos: pH 5, PH 6, pH 7

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana
pH 5	3	0	0.0979	0.0155	0.0269	0.0007	27.45	0.0812	0.0812	0.0836
PH 6	3	0	0.2992	0.0259	0.0449	0.0020	15.00	0.2501	0.2501	0.3093
pH 7	3	0	1.3429	0.00886	0.0154	0.00024	1.14	1.3261	1.3261	1.3464

Variable	Q3	Máximo
pH 5	0.1289	0.1289
PH 6	0.3381	0.3381
pH 7	1.3562	1.3562

ANOVA de un solo factor: pH 5, PH 6, pH 7

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	pH 5, PH 6, pH 7

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2.67991	1.33996	1353.08	0.000
Error	6	0.00594	0.00099		
Total	8	2.68585			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0314690	99.78%	99.71%	99.50%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
pH 5	3	0.0979	0.0269	(0.0534, 0.1424)
PH 6	3	0.2992	0.0449	(0.2547, 0.3436)
pH 7	3	1.34290	0.01535	(1.29844, 1.38736)

Desv.Est. agrupada = 0.0314690

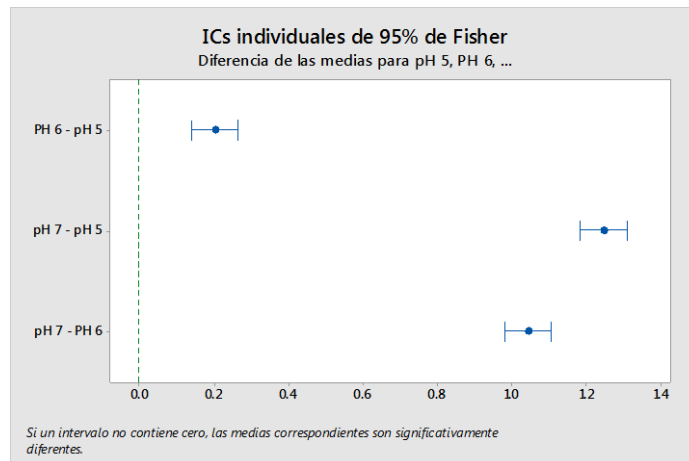
Comparaciones en parejas de Fisher

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

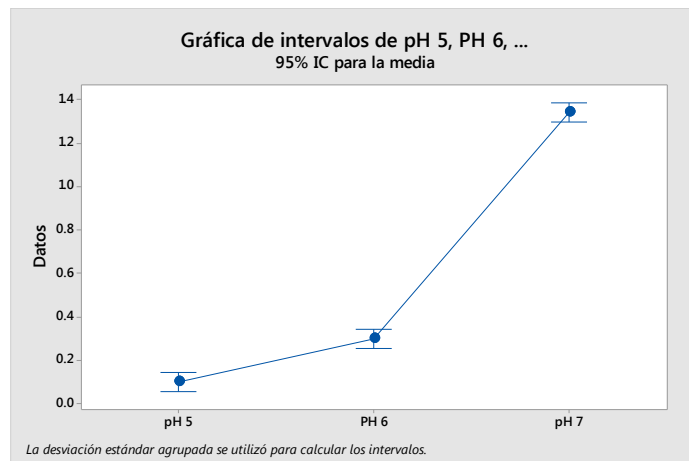
Factor	N	Media	Agrupación
pH 7	3	1.34290	A
PH 6	3	0.2992	B
pH 5	3	0.0979	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

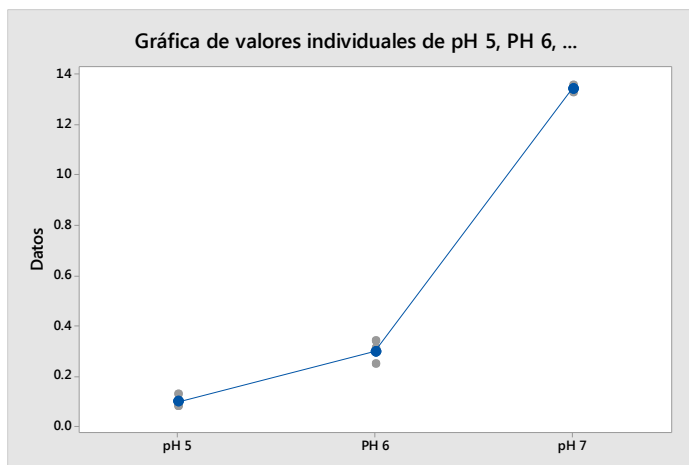
ICs individuales de 95% de Fisher



Gráfica de intervalos de pH 5, PH 6, ...



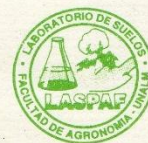
Gráfica de valores individuales de pH 5, PH 6, ...



ANEXO 11: Análisis del alga marina parda *Macrocystis Pyrifera*



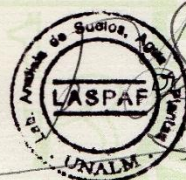
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANGGIE TATYANNA QUIROZ VILCA
PROCEDENCIA : ICA/ NASCA/ SAN JUAN DE MARCONA
MUESTRA : ALGA MARINA PARDA
REFERENCIA : H.R. 58442
BOLETA : 277
FECHA : 18/05/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Cu ppm
3030		0.1



Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

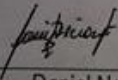
Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 12: Ensayos de laboratorio

ENSAYO N° 001-AQV-2017
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: Agua contaminada
Identificación de la muestra: Agua con cobre
Descripción de la muestra: Muestra inicial
Muestra tomada por: Anggie Tatyanna Quiroz Vilca
Fecha de ingreso de muestra: 12/06/2017
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental -UCV
Fecha de realización de ensayos: 05/06/1017 – 20/06/2017

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
			Muestra inicial
Potencial de hidrógeno (pH)	Numérico	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B	6.41
Conductividad eléctrica	µS/cm	APHA-AWWA-WEF (2005) método 2510 B	27.9



Daniel Neciosup Gonzales
ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD
AMBIENTAL

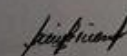


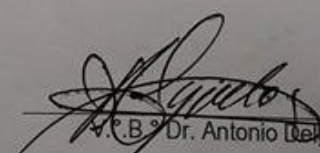
V. B. Dr. Antonio Delgado Arenas

ENSAYO N° 002-AQV-2017
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: Agua contaminada
Identificación de la muestra: Agua con cobre
Descripción de la muestra: Muestra inicial
Muestra tomada por: Anggie Tatyanna Quiroz Vilca
Fecha de ingreso de muestra: 12/06/2017
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental -UCV
Fecha de realización de ensayos: 05/06/1017 – 20/06/2017

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO			
			Muestras pH 5			
			0.25 g	0.75g	1.25g	1.75g
Potencial de hidrógeno (pH)	Numérico	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB	5.23	5.63	5.71	5.92
Conductividad eléctrica	µS/cm	APHA-AWWA-WEF (2005) método 2510 B	880 µS/cm	847.07 µS/cm	1049.33 µS/cm	1035.43 µS/cm

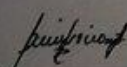

 Daniel Neciosup Gonzales
 ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL


 V. B. Dr. Antonio Delgado Arenas

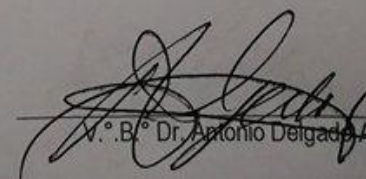
ENSAYO N°003-AQV-2017
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
 Tipo de muestra: Agua contaminada
 Identificación de la muestra: Agua con cobre
 Descripción de la muestra: Muestra inicial
 Muestra tomada por: Anggie Tatyanna Quiroz Vilca
 Fecha de ingreso de muestra: 12/06/2017
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental –UCV
 Fecha de realización de ensayos: 05/06/1017 – 20/06/2017

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO			
			Muestras pH 6			
			0.25 g	0.75g	1.25g	1.75g
Potencial de hidrógeno (pH)	Númérico	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B	6.26	6.52	6.61	6.92
Conductividad eléctrica	µS/cm	APHA-AWWA-WEF (2005) método 2510 B	114.5 µS/cm	176.13 µS/cm	259.6 µS/cm	370.43 µS/cm



Daniel Neciosup Gonzales
 ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD
 AMBIENTAL

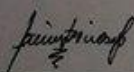


V.º.B.º Dr. Antonio Delgado Arenas

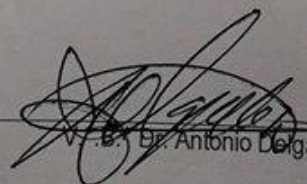
ENSAYO N°004-AQV-2017
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: Agua contaminada
Identificación de la muestra: Agua con cobre
Descripción de la muestra: Muestra inicial
Muestra tomada por: Angie Tatyanna Quiroz Vilca
Fecha de ingreso de muestra: 12/06/2017
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental –UCV
Fecha de realización de ensayos: 05/06/1017 – 20/06/2017

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO			
			Muestras pH 7			
			0.25 g	0.75g	1.25g	1.75g
Potencial de hidrógeno (pH)	Numérico	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B	7.25	7.64	7.73	7.99
Conductividad eléctrica	µS/cm	APHA-AWWA-WEF (2005) método 2510 B	165.47 µS/cm	293.67 µS/cm	402.23 µS/cm	587 µS/cm



Daniel Neciosup Gonzales
 ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



Dr. Antonio Delgado Arenas

ANEXO 13: Panel Fotográfico



PLAYA ACAPULCO



PLAYA LOS PINGUINOS



PLAYA LOS LEONES



PLAYA LA LOBERA



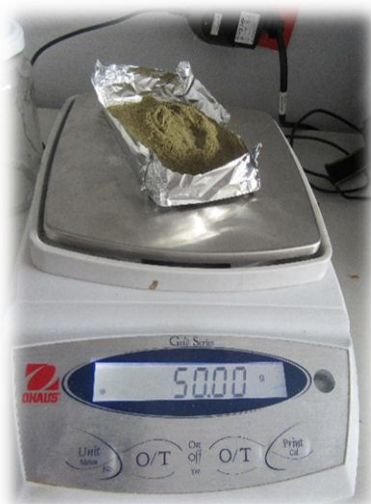
PLAYA EL HAMBRE



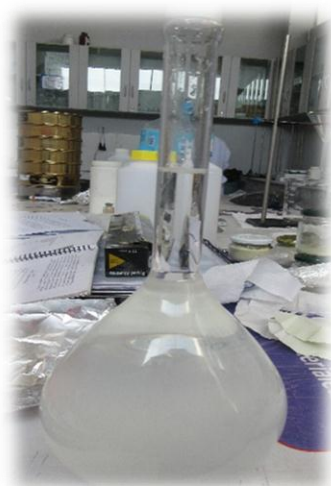
MUESTRAS DE CADA PUNTO DE RECOLECCIÓN



PESAJE DE LA BIOMASA SECA



PESAJE DE LA BIOMASA TAMIZADA



SOLUCIÓN 2M DE CLORURO DE CALCIO



AGITACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE CLORURO DE CALCIO CON EL ALGA MARINA



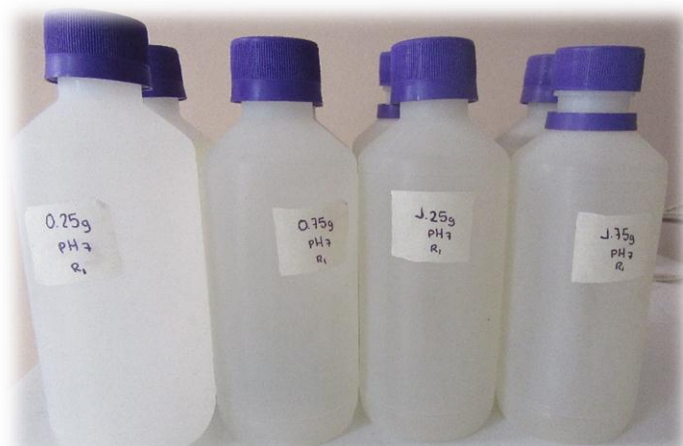
FILTRACIÓN DE LA MEZCLA DE CLORURO DE CALCIO CON EL ALGA MARINA PARDA MACROCYSTIS PYRIFERA



MUESTRAS DE pH 5



MUESTRAS DE pH 6



MUESTRAS DE pH 7



MUESTRAS EN DIGESTIÓN



FILTRADO DE LAS MUESTRAS