

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“ADSORCION DE IONES DE PLOMO EMPLEANDO QUITOSANO
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS DE LA
CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER
BERROCAL CCALLASACA, JUAN IGNASIO

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a una gran amiga, siendo ella uno de los principales cimientos para desarrollarme como profesional, dándome la continuidad y perseverancia para seguir este camino; y de esta manera demostrarle que con gran esfuerzo muchas cosas se pueden lograr.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro como fase final e inicio de otra, mi familia, amigos, compañeros y docentes.

Sencillo no ha sido el proceso, pero agradezco todas esas ganas de transmitirme sus conocimientos, valores y dedicación que como a mí me han formado; y gracias a ellos he logrado importantes objetivos como el terminar el desarrollo de mi etapa universitaria con éxito y comenzar una nueva etapa la profesional.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	9
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	10
1.2. Justificación del Problema	10
1.3. Delimitación del Proyecto	11
1.3.1. Teórica.....	11
1.3.2. Temporal	11
1.3.3. Espacial	11
1.4. Formulación del Problema.....	12
1.4.1. Problema General.....	12
1.4.2. Problemas Específicos.....	12
1.5. Objetivos.....	12
1.5.1. Objetivo general	12
1.5.2. Objetivos específicos	12
CAPITULO II: MARCO TEÒRICO	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.1.1. Antecedentes Nacionales	13
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	15
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. Contaminación ambiental	17
2.2.2. Contaminación del agua	17
2.2.3 Plomo.....	18
2.2.4 Tecnología de Tratamientos de metales pesados en efluentes.....	18
2.2.5 Biosorción.....	20
2.2.6 Quitosano	21
2.3. Definición de términos básicos.....	21
CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	23
3.1 Modelo de solución propuesto	23
3.1.1. Lugar de ejecución	23
3.1.2. Recursos a emplear	23
3.1.3. Etapas, validez y confiabilidad.....	24
Etapa 1: Delimitación del área de estudio.....	24

Etapa 2: Identificación de puntos de muestreos	24
Etapa 3: Obtención de quitosano	24
Etapa 4: Muestreo y análisis de agua.....	25
Etapa 5: Tratamiento del agua con quitosano.....	25
3.2 Resultados.....	27
3.2.1 Caracterización de la cuenca del rio chillón	27
3.2.2 Eficiencia de remoción del quitosano de langostino y camarón (E%):	28
3.2.3 Dosis optima en el tratamiento de agua con quitosano de pluma de langostino y quitosano de camarón en parámetros físicos y químicos.....	32
3.2.4 Capacidad de adsorción de plomo con quitosano de pluma de langostino y camarón (qep)	56
3.2.5 Análisis estadístico	59
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFIA	69
ANEXOS	73
ANEXO 1: Mapa de Ubicación de la cuenca baja del Río Chillón	73
ANEXO 2: Identificación de los puntos de muestreo	74
ANEXO 3: Monitoreo de calidad de agua en la cuenca del Río Chillón	75
ANEXO 4: Obtención de Quitosano de Langostino y Calamar	81
ANEXO 5: Preparación de solución madre con quitosano de Langostino y Camarón	82
ANEXO 6: Tratamiento de agua con quitosano de langostino y camarón	86
ANEXO 7: -Registro de datos de campo para el monitoreo de agua.....	89
ANEXO 8: Etiquetado para el monitoreo de agua.....	90
ANEXO 9: Cadena de custodia	91
ANEXO 10: Registro de identificación del punto de monitoreo.....	92
ANEXO 11: Resultados de plomo en la cuenca baja del Río Chillón	93
ANEXO 12: Resultados finales de plomo con quitosano de langostino	94
ANEXO 13: Resultados finales de plomo con quitosano de camarón	95
ANEXO 14: Método de análisis de Plomo	96
ANEXO 14: Matriz de operación de variables.....	97
ANEXO 15: Presupuesto del proyecto	98

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Datos para realizar el tratamiento de agua	26
Tabla 2 Datos in-situ y ex-situ de la cuenca baja del Río Chillón	27
Tabla 3 Resultados iniciales y finales de plomo de quitosano de langostino.....	28
Tabla 4 Resultados iniciales y finales de plomo de quitosano de camarón	29
Tabla 5 Resultados de eficiencia de remoción de quitosano de langostino (E%).....	30
Tabla 6 Resultados de eficiencia de remoción de quitosano de camarón (E%).....	30
Tabla 7 Resultados promedios de eficiencia de remoción.....	31
Tabla 8 Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de langostino	32
Tabla 9 Resultados finales del tratamiento con quitosano de langostino	35
Tabla 10 Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de camarón	37
Tabla 11 Resultados finales del tratamiento con quitosano de camarón.....	40
Tabla 12 Resultados integrales de tratamiento con quitosano de langostino.....	43
Tabla 13 Resultados integrales de tratamiento con quitosano de camarón	43
Tabla 14 Resultados promedios de tratamiento de quitosano de langostino.....	44
Tabla 15 Resultados promedios de tratamiento de quitosano de camarón	44
Tabla 16 Resultados diferencial de tratamiento de quitosano de langostino	44
Tabla 17 Resultados diferencial de tratamiento de quitosano de camarón	45
Tabla 18 Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de langostino.....	47
Tabla 19 Resultados finales del tratamiento con quitosano de langostino	48
Tabla 20 Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de camarón	50
Tabla 21 Resultados finales del tratamiento con quitosano de camarón.....	52
Tabla 22 Resultados integrales de tratamiento de quitosano de langostino.....	54
Tabla 23 Resultados integrales de tratamiento de quitosano de camarón	54
Tabla 24 Resultados promedios tratamiento de quitosano de langostino.....	55
Tabla 25 Resultados promedios tratamiento de quitosano de camarón	55
Tabla 26 Resultados diferenciales de ambos tratamientos.....	55
Tabla 27 Resultados de capacidad de adsorción	57
Tabla 28 Resultados promedios de capacidad de adsorción.....	58
Tabla 29 Prueba de normalidad.....	59
Tabla 30 Prueba de homogeneidad de varianzas.....	63
Tabla 31 ANOVA Unifactorial.....	64
Tabla 32 Comparación de diferencias significativas de langostino.....	65
Tabla 33 Comparación de diferencias significativas de camarón	66

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Formula de eficiencia de adsorción.....	29
Figura 2. Resultados de eficiencia de remoción.....	31
Figura 3. Resultados promedios de temperatura	33
Figura 4. Resultados promedios de conductividad eléctrica	34
Figura 5. Resultados promedios de temperatura	36
Figura 6. Resultados promedios de conductividad eléctrica	37
Figura 7. Resultados promedios de temperatura	39
Figura 8. Resultados promedios de conductividad eléctrica	39
Figura 9. Resultados promedios de temperatura	41
Figura 10. Resultados promedios de conductividad eléctrica	42
Figura 11. Comparación de resultados diferenciales de temperatura.....	45
Figura 12. Comparación de resultados diferenciales de conductividad	46
Figura 13. Resultados promedios de potencial de hidrogeno	48
Figura 14. Resultados promedios de potencial de hidrogeno	49
Figura 15. Resultados promedios de potencial de hidrogeno	51
Figura 16. Resultados promedios de temperatura	53
Figura 17. Comparación de resultados diferenciales de potencial de hidrogeno.....	56
Figura 18 Capacidad de adsorción.....	57
Figura 19. Resultados de capacidad de adsorción	58
Figura 20. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de langostino (0.1 gr – 10 minutos)	60
Figura 21. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de langostino (0.5 gr – 20 minutos)	60
Figura 22. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de langostino (1.0 gr – 30 minutos)	61
Figura 23. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de camarón (0.1 gr – 10 minutos).....	61
Figura 24. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de camarón (0.5 gr – 20 minutos).....	62
Figura 25. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de camarón (1.0 gr – 30 minutos).....	62
Figura 26. Curso inferior del Río Chillón	75
Figura 27. pHmetro-HI98129-HANNA.....	75
Figura 28. Recolección de muestras en frascos de polietileno de alta densidad.....	76

Figura 29. Medición de parámetros (Ce, T y pH)	76
Figura 30. Recolección de muestras para el análisis de Pb.....	77
Figura 31. Preservación de la muestra con ácido nítrico	78
Figura 32. Rotulo de la muestra para su análisis	78
Figura 33. Cooler utilizado para el transporte de la muestra.....	79
Figura 34. Medición de turbidez	79
Figura 35. Medición de oxígeno disuelto.....	80
Figura 36. Quitosano de langostino.....	81
Figura 37. Quitosano de camarón.....	81
Figura 38. Ácido acético glacial.....	82
Figura 39. Agitación del ácido acético glacial con el agua destilada.....	83
Figura 40. Quitosano de langostino y camarón.....	83
Figura 41. Pesaje del quitosano de langostino y camarón.....	84
Figura 42. Agitación para diluir el quitosano	84
Figura 43. Soluciones madre de quitosano de langostino y camarón.....	85
Figura 44. Nitrato de plomo y su pesaje.....	86
Figura 45. Uso del equipo test de jarras.....	87
Figura 46. Medición de los parámetros fisicoquímicos.....	87
Figura 47. Muestras rotuladas.....	88

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país mega diverso en distintos factores como el clima, fauna, flora y geografía que hacen que este tenga distintos ecosistemas presentes, y a su vez diferentes estilos de vida como es el caso de lima metropolitana y otras en diferentes partes del Perú.

Como se sabe las necesidades de cada estilo vida varían de acuerdo a los factores presentes en su espacio geográfico, es por eso que la demanda de servicios como es el agua ha persuadido a la población a buscar medios de abastecimientos para sus necesidades. Pero un punto esencial es el uso del agua el cual en la actualidad requiere de distintos tratamientos para que este puede ser apta para su consumo, puesto que poseen contaminantes que afectan a este recurso, convirtiéndolo en un problema severo en nuestro país. (Cercedo, 2018).

No obstante, para que el agua pueda ser consumible o ser usada en riego de áreas verdes y/o bebida por animales esta necesita de una serie de tratamientos, ya que estas fuentes de agua durante su transcurso sufren distintos acontecimientos antrópicos que alteran la calidad del agua. Es por ello que intervienen procesos que tratan este recurso para que puedan ser usados. Por tal motivo es que nos centramos en este tipo de acontecimientos, de las cuales existe como alternativa sostenible coagulantes naturales. Como es el quitosano que otorga mayores beneficios que los coagulantes químicos y se obtiene a partir de la des acetilación de la quitina, siendo una mejor solución con mayor rentabilidad para el tratamientos de aguas (Romero, Sanchez y Benavente, 2018)

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El Primer Capítulo comprende el Planteamiento del Problema, el Segundo Capítulo el Desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del trabajo de suficiencia profesional

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Desde tiempos antiguos el uso y consumo de recursos ha sido algo primordial en la historia del ser humano, satisfaciendo las necesidades primarias, secundarias y terciarias; lo cual se ve reflejado en vestimentas, alimentos, hogar, etc., pero uno de los casos más importantes es el de las fuentes hídricas, ocupando más de un 70% de la superficie del planeta tierra. De los cuales solo un 2.5% es agua potable del total; lo que a su vez estas aguas requieren procesos de inocuidad para ser consumidas y no causar enfermedades por mala calidad, ya que existe distintos tipos de contaminación hacia este recurso hídrico tan imprescindible para el hombre, lo cual se ve reflejado actualmente en distintas partes de nuestro país.

De esta manera podemos decir que la contaminación ambiental que se presenta en las aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón, es causada en parte por los pobladores aledaños, generando contaminación por continuos vertimientos de efluentes domésticos e industriales, botaderos informales, contaminantes por fertilizantes y plaguicidas a causa de la agricultura.

Por tal motivo, la presente investigación busca presentar una alternativa en la solución del problema presentado en el cuerpo de agua, mediante la utilización de un biopolímero natural (chitosano) capaz de tener una acción de adsorción, minimizando la alta concentración de metales pesados como el Pb (2).

1.2. Justificación del Problema

Nuestra investigación surgió a partir de la problemática de la calidad de aguas de la cuenca baja del río Chillón en la provincia de Lima, que

presenta contaminación por continuos vertimientos de efluentes domésticos e industriales, botaderos informales, contaminantes por fertilizantes y plaguicidas a causa de la agricultura. Teniendo una alta concentración de contaminación como metales pesados entre otros. Es por eso que nos centramos directamente en el tratamiento de estos cuerpos de agua, teniendo como solución la implementación de un biopolímero (quitosano) capaz de tener una acción de adsorción; el cual esta pueda minimizar la alta concentración de metales pesados que para nuestro tema de investigación es el Pb (2) y así poder proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos generados por la contaminación de estas aguas.

Además el quitosano es de gran importancia, ya que su aplicación disminuye variedad de contaminantes como son los hidrocarburos, grasas y otra variedad de metales como los nitratos, cromo, cadmio, calcio y plata.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

El desarrollo de la investigación pone en enfoque conceptos teóricos que circunscriben las variables del problema abarcando conceptos como contaminación, contaminación ambiental, tratamientos de efluentes, polímeros, quitosano, estándares de calidad ambiental y protocolos necesarios para el desarrollo y experimentación de esta investigación.

1.3.2. Temporal

El desarrollo de esta investigación se realizó durante los meses de enero, febrero y marzo del presente año, realizando el primer mes la parte teórica y de gabinete: identificación de la zona de estudio y puntos de monitoreo; en el mes de febrero la obtención de materiales, reactivos y polímeros para la experimentación; y por último en marzo el tratamiento e interpretación de resultados.

1.3.3. Espacial

El proceso de dimensión espacial abarca lugares como son: Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica de Lima Sur para la experimentación de la investigación, distrito de Carabaylo para la obtención de muestras y el laboratorio LAASMA para el análisis de plomo de la muestras.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿En qué medida la eficiencia de adsorción de quitosano podrá disminuir la concentración de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del Río Chillón?

1.4.2. Problemas Específicos

¿Cuál será la dosis optima y tiempo adecuado de aplicación de quitosano de pluma de langostino, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminados de la cuenca baja del Río Chillón?

¿Cuál será la dosis optima y tiempo adecuado de aplicación de quitosano camarón, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del Río Chillón?

¿En qué medida la comparación de capacidad de adsorción de los quitosano es más eficiente, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del Río Chillón?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de adsorción de quitosano para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del Río Chillón.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la dosis optima y tiempo adecuado de aplicación de quitosano de pluma de langostino, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del Río Chillón
- Determinar la dosis optima y tiempo adecuado de aplicación de quitosano camarón, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del Río Chillón
- Comparar la capacidad de adsorción más eficiente de los quitosanos, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del Río Chillón.

CAPITULO II: MARCO TEÒRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Rudy (2015), en su investigación “Adsorción y desorción de iones de plata sobre quitina y quitosano de *litopenaeus vannamei*”. Obtuvo por conclusiones: Se clasificaron los biopolímeros quitina, quitina calcárea y quitosano de manera eficiente mediante la técnica de espectroscopia FT-IR, H-RMN y SEM. La cinética de adsorción de iones de Ag para los tres biopolímeros estudiados sigue un mecanismo de segundo orden de reacción (velocidad de reacción es proporcional al cuadrado de la concentración). Los biopolímeros presentan su mayor capacidad de adsorción de Ag en un pH de rango entre 4 y 8. El quitosano presenta una mayor cantidad de adsorción con un 99%, seguido por la quitina calcárea con un 80% y por último la quitina con un 30 %.

García (2017), en su trabajo aporta significativamente a esta investigación “Obtención de quitosano a partir de exoesqueleto de langostino blanco (*litopenaeus vannamei*), para el tratamiento de efluentes industriales”. Obtuvo por conclusiones que el método usado para obtener quitosano tiene una relación entre la producción de quitosano y la temperatura inversamente proporcional. La máxima remoción de color de las muestras residuales se obtuvo de un volumen de 60 ml (1g de quitosano/100 ml) en un pH de 7. En los ensayos de coagulación se demostró que el aumento de pH influye de manera positiva en la remoción de color en aguas residuales.

Contreras y Heredia (2017), en su estudio “Aplicación del quitosano obtenido de los exoesqueletos de langostinos *Litopenaeus vannamei* en la reducción de la concentración de nitratos de aguas de pozo de la

comunidad de Chaullacocha”. Se obtuvo por conclusiones que existen diversidad de compuestos químicos y sustancias que están a nuestro alcance, los cuales se consideran como desechos; pero un análisis profundo de estas pueden ser aprovechadas y utilizadas para obtener distintos beneficios que en este caso es el quitosano. Se demostró que una remoción de un 87.2% de la carga contaminante de la concentración de nitratos es un resultado viable para su metodología producido por la adición de 0.5 gr de quitosano por cada 250 ml de agua de pozo.

Cercedo (2018), en su investigación “Uso del quitosano comercial y el obtenido de pluma de pota (*Dosidicus gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la cuenca Baja del Rio Chillón a nivel de laboratorio”. Llegó a las siguientes conclusiones: La dosis óptima para el tratamiento de agua usando ambos tipos de quitosano (comercial y natural) es de 0,1 gr, en un tiempo de 10 minutos, ya que los parámetros físicos al ser tratados con ambos polímeros consiguen la disminución de turbidez con un valor de 3,51 NTU para el quitosano comercial y con un valor de 3,33 NTU para el quitosano natural; la conductividad eléctrica también se reduce con el quitosano comercial a 84,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y con el natural a 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otra parte, los parámetros químicos como el pH de las muestras llegan a tener un pH neutro; puesto que con el uso de quitosano comercial aumenta 5,13 y con el quitosano natural aumenta a 5,88. La capacidad de adsorción es mayor en el quitosano natural (plumas de pota) con una eficiencia de remoción de Cu de 95,5%, mientras que el quitosano comercial reduce el Cu en un 90, 2%, ambos sometidos a una dosis de 0,10gr en ambos casos durante 10 minutos a 250 rpm.

Ramos (2017), en su trabajo “Bioadsorción con quitosano para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de curtiembre en Huachipa”. Se obtuvo por conclusiones que la adsorción del cromo hexavalente se ve favorecida por los factores físicos como es el aumento de la masa del bioadsorbente en la solución contaminada. Por otro lado, la adsorción de cromo hexavalente no guarda relación con el aumento de tamaño de partícula en la solución contaminada. A comparación de los factores físicos, en los químicos guarda una relación en el proceso de adsorción de cromo hexavalente el cual se ve favorecida al aumentar el pH

en la solución contaminada, hasta un punto óptimo que es de 5 pH, dado que a pH inferiores disminuye la capacidad de adsorción del quitosano. En pH superiores a 5 se produce la cristalización y precipitación de cromo en forma de hidróxidos. Por otro lado la adsorción de cromo hexavalente se reduce a medida que aumenta la solución. La adsorción con este polímero quitosano es eficiente, ya que remueve valores que van entre 58,75% a 61,17% de cromo hexavalente en concentraciones de 3,96 mg/L y 1,87mg/L respectivamente, con un tamaño de partícula de 250 μm , masa del quitosano de 0,6 gramos y un pH óptimo de 5.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Álava (2015), en su investigación “Obtención y caracterización de quitosano de bajo peso molecular a partir del exoesqueleto de camarón (*litopenaeus vannamei*) y su aplicación en las aguas residuales provenientes de la trampa de grasa de la estación de servicio uniser S.A.”. Se pudo inferir que se pudo generar quitina y quitosano, proveniente de los residuos de los exoesqueletos de camarón; para su aplicación de clarificación de muestras contaminadas con residuos de derivados del petróleo que provienen de la estación de servicio UNISER. La metodología utilizada para la aplicación de quitosano en las muestras contaminadas, permitió tener un grado de predicción para la remoción de turbidez en función a su aplicación de este. En lo que se pudo tener como factores decisivos el pH, método de agitación y tipo de quitosano. Es decir presentaron varios resultados en el porcentaje de remoción de turbidez en las muestras.

Flores (2017), en su trabajo que aporta significativamente a esta investigación “Eficiencia de una membrana de polipropileno modificada con quitosano en la remoción de iones metálicos Ca^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} y Pb^{+2} .” La investigación llegó a las siguientes conclusiones: La membrana presentó un comportamiento de afinidad por los iones metálicos de la siguiente manera $\text{Ca} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$, teniendo como relación la predicción de Pearson de ácidos, bases duras y blandas, teniendo a los iones de calcio el elemento que se remueve de manera más eficiente. Las membranas de polipropileno-quitosano tuvieron una acción de remoción de iones

metálicos Ca, Cu y Pb hasta los niveles permisibles para agua potable, como también el cadmio que son aceptables para el agua de uso común.

Altamirano (2015), en su investigación “Remoción de Pb+2 por medio de adsorción en quitosano”. Se concluyó que el quitosano sintetizado a partir de exoesqueletos de camarón teniendo un grado de acetilación de 75% resulto ser eficiente para la remoción de iones de plomo de soluciones acuosas a diferentes concentraciones; además, tuvo una caracterización de valoración conductimetría, espectroscópica infrarroja, análisis elemental y termogravimetría. La adsorción logro ser más eficiente a 25C°, ya que se presentó una adsorción de 107.41 mg de Pb por gramo de quitosano. El porcentaje de adsorción fue un 80% lo que demuestra que el proceso es el adecuado para la eliminación de metales pesados.

Buitron (2015), en su investigación “título: Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano”. Concluye que el método de obtención de quitosano que se obtuvo es válido y reproducible, considerando que se obtuvo uno de alta calidad ya que se encuentra dentro de los rangos establecidos (70%-95%). El quitosano generado demostró tener eficiencia de biosorción de níquel con un alto porcentaje comprendido entre 95,35% y 86,47% en concentraciones de 50mg/L y 3mg/L, demostrando que el quitosano es un buen biosorbente para aguas que tengan este metal. En cuanto al cromo a concentraciones de 500mg/L y 5mg/L se demostró eficiencias bajas de biosorción de 27,30% y 46,86%, demostrando que tiene bajas condiciones para remover este metal.

Andrade (2015), en su investigación “Tratamiento de aguas contaminadas con crudo utilizando quitosano como adsorbente”. Obtuvo por conclusiones que en la elaboración de quitosano, el cual mediante el espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) se obtuvo un grado de des acetilación del 81%, abarcando el 70% y 95% de rango el cual esta designado como producto quitosano. Se evidencia que las variables que demuestran respuesta en la experimentación, son la de cantidad de quitosano que se utilice y el tiempo que se ponga en contacto entre el adsorbente y el adsorbato, obteniendo mayor cantidad de remoción de hidrocarburos totales de petróleo, cuando se utiliza una masa de 30 g y un tiempo de 60 minutos obteniendo así como concentración final 140mg/L.

Los resultados estadísticos muestran que la variable de mayor incidencia en la experimentación es la temperatura, ya que cuando se establece a una temperatura de 30C^a aumenta la capacidad de remoción de hidrocarburos totales de petróleo, teniendo como eficiencia un 76,20% demostrando que el quitosano es muy apto para el tratamiento primario en este proceso. De similar manera ocurre con los resultados de las isotermas de adsorción, el cual si fue el modelo de Langmuir¹, ya que la superficie del sólido es homogénea, por lo cual que la capacidad de adsorción es constante en cada parte del adsorbente, con un valor de adsorción de 344 mg de hidrocarburo/g adsorbente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se da a entender por la introducción de sustancias o formas de energías no deseables a factores ambientales en agrupamientos bajas o altas que puedan afectar su equilibrio y estos puedan provocar efectos no positivos. Las contaminaciones de cada factor ambiental guardan relación entre sí, por lo que el intercambio de sustancia o energía hace que estos pasen fácilmente de un medio a otro y sean susceptibles al cambio (Encinas, 2011).

2.2.2. Contaminación del agua

La contaminación del agua se *comprende por la aglomeración de sustancias, organismos y energía en diferentes formas en un cuerpo de agua. Haciendo que estas acumulaciones de distintos elementos y sustancias contribuidas por vertimientos de aguas residuales excedan la capacidad de autodepuración de este cuerpo receptor, generando alteraciones en el sistema hídrico* (ANA, 2012).

2.2.2.1 Contaminación del agua por metales pesados

Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales (procesos geoquímicos) y artificiales (antropogénicos).

De manera natural es donde ocurren una serie de procesos tanto físicos, químicos y geológicos; englobando aparte otros compuestos como son la biota y las materias sólidas, los cuales estos generan procesos de transporte de masas, transferencia de energía, llegando a generar distintos

cambios dentro de estos sistemas junto a la superficie, ocasionando contaminantes de materiales particulados entre ellos los metales pesados a diferentes escalas (Vicente, 2010).

De manera artificial se da en su mayoría por fuentes industriales como mineras, papeleras, refinerías, petroleras y de la misma población.

2.2.3 Plomo

- Características fisicoquímicas

El plomo es un elemento químico de símbolo Pb, número atómico 82 y masa atómica de 207.21 u.m.a. Tiene una alta densidad, bajo punto de fusión, blando y maleable. Definido como un metal pesado, tóxico y acumulativo; teniendo un color gris metálico (Pérez, 2010). Este metal no se origina de ningún proceso metabólico, al contrario se encuentra ampliamente distribuido en toda la naturaleza, presentándose como sulfuro de plomo o galena que son sus formas más frecuentes. Siendo resistentes a la acción de ácido sulfúrico, pero disolventes en ácido nítrico y ácidos orgánicos (Orta, 2015).

- Toxicidad del Plomo

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el sistema digestivo, acumulándose dentro de los glóbulos rojos, perjudicando la síntesis del grupo hemo, ocasionando enfermedades como la anemia. Ya una vez dentro del cuerpo receptor se distribuye a diferentes tejidos y órganos, generando perturbaciones en el sistema nervioso, cardiovascular y renal. Por último se almacena en distintos tejidos como huesos, uñas y dientes, en donde este se acumula y biomagnifica (Fontana, et al., 2013).

2.2.4 Tecnología de Tratamientos de metales pesados en efluentes

2.2.5.1 *Precipitación química*

Esta técnica consiste en la eliminación de sustancias disueltas indeseables, por medio de agregación de reactivos capaces de precipitar contaminantes, facilitando así la depuración de estos. (CITME, 2006).

La tecnología de precipitación química es una de las técnicas más estándar en los procesos de tratamientos de efluentes industriales, ya que su aplicación es sencilla de manejar, a su vez de bajo costo y selectiva, aunque el mantenimiento de esta tecnología reside en un costo alto, debido

a que los agentes usados no pueden ser recuperados para su reutilización, generando así grandes cantidades de lodos con concentraciones de metales que es difícil de eliminar. (Caviedes, Muñoz, Perdomo, Rodriguez y Sandoval, 2015).

3.2.5.1 Tecnología de membrana

La tecnología de membranas son barreras que restringen el contacto y movimiento de las moléculas a través de ella, dividiéndolo en dos fases y originando un efluente depurado (Gamarra, 2015).

Una de las ventajas más importante de esta tecnología de membranas es la variabilidad de su uso, es por eso que se aplica en distintos tipos de mezclas, sea para aumentar la concentración o diluirlas. Entre los usos más comunes de esta tecnología de membranas tenemos en industrias de alimentos, de papel, de biomedicina, petroquímica, nuclear y separación o purificación de gases; por otro lado tenemos que la aplicación más prometedora es la tratamientos de aguas con contaminantes químicos para su recuperación y depuración (Ayala, Peñuela y Montoya, 2006).

4.2.5.1 Procesos electroquímicos

Este proceso está basado en técnicas electroquímicas, en donde se hace uso de la electricidad, con reacciones de oxidación y reducción; haciendo que haya intercambios de electrones de los electrodos y los iones o moléculas que se encuentran dentro de la solución mediante un diferencial potencial que viene hacer la electricidad, haciendo desestabilizaciones en las formas que se encuentran los contaminantes (Gilpavas, 2008).

Esta técnica es utilizada en la remoción de distintos tipos de contaminantes los cuales estos pueden venir de distintas procedencias en forma de agua residual, tales como la de industria galvanoplástica, electroplateado metálico, fábrica de envasados, industrias papeleras, molinos de cromo, plomo o mercurio y efluentes con contenido de aceites, como los que son generados por maquinarias y refinerías; y finalmente ha sido utilizada para el tratamiento de aguas residuales y para el consumo humano (Arango, 2005).

5.2.5.1 Intercambio iónico

Esta técnica de tratamiento consta en un sistema de intercambio, donde existe una fase sólida, insoluble (material de intercambio) y otra líquida en la que se halla el soluto de interés que pretendemos aislar. Haciendo que la fase sólida adhiera el soluto a su estructura sin que esta se modifique. Estos intercambios iónicos se establecen entre equivalentes de los iones del mismo signo; si los iones de intercambio son positivos se les denominará material de intercambio catiónico y si son de signo negativo material de intercambio aniónico (Sánchez, 2015).

6.2.5.1 Adsorción

La adsorción se define como un proceso el cual consiste en la adhesión de una sustancia sobre el área superficial de otra fase sólida o líquida. La sustancia que se adhiere a la superficie tiene por nombre adsorbato y la fase que la retiene es llamada adsorbente. Siendo este un fenómeno muy indefinido, ya que este solo se presenta en cierta cantidad de sólidos que exhiben esta capacidad de poder ser útiles como adsorbentes de contaminantes, el cual va depender mucho de la afinidad que tengan para poder adsorber diferentes cantidades de sustancias. (García, Villanueva, Campos y Velázquez, 2012)

2.2.5 Biosorción

Se define como el fenómeno de retención de iones metálicos dentro de soluciones por parte de biomasa inactiva o muerta, que tienen la capacidad de enlazar y acumular contaminantes por distintos mecanismos (adsorción, intercambio iónico, etc.). Lo que implica que este mecanismo de depuración no está controlado metabólicamente (Tenorio, 2006).

En los últimos años esta tecnología de tratamiento ha mostrado un gran potencial con el uso de distintos tipos de biomasa; como el aprovechamiento de desechos generados por industrias de pesquerías, el aprovechamiento de algas que tiene la capacidad de enlazar metales y se encuentran en grandes cantidades, el uso de células vivas que pueden emplearse unitariamente como también en mezclas con otras (bacterias, plantas, cianobacterias) ;y el uso de hongos, incluyendo levaduras siendo su pared celular el principal sitio de acumulación (Cañizares, 2000).

2.2.6 Quitosano

El quitosano es polímero que se obtiene de la desacetilación de la quitina (polisacárido), siendo este el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza (Rodríguez, Ramírez, Rivero, Bosquez, Barrera y Bautista, 2009).

El quitosano está conformado por las unidades monoméricas β -(1 \rightarrow 4)-2-amino-2-desoxi-D-glucosa y β -(1 \rightarrow 4)-2-acetamida-2-desoxi-D-glucosa. El cual este se puede encontrar de manera natural en las paredes celulares de algunas plantas y hongos, teniendo como características de biodegradabilidad, antimicrobiano, policationico; además de estas se han presentado aplicaciones en los rubros farmacéuticos, alimentaria y cosmética (Gonzales, Valbuena, Celis, Perentena y Colina, 2015).

2.3. Definición de términos básicos

- Quitosano: Es un polímero que se obtiene a partir de la quitina mediante el proceso de desacetilación, siendo este polisacárido el segundo más abundante del planeta. Este a su vez se encuentra de forma natural en algunas de las paredes celulares de plantas, hongos; teniendo distintas aplicaciones en el rubro farmacéutico, medicinal, alimentario entre otros (Gonzales, et al., 2015).
- Adsorción: La adsorción se define como un proceso el cual consiste en la adhesión de una sustancia sobre el área superficial de otra fase solida o liquida. Siendo este un fenómeno muy indefinido, ya que este solo se presenta en cierta cantidad de solidos que exhiben esta capacidad de poder ser útiles como adsorbentes de contaminantes, el cual va depender mucho de la afinidad que tengan para poder adsorber diferentes cantidades de sustancias. (García, et al., 2012).
- Prueba de Jarra (Jar Test): Es el procedimiento más usado en donde realiza simulaciones de coagulación, floculación y sedimentación para determinar las condiciones de operación óptimas para el tratamiento de aguas a nivel de laboratorio (Castrillón, 2012).
- Protocolo de monitoreo: Es un instrumento de gestión ambiental que brindan los criterios y pasos a seguir de manera obligatoria para el monitoreo de calidad de cuerpos receptores de agua (ANA, 2016).

- Contaminación del agua: Se define a la aglomeración de sustancias, organismos y energía en diferentes formas en un cuerpo de agua. Haciendo que estas acumulaciones de distintos elementos y sustancias contribuidas por vertimientos de aguas residuales excedan la capacidad de autodepuración de este cuerpo receptor, generando alteraciones en el sistema hídrico (ANA, 2012).
- Eca: Es un instrumento de gestión ambiental que se establece para evaluar parámetros actuales de la calidad de agua; estableciendo niveles de concentración de elementos y sustancias que no deben sobrepasarse para no generen impactos a la salud y ambiente (MINAN, 2017).

CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 Modelo de solución propuesto

3.1.1. Lugar de ejecución

El lugar de ejecución será la cuenca baja del rio Chillón

- Población
Aguas contaminadas con plomo de la cuenca baja del Rio chillón
- Muestra
Serán 1 L de agua de la cuenca baja del Rio Chillón, para su análisis, replica y tratamiento.

3.1.2. Recursos a emplear

Polímeros

- Quitosano de camarón
 - Quitosano de langostino
- Materiales para campo
- Cooler
 - Envases de polietileno de alta densidad 1 L
 - Gps
 - Guantes
 - Rotuladores
 - Cadena de custodia
 - Etiquetas de monitoreo
- Materiales de laboratorio
- 6 vikers de vidrio de capacidad de 500 ml
 - 4 Probeta de 100 ml
 - 4 Varilla de vidrio

- 2 Rotuladores
- 2 Guantes
- Reactivos
- Ácido nítrico (para la preservación de la muestra en cuanto a metales pesados previo análisis)
- Agua des ionizada
- Agua destilada
- Ácido acético glacial
- Nitrato de plomo
- Equipos
- Multiparámetro HACH-HQ30D
- Test Jarras AQUARA-YFL6
- Balanza analítica SARTORIUS-TE214S
- Turbidímetro PALINTEST-MICRO 950
- pH metro HANNA- HI98129

3.1.3. Etapas, validez y confiabilidad

3.1.3.1 Etapas

Etapa 1: Delimitación del área de estudio

El área de estudio será la cuenca baja del río Chillón, dando por prioridad a la zona que se encuentra cerca de la Urbanización Floresta Carabaylo ya que esta presenta continuos vertimientos de efluentes domésticos e industriales, botaderos informales, contaminantes por fertilizantes y plaguicidas a causa de la agricultura.

Etapa 2: Identificación de puntos de muestreos

El establecimiento de la red de puntos de monitoreo se realizará de manera preliminar en gabinete. Para lo cual se usarán el software de sistema de información geográfica ArcGis para tener un buen manejo de la información que se recopilara de los puntos de muestreos

Etapa 3: Obtención de quitosano

Se hace una recopilación de la información de las posibles tiendas que permitan la venta de quitosano para la experimentación.

Etapa 4: Muestreo y análisis de agua

Se seguirá la R.J N° 010-2016-ANA; donde nos dice que todo el material que se utiliza debe estar esterilizado con el objeto de que no exista contaminación externa. La esterilización del material se realiza e autoclave a 121°C durante 20 minutos.

Las muestras para el estudio se recogieron en frascos de polietileno de alta densidad de boca ancha y de capacidad de 1000 ml, cuidadosamente lavados tan bien debidamente tapados y rotulados una vez se recojan las muestras, estas a su vez tendrán mediciones de pH, Conductividad eléctrica y Temperatura in-situ; y Oxígeno disuelto, Turbidez y Concentración de Pb ex-situ.

Etapa 5: Tratamiento del agua con quitosano

En esta etapa se comenzó a trabajar ya con los polímeros quitosano de langostino y el quitosano de camarón, para tratar la réplica del agua proveniente de la cuenca baja del río Chillón; a través de la prueba de jarras en donde utilizaremos dosis y tiempos distintos en cada jarra, para poder ver el efecto de adsorción de plomo por parte del quitosano.

Para comenzar con el tratamiento de adsorción de metales pesados se prepararon 3 dosis de quitosano de pluma de langostino y de carcasa de camarón de 0,1 gr., 0,5 gr. y 1 gr.; para tiempos de 10, 20 y 30 minutos a 250 rpm.; de los cuales se pondrán en soluciones de 1 L de réplicas de muestra de la cuenca del Río Chillón, ejecutando 3 repeticiones por cada dosis concentrada consiguiendo un total de 9 muestras por cada fuente de quitosano, que a su vez estas tendrán medidas de parámetros fisicoquímicos (pH, Ce, T° y CC. de Pb) antes y después de aplicar el polímero, para percibir el efecto de adsorción del quitosano y poder compararlos.

Tabla 1

Datos para realizar el tratamiento de agua

Codificación de muestras	Dosis de quitosano (gr.)	Tiempo (min)	Dosis de Plomo Inicial (gr.)	Cantidad de revoluciones (rpm)	Volumen de agua (ml)
A1					
A2	0.1	10			
A3					
B1					
B2	0.5	20	4.65	250	1000
B3					
C1					
C2	1.0	30			
C3					

Fuente: Elaboración propia

Para ver los pasos a seguir respecto al tratamiento de agua con quitosano de langostino y camarón, se va identificar en los Anexos que están divididos de la siguiente manera:

- Anexo 5 Preparación de solución madre con quitosano de langostino y camarón
- Anexo 6 Tratamiento de agua con quitosano de Langostino y Camarón

3.1.3.2 Validación y confiabilidad del instrumento

Se realizó la validación y evaluación de los instrumentos con la presencia de la asesora de titulación. Estos instrumentos son

- Registro de datos de campo para el monitoreo de agua
- Etiquetado para el monitoreo de agua
- Cadena de custodia
- Registro de identificación del punto de monitoreo

3.1.3.3 Métodos de análisis de datos

Una vez obtenida, registrada y organizada la información de los resultados, se procede ahora ver si nuestros planteamientos teóricos son soportados con los datos obtenidos de laboratorio, ya que nuestras variables al ser cuantitativas deben indicar promedios numéricos expresados en diferentes unidades (gr/L %, L). Esto se realizará

mediante el análisis, interpretación de resultados y uso del software SPSS Statistics y Microsoft Excel 2013.

3.2 Resultados

3.2.1 Caracterización de la cuenca del río Chillón

Se estableció un (01) punto de muestreo simple para obtener datos de parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica, turbidez, temperatura y la concentración de plomo en el curso inferior de la cuenca del Río Chillón, los cuales se muestran en la siguiente tabla

Tabla 2

Datos in-situ y ex-situ de la cuenca baja del Río Chillón

Punto de monitoreo	Coordenadas UTM (WSG 84 - Zona 18S)				Parámetros	Resultados obtenidos	Descripción del lugar
	Norte	Este	Altitud	Fecha y hora			
PM-01	8686575.47	277911.079	233.37 m.s.n.m.	4/03/2019 13:30:00	T (°C)	26	Este punto se tomó en la cuenca baja del Río Chillón en el distrito de Carabayllo, siendo este accesible para poder realizar el monitoreo
					pH	8	
					OD (mg/l)	8.29	
					TURBIDEZ (NTU)	288	
					C.E. (µS/cm)	354	
Pb (mg/L)	4.65						

Fuente: Elaboración propia

Interpretación N°1:

Se presentó una temperatura de 26 °C la cual es influencia principalmente por la climatología propia de la zona

Interpretación N°2:

Se apreció un pH óptimo ya que está dentro de los parámetros indicados en el ECA agua -2017, que van de los 6.5 a 8.5.

Interpretación N°3:

Para oxígeno disuelto se presentó un valor de 8.29 mg/l, el cual es mayor al valor que indica el ECA agua, siendo óptimo.

Interpretación N°4:

Para el caso de turbidez no se indican valores en el ECA agua, para lo cual este valor se presenta por la época de crecida presente en la cuenca.

Interpretación N°5:

En el caso de la conductividad eléctrica este valor de 354 $\mu\text{S/cm}$ se encuentra dentro del ECA agua (2500 $\mu\text{S/cm}$).

Interpretación N°6:

Las concentraciones de plomo son de 4.65 mg/l, sobrepasando lo que indica el ECA agua (0.05 mg/l), debiéndose a las influencias que tienen diversas industrias respecto a la cuenca del río Chillón.

3.2.2 Eficiencia de remoción del quitosano de langostino y camarón (E%):

Se presentan datos de concentraciones de plomo, antes y después del tratamiento con quitosano de pluma de langostino y carcasa de camarón, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3

Resultados iniciales y finales de plomo de quitosano de langostino

Codificación de muestra	Dosis inicial de plomo (mg/l)	Dosis de plomo final (mg/l)
A1	4.65	2.52
A2	4.65	3.05
A3	4.65	3.14
A	4.65	2.90
B1	4.65	2.57
B2	4.65	2.76
B3	4.65	3.05
B	4.65	2.79
C1	4.65	2.19
C2	4.65	2.83
C3	4.65	2.84
C	4.65	2.62

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Resultados iniciales y finales de plomo de quitosano de camarón

Codificación de muestra	Dosis inicial de plomo (mg/l)	Dosis de plomo final (mg/l)
A´1	4.65	2.88
A´2	4.65	2.43
A´3	4.65	2.81
A´	4.65	2.71
B´1	4.65	2.57
B´2	4.65	2.61
B´3	4.65	2.5
B´	4.65	2.56
C´1	4.65	2.41
C´2	4.65	2
C´3	4.65	2.43
C´	4.65	2.28

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Realizando una comparación en la tabla mostrada entre las 3 dosis promedio de ambos quitosanos, se puede decir que la mayor reducción de plomo fue con la Dosis C´ (1.0 gr) hasta un 2.28 mg/l en cuanto al quitosano de camarón, mientras que la mayor reducción de plomo de quitosano de langostino fue de la Dosis C (2.62 mg/l).

Para verificar el porcentaje de eficiencia de reducción de plomo por parte de ambos quitosanos, se calculó en las 9 muestras tratadas mediante la siguiente fórmula, la cual se aprecia en la figura 1 y los resultados en la tabla N:

$$E \% = \left(\frac{Pb\ inicial - Pb\ final}{Pb\ inicial} \right) \times 100$$

Figura 1 Fórmula de eficiencia de adsorción

Tabla 5

Resultados de eficiencia de remoción de quitosano de langostino (E%)

QUITOSANO DE LANGOSTINO	
$E \% = (4.65 - 2.52/4.65) \times 100 =$	45.81 %
$E \% = (4.65 - 3.05/4.65) \times 100 =$	34.41 %
$E \% = (4.65 - 3.14/4.65) \times 100 =$	32.47 %
$E \%_A = 37.56 \%$	
$E \% = (4.65 - 2.57/4.65) \times 100 =$	44.73 %
$E \% = (4.65 - 2.76/4.65) \times 100 =$	40.65 %
$E \% = (4.65 - 3.05/4.65) \times 100 =$	34.41 %
$E \%_B = 39.93 \%$	
$E \% = (4.65 - 2.19/4.65) \times 100 =$	52.9 %
$E \% = (4.65 - 2.83/4.65) \times 100 =$	39.14 %
$E \% = (4.65 - 2.84/4.65) \times 100 =$	38.92 %
$E \%_C = 43.66 \%$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Resultados de eficiencia de remoción de quitosano de camarón (E%)

QUITOSANO DE CAMARON	
$E \% = (4.65 - 2.88/4.65) \times 100 =$	38.065 %
$E \% = (4.65 - 2.43/4.65) \times 100 =$	47.742 %
$E \% = (4.65 - 2.81/4.65) \times 100 =$	39.57 %
$E \%_A = 41.79 \%$	
$E \% = (4.65 - 2.57/4.65) \times 100 =$	44.731 %
$E \% = (4.65 - 2.61/4.65) \times 100 =$	43.871 %
$E \% = (4.65 - 2.50/4.65) \times 100 =$	39.57 %
$E \%_B = 42.72 \%$	
$E \% = (4.65 - 2.41/4.65) \times 100 =$	48.172 %
$E \% = (4.65 - 2.00/4.65) \times 100 =$	56.989 %
$E \% = (4.65 - 2.43/4.65) \times 100 =$	47.742 %
$E \%_C = 50.97 \%$	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Llevando a cabo la comparación de las 3 dosis promedio de ambos quitosano, se aprecia que el porcentaje mayor de eficiencia es de 50.97% de la Dosis C´ (1.0 gr) por parte del quitosano de camarón y la mínima fue de 41.79 % con la Dosis A´ (0.1 gr); mientras que por parte del quitosano de langostino la máxima de fue de 43.66 % de la Dosis C (1.0 gr) y la mínima fue de 37.56 % con la Dosis A (0.1 gr).

De esta manera podemos recrear otra tabla con los porcentajes promedios de la eficiencia de remoción (E%) por cada dosis y fuente de quitosano

Tabla 7

Resultados promedios de eficiencia de remoción

Codificación de muestra	EFICIENCIA DE ADSORCIÓN	
	Q. Langostino	Q. Camarón
A	37.56	41.79
B	39.93	42.72
C	43.66	50.97

Fuente: Elaboración propia

Representando los valores de remoción por medio de barras:

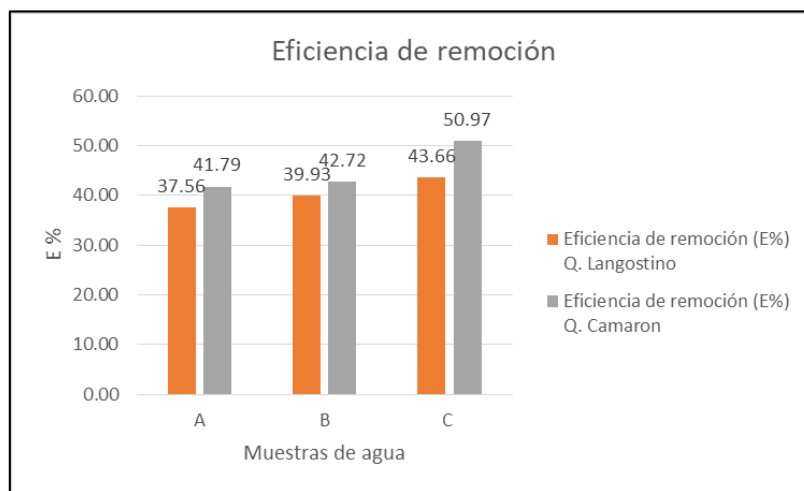


Figura 2. Resultados de eficiencia de remoción

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Realizando la comparación entre los promedios de E% de las 3 dosis, se observa que en la Dosis A (0.1 gr) tiene la menor eficiencia de remoción de Pb con un 37.56% del quitosano de langostino; mientras que la dosis A (1.0 gr) del quitosano de camarón obtuvo la mayor eficiencia con 50.97 % indicando que a mayor dosis hay mayor remoción de plomo (Pb).

3.2.3 Dosis optima en el tratamiento de agua con quitosano de pluma de langostino y quitosano de camarón en parámetros físicos y químicos

PARÁMETROS FÍSICOS

Quitosano de langostino

Antes de proceder con el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a medir los parámetros físicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8

Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de langostino

Codificación de muestra	Temperatura (C°)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
A1	25.00	15.28
A2	25.10	15.77
A3	25.00	14.83
A	25.03	15.29
B1	25.50	8.98
B2	25.50	11.96
B3	25.00	13.56
B	25.33	11.50
C1	24.80	8.66
C2	25.00	9.74
C3	24.90	10.27
C	24.90	9.56

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A:

- Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 25.1°C y la mínima de 25.0°C
- Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 15.77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la mínima es de 14.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Dosis B:
 - Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 25.5°C y la mínima de 25.0°C.
 - Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 13.56 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la mínima es de 8.98 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Dosis C:
 - Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 25.0°C y la mínima de 24.8°C.
 - Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica mayor es de 10.27 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la mínima es de 8.66 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

De esta manera se puede representar los valores de promedios de los parámetros físicos obtenidos.

Temperatura (°C):

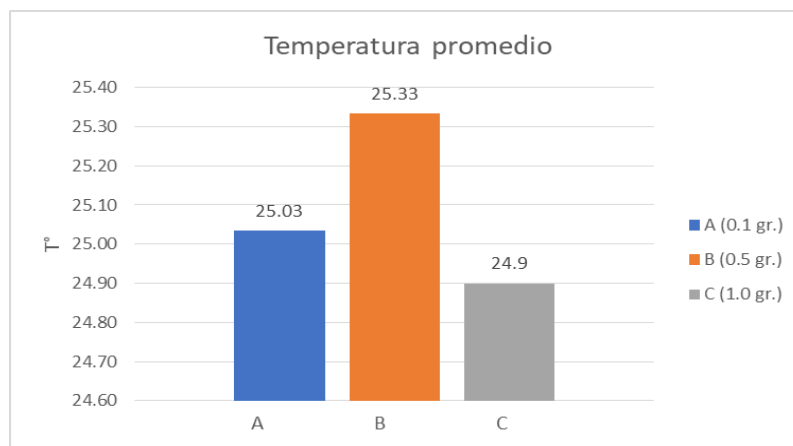


Figura 3. Resultados promedios de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la temperatura máxima fue de 25.33°C obtenida por la Dosis B (0.5gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis C (1.0 gr.) con 24.9°C.

Conductividad eléctrica ($\mu S/cm$):

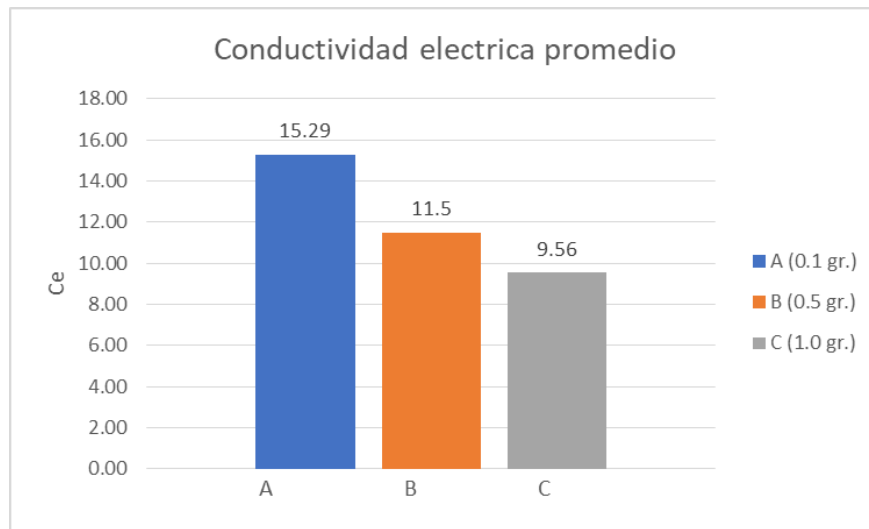


Figura 4. Resultados promedios de conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la conductividad eléctrica mayor fue de 15.29 $\mu S/cm$ obtenida por la Dosis A (0.1gr.), mientras que la menor se da en la Dosis C (1.0 gr.) con 9.56 $\mu S/cm$.

Después de realizar el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a medir los parámetros físicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9

Resultados finales del tratamiento con quitosano de langostino

Codificación de muestra	Temperatura (C°)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
A1	24.60	176.80
A2	24.80	178.90
A3	24.80	178.90
A	24.73	178.20
B1	24.50	133.00
B2	24.60	133.70
B3	24.60	137.30
B	24.57	134.67
C1	24.80	236.00
C2	25.00	235.00
C3	24.90	238.00
C	24.90	236.33

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A:
 - o Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 24.8°C y la mínima de 24.6°C
 - o Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 178.9 µS/cm y la mínima es de 176.8 µS/cm.
- Dosis B:
 - o Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 24.6°C y la mínima de 24.5°C.
 - o Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 137.3 µS/cm y la mínima es de 133.0 µS/cm.
- Dosis C:
 - o Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 25.0°C y la mínima de 24.8°C.
 - o Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica mayor es de 238.0 µS/cm y la mínima es de 235.0 µS/cm.

De esta manera se puede representar mediante un gráfico los valores de promedios de los parámetros físicos obtenidos.

Temperatura (°C):

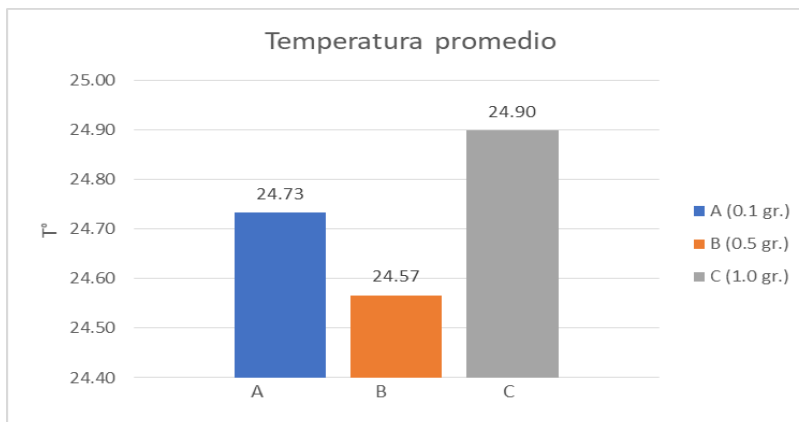


Figura 5. Resultados promedios de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la temperatura máxima fue de 24.90°C obtenida por la Dosis C (1.0gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis B (0.5 gr.) con 24.57°C.

Conductividad eléctrica ($\mu S/cm$):

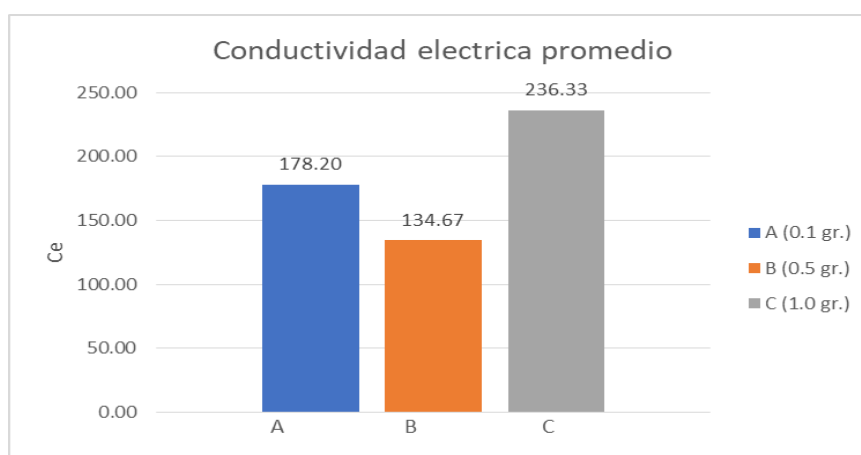


Figura 6. Resultados promedios de conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la conductividad eléctrica mayor fue de 236.33 $\mu S/cm$ obtenida por la Dosis C (1.0 gr.), mientras que la menor se da en la Dosis B (0.5 gr.) con 134.67 $\mu S/cm$.

Quitosano de camarón

Antes de proceder con el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a medir los parámetros físicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10

Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de camarón

Codificación de muestra	Temperatura (C°)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
A'1	25.00	14.80
A'2	25.10	13.78
A'3	25.10	14.56
A'	25.07	14.38
B'1	25.00	13.71
B'2	24.90	14.05
B'3	25.00	14.00
B'	24.97	13.92
C'1	24.90	10.00
C'2	25.00	9.56
C'3	24.80	10.07
C'	24.90	9.88

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A':
 - Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 25.1°C y la mínima de 25.0°C
 - Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 14.80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la mínima es de 13.78 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Dosis B':
 - Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 25.0°C y la mínima de 24.9°C.
 - Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 14.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la mínima es de 13.71 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Dosis C':
 - Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 25.0°C y la mínima de 24.8°C.
 - Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica mayor es de 10.07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la mínima es de 9.56 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

De esta manera se puede representar mediante un gráfico los valores de promedios de los parámetros físicos obtenidos.

Temperatura (°C):

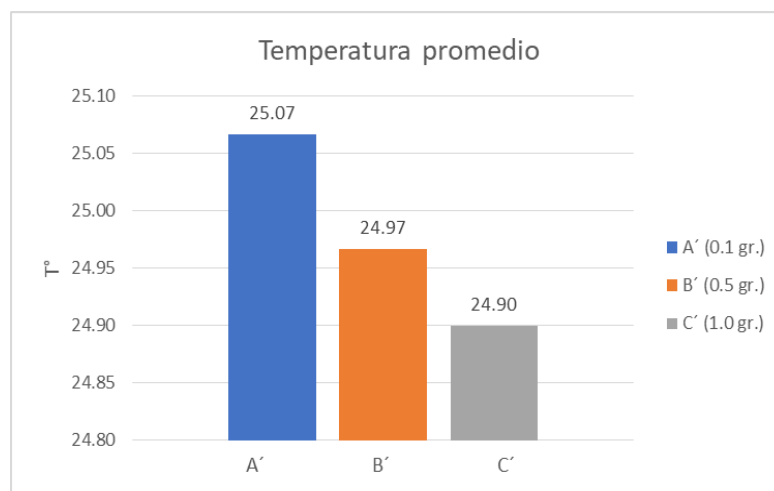


Figura 7. Resultados promedios de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la temperatura máxima fue de 25.07°C obtenida por la Dosis A' (0.1 gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis C' (1.0 gr.) con 24.9°C.

Conductividad eléctrica ($\mu S/cm$):

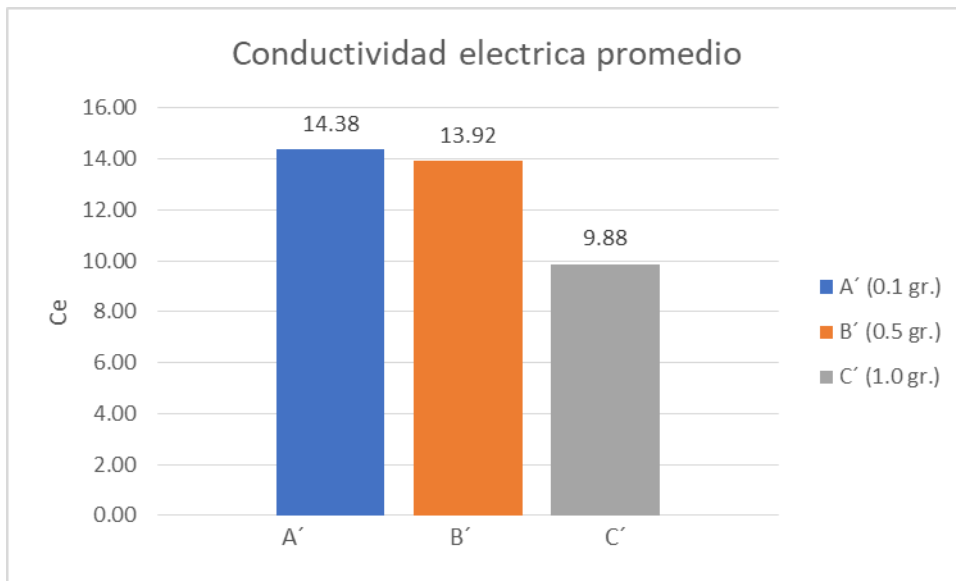


Figura 8. Resultados promedios de conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la conductividad eléctrica mayor fue de 14.38 $\mu S/cm$ obtenida por la Dosis A' (0.1 gr.), mientras que la menor se da en la Dosis C' (1.0 gr.) con 9.88 $\mu S/cm$.

Después de realizar el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a

medir los parámetros físicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11

Resultados finales del tratamiento con quitosano de camarón

Codificación de muestra	Temperatura (C°)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
A'1	24.80	177.99
A'2	24.80	176.00
A'3	24.90	175.80
A'	24.83	176.60
B'1	24.50	192.00
B'2	24.60	191.30
B'3	24.60	189.20
B'	24.57	190.83
C'1	23.00	250.00
C'2	25.00	249.00
C'3	26.00	255.00
C'	24.67	251.33

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A':
 - o Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 24.9°C y la mínima de 24.8°C
 - o Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 177.99 μ S/cm y la mínima es de 175.8 μ S/cm.
- Dosis B':
 - o Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 24.6°C y la mínima de 24.5°C.
 - o Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica máxima es de 192.0 μ S/cm y la mínima es de 189.2 μ S/cm.
- Dosis C':

- Temperatura: En el triplicado de muestras la temperatura máxima es de 26.0°C y la mínima de 23.0°C.
- Conductividad eléctrica: En el triplicado de muestras la conductividad eléctrica mayor es de 255.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la mínima es de 249.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

De esta manera se puede representar mediante un gráfico los valores de promedios de los parámetros físicos obtenidos.

Temperatura (°C):

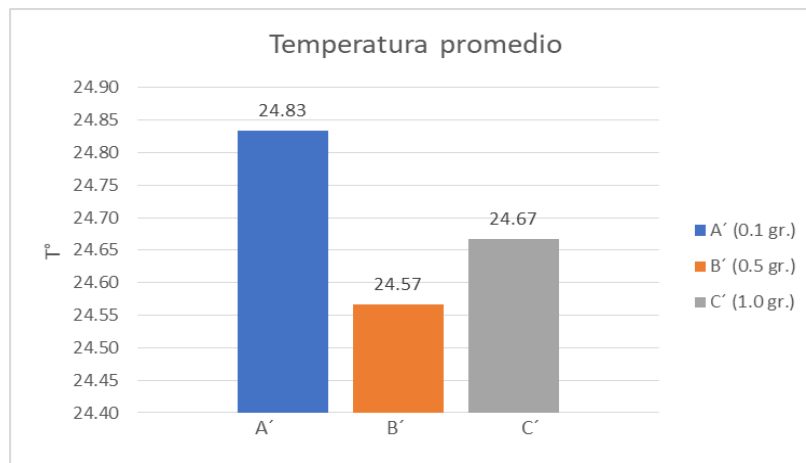


Figura 9. Resultados promedios de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la temperatura máxima fue de 24.83°C obtenida por la Dosis A' (0.1 gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis B (0.5 gr.) con 24.57°C.

Conductividad eléctrica ($\mu S/cm$):

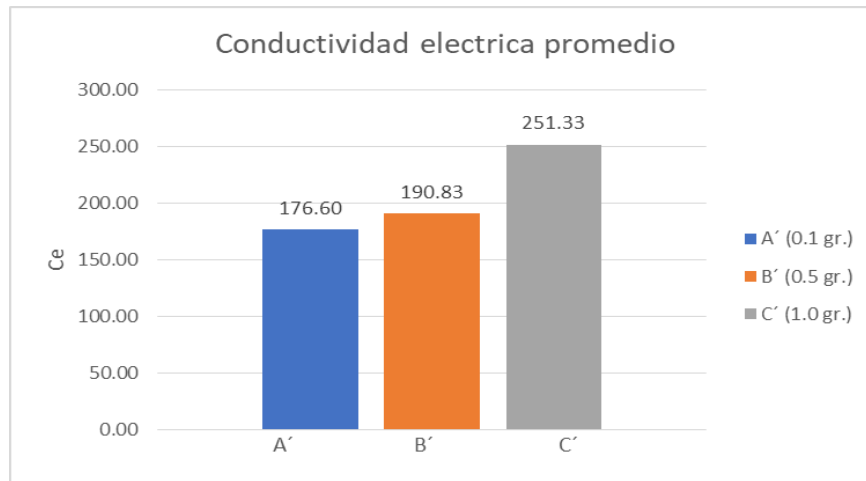


Figura 10. Resultados promedios de conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que la conductividad eléctrica mayor fue de 251.33 $\mu S/cm$ obtenida por la Dosis C' (1.0 gr.), mientras que la menor se da en la Dosis A' (0.1 gr.) con 176.6 $\mu S/cm$.

Comparación de parámetros físicos de quitosano de langostino y camarón:

Una vez obtenida los parámetros físicos antes y después del tratamiento se procede a determinar el aumento o disminución de estos, para cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla 12

Resultados integrales de tratamiento con quitosano de langostino

Codificación de muestra	Temperatura		Conductividad eléctrica	
	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (uS/cm)	Final (uS/cm)
A1	25.00	24.60	15.28	176.80
A2	25.10	24.80	15.77	178.90
A3	25.00	24.80	14.83	178.90
A	25.03	24.73	15.29	178.20
B1	25.50	24.50	8.98	133.00
B2	25.50	24.60	11.96	133.70
B3	25.00	24.60	13.56	137.30
B	25.33	24.57	11.50	134.67
C1	24.80	24.80	8.66	236.00
C2	25.00	25.00	9.74	235.00
C3	24.90	24.90	10.27	238.00
C	24.90	24.90	9.56	236.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Resultados integrales de tratamiento con quitosano de camarón

Codificación de muestra	Temperatura		Conductividad eléctrica	
	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (us/cm)	Final (us/cm)
A´1	25.00	24.80	14.80	177.99
A´2	25.10	24.80	13.78	176.00
A´3	25.10	24.90	14.56	175.80
A´	25.07	24.83	14.38	176.60
B´1	25.00	24.50	13.71	192.00
B´2	24.90	24.60	14.05	191.30
B´3	25.00	24.60	14.00	189.20
B´	24.97	24.57	13.92	190.83
C´1	24.90	23.00	10.00	250.00
C´2	25.00	25.00	9.56	249.00
C´3	24.80	26.00	10.07	255.00
C´	24.90	24.67	9.88	251.33

Fuente: Elaboración propia

Al realizar pruebas por triplicada, se trabajó con los promedios de estos para poder realizar una tabla con las diferencias de los parámetros evaluados la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14

Resultados promedios de tratamiento de quitosano de langostino

Codificación de muestra	Temperatura		Conductividad eléctrica	
	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (us/cm)	Final (us/cm)
A	25.03	24.73	15.29	178.20
B	25.33	24.57	11.50	134.67
C	24.90	24.90	9.56	236.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Resultados promedios de tratamiento de quitosano de camarón

Codificación de muestra	Temperatura		Conductividad eléctrica	
	Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (us/cm)	Final (us/cm)
A'	25.07	24.83	14.38	176.60
B'	24.97	24.57	13.92	190.83
C'	24.90	24.67	9.88	251.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Resultados diferencial de tratamiento de quitosano de langostino

Codificación de muestra	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
A	0.30	162.91
B	0.77	123.17
C	0.00	226.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Resultados diferencial de tratamiento de quitosano de camarón

Codificación de muestra	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
A	0.23	162.22
B	0.40	176.91
C	0.23	241.46

Fuente: Elaboración propia

Se puede representar mediante un gráfico de barras de la siguiente manera:

Temperatura (°C)

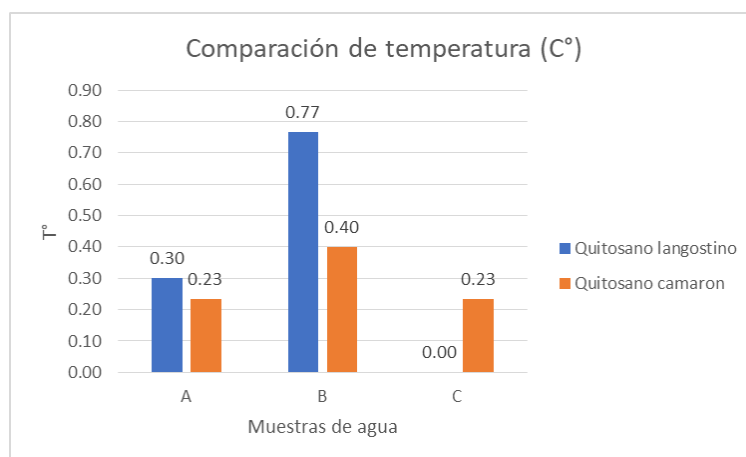


Figura 11. Comparación de resultados diferenciales de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino y camarón, se puede presenciar que la máxima temperatura reducida fue de 0.77°C obtenida por la Dosis B (0.5gr.) de quitosano de langostino, mientras que la máxima temperatura reducida se da en la Dosis B (0.5 gr.) con 0.4°C de quitosano de camarón; por lo cual

el quitosano de langostino es más eficiente en cuanto parámetros de temperatura frente al quitosano de camarón.

Conductividad eléctrica ($\mu S/cm$):

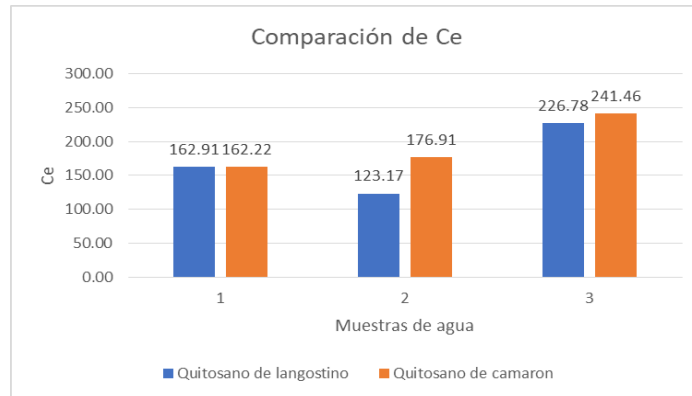


Figura 12. Comparación de resultados diferenciales de conductividad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino y camarón, se puede presenciar que la mínima conductividad eléctrica aumentada fue de $123.17 \mu S/cm$ obtenida por la Dosis B (0.5 gr.) de quitosano de langostino, mientras que la mínima conductividad eléctrica aumentada se da en la Dosis A' (0.1 gr.) con $162.22 \mu S/cm$ de quitosano de camarón; por lo cual el quitosano de langostino es más eficiente frente al quitosano de camarón.

PARÁMETROS QUÍMICOS

Quitosano de langostino

Antes de proceder con el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a medir los parámetros químicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 18

Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de langostino

Codificación de muestra	pH Inicial
A1	5.54
A2	4.88
A3	4.65
A	5.02
B1	4.31
B2	4.79
B3	5.26
B	4.79
C1	4.70
C2	4.52
C3	4.51
C	4.58

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A:
 - o En el triplicado de muestras el pH máximo es de 5.54 y el mínimo de 4.65.
- Dosis B:
 - o En el triplicado de muestras el pH máximo es de 5.26 y el mínimo de 4.31.
- Dosis C:
 - o En el triplicado de muestras el pH máximo es de 4.70 y el mínimo de 4.51.

De esta manera se puede representar mediante un gráfico los valores de promedios de los parámetros químicos obtenidos.

Potencial de hidrogeno (pH):

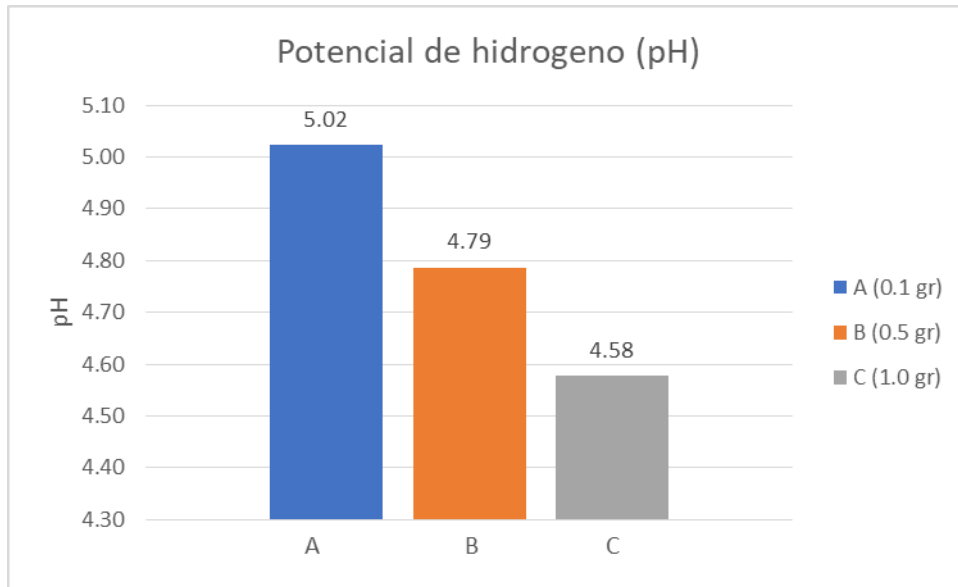


Figura 13. Resultados promedios de potencial de hidrogeno

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que el pH máximo fue de 5.02 obtenido por la Dosis A (0.1gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis C (1.0 gr.) con 4.58

Después de realizar el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a medir los parámetros químicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 19

Resultados finales del tratamiento con quitosano de langostino

Codificación de muestra	pH Final
A1	3.25
A2	3.03
A3	3.00
A	3.09
B1	3.75

B2	3.71
B3	3.70
B	3.72
C1	3.55
C2	3.53
C3	3.53
C	3.54

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A:
 - En el triplicado de muestras el pH máximo es de 3.25 y el mínimo de 3.0.
- Dosis B:
 - En el triplicado de muestras el pH máximo es de 3.75 y el mínimo de 3.70.
- Dosis C:
 - En el triplicado de muestras el pH máximo es de 3.55 y el mínimo de 3.53.

De esta manera se puede representar mediante un gráfico los valores de promedios de los parámetros químicos obtenidos.

Potencial de hidrogeno (pH) :

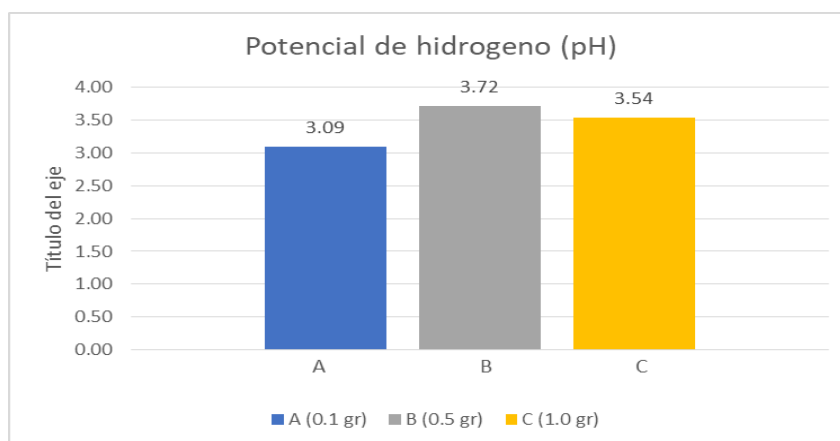


Figura 14. Resultados promedios de potencial de hidrogeno

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que el pH máximo fue de 3.72 obtenido por la Dosis B (0.5gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis A (0.1 gr.) con 3.09.

Quitosano de camarón

Antes de proceder con el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a medir los parámetros químicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20

Resultados iniciales del tratamiento con quitosano de camarón

Codificación de muestra	pH Inicial
A'1	4.62
A'2	4.56
A'3	4.46
A'	4.55
B'1	5.42
B'2	5.52
B'3	5.59
B'	5.51
C'1	4.55
C'2	4.52
C'3	4.51
C'	4.53

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A:
En el triplicado de muestras el pH máximo es de 4.62 y el mínimo de 4.46.
- Dosis B:
En el triplicado de muestras el pH máximo es de 5.59 y el mínimo de 4.42.
- Dosis C:
En el triplicado de muestras el pH máximo es de 4.55 y el mínimo de 4.51.

De esta manera se puede representar mediante un gráfico los valores de promedios de los parámetros químicos obtenidos.

Potencial de hidrógeno (pH):

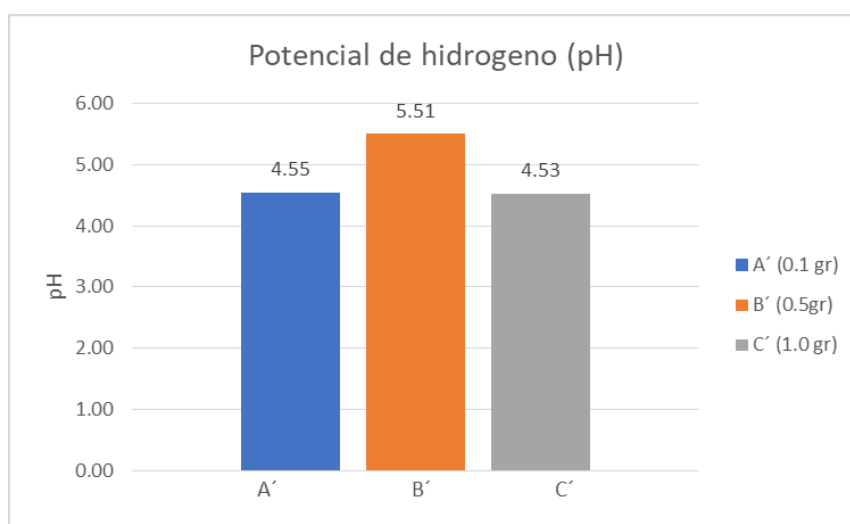


Figura 15. Resultados promedios de potencial de hidrogeno

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que el pH máximo fue de 5.51 obtenido por la

Dosis B (0.5gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis C (1.0 gr.) con 4.53.

Después de realizar el tratamiento de muestras (contaminadas con plomo) con el equipo de Jar-Tes se procedió a medir los parámetros químicos por cada muestra, para lo cual los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 21

Resultados finales del tratamiento con quitosano de camarón

Codificación de muestra	pH Final
A'1	2.99
A'2	2.99
A'3	2.98
A'	2.99
B'1	3.26
B'2	3.26
B'3	3.27
B'	3.26
C'1	3.57
C'2	3.58
C'3	3.57
C'	3.57

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Dosis A:
 - o En el triplicado de muestras el pH máximo es de 2.99 y el mínimo de 2.98.
- Dosis B:
 - o En el triplicado de muestras el pH máximo es de 3.27 y el mínimo de 3.26.
- Dosis C:
 - o En el triplicado de muestras el pH máximo es de 3.58 y el mínimo de 3.57.

De esta manera se puede representar mediante un gráfico los valores de promedios de los parámetros químicos obtenidos.

Potencial de hidrogeno (pH):

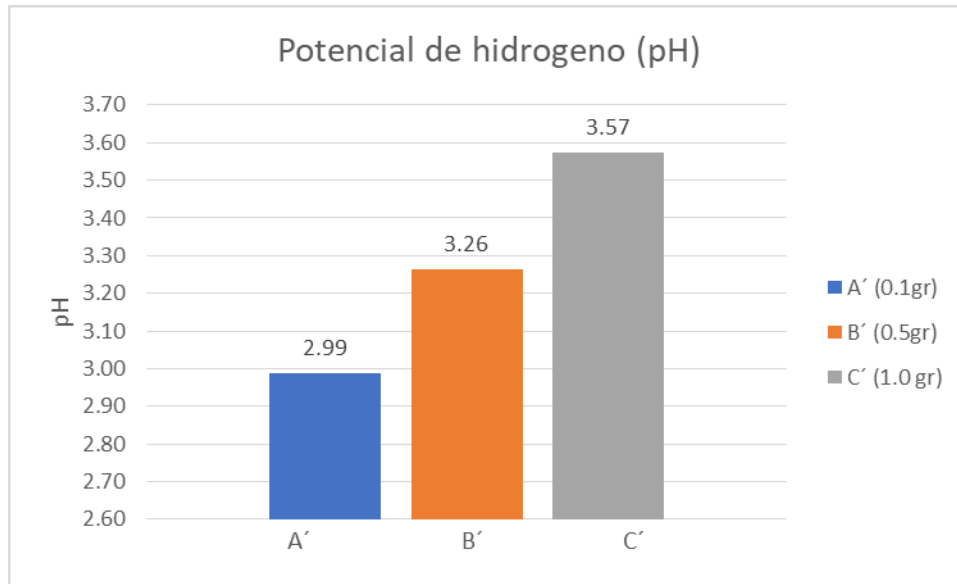


Figura 16. Resultados promedios de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino, se puede presenciar que el pH máximo fue de 3.57 obtenido por la Dosis C (1.0 gr.), mientras que la mínima se da en la Dosis A (0.1 gr.) con 2.99.

Comparación parámetros químicos de quitosano de langostino y camarón:

Una vez obtenida los parámetros químicos antes y después del tratamiento se procede a determinar el aumento o disminución de estos, para cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla 22

Resultados integrales de tratamiento de quitosano de langostino

Codificación de muestra	pH	
	Inicial	Final
A1	5.54	3.25
A2	4.88	3.03
A3	4.65	3.00
A	5.02	3.09
B1	4.31	3.75
B2	4.79	3.71
B3	5.26	3.70
B	4.79	3.72
C1	4.70	3.55
C2	4.52	3.53
C3	4.51	3.53
C	4.58	3.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Resultados integrales de tratamiento de quitosano de camarón

Codificación de muestra	pH	
	Inicial	Final
A´1	4.62	2.99
A´2	4.56	2.99
A´3	4.46	2.98
A´	4.55	2.99
B´1	5.42	3.26
B´2	5.52	3.26
B´3	5.59	3.27
B´	5.51	3.26
C´1	4.55	3.57
C´2	4.52	3.58
C´3	4.51	3.57
C´	4.53	3.57

Fuente: Elaboración propia

Al realizar pruebas por triplicado, se trabajó con los promedios de estos para poder realizar una tabla con las diferencias de los parámetros evaluados la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 24

Resultados promedios tratamiento de quitosano de langostino

Codificación de muestra	Potencial de hidrogeno	
	Inicial pH	Final pH
A	5.02	3.09
B	4.79	3.72
C	4.58	3.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Resultados promedios tratamiento de quitosano de camarón

Codificación de muestra	Potencial de hidrogeno	
	Inicial pH	Final pH
A	5.02	3.09
B	4.79	3.72
C	4.58	3.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Resultados diferenciales de ambos tratamientos

CODIFICACION DE MUESTRA	Q.	Q.
	LANGOSTINO pH	CAMARON pH
A	1.93	1.56
B	1.07	2.25
C	1.04	0.95

Fuente: Elaboración propia

Se puede representar mediante un gráfico de barras de la siguiente manera:

Potencial de hidrógeno (pH)

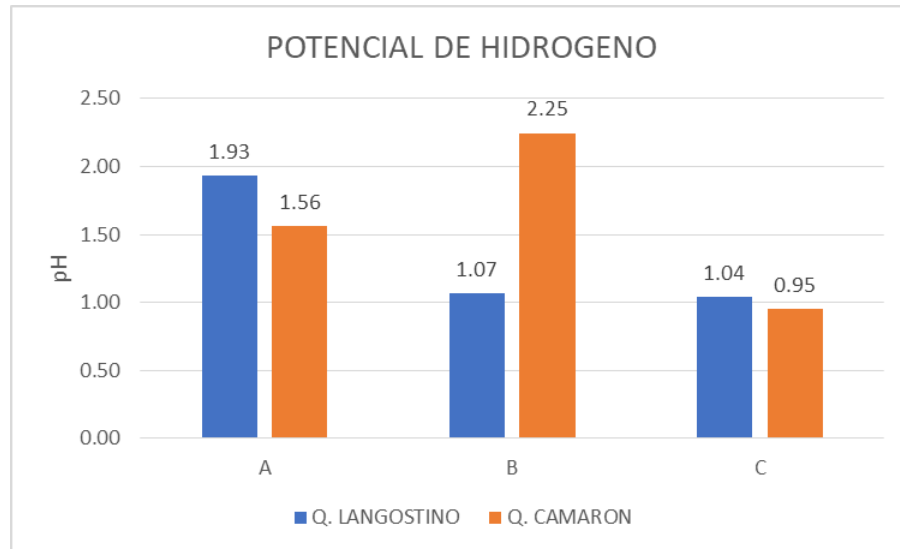


Figura 17. Comparación de resultados diferenciales de potencial de hidrogeno

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Desarrollando la comparación del gráfico de barras de las 3 dosis, con los valores promedios de quitosano de langostino y camarón, se puede presenciar que el mínimo de pH aumentado fue de 1.04 obtenida por la Dosis C (1.0 gr.) de quitosano de langostino, mientras que el mínimo de pH aumentado se da en la Dosis C (1.0 gr.) con 0.95 de quitosano de camarón; por lo cual el quitosano de camarón es más eficiente en cuanto parámetros de pH frente al quitosano de camarón.

3.2.4 Capacidad de adsorción de plomo con quitosano de pluma de langostino y camarón (qep)

Una vez obtenido las concentraciones de plomo y hallado el porcentaje de remoción antes y después del tratamiento se procede a determinar la capacidad de adsorción de nuestro polímero, para cual se presenta la siguiente formula y también una indicando los resultados.

$$q_{ep} = \left(\frac{C_o - C_{ep}}{M} \right) \times V$$

$C_o = \text{mg/L}$
 $C_{ep} = \text{mg/L}$
 $M = \text{gr}$
 $V = \text{L}$

Figura 18 Capacidad de adsorción

Fuente: Penedo, Manals, Vendrell y Salas,(2015)

Tabla 27

Resultados de capacidad de adsorción

QUITOSANO DE LANGOSTINO		QUITOSANO DE CAMARON	
$q_{ep(A1)} = (4.65 - 2.52/0,1) \times 1,0 = 21.3 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(A'1)} = (4.65 - 2.88/0,1) \times 1,0 = 17.7 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(A2)} = (4.65 - 3.05/0,1) \times 1,0 = 16 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(A'2)} = (4.65 - 2.43/0,1) \times 1,0 = 22.2 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(A3)} = (4.65 - 3.14/0,1) \times 1,0 = 15.1 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(A'3)} = (4.65 - 2.81/0,1) \times 1,0 = 18.4 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(A1)} = 17.47 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(A')} = 19.43 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(B1)} = (4.65 - 2.57/0,5) \times 1,0 = 4.16 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(B'1)} = (4.65 - 2.57/0,5) \times 1,0 = 4.16 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(B2)} = (4.65 - 2.76/0,5) \times 1,0 = 3.78 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(B'2)} = (4.65 - 2.61/0,5) \times 1,0 = 4.08 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(B3)} = (4.65 - 3.05/0,5) \times 1,0 = 3.2 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(B'3)} = (4.65 - 2.5/0,5) \times 1,0 = 4.3 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(B1)} = 3.713 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(B')} = 4.18 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(C1)} = (4.65 - 2.19/1.0) \times 1,0 = 2.46 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(C'1)} = (4.65 - 2.41/1.0) \times 1,0 = 2.24 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(C2)} = (4.65 - 2.83/1.0) \times 1,0 = 1.82 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(C'2)} = (4.65 - 2.00/1.0) \times 1,0 = 2.65 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(C3)} = (4.65 - 2.84/1.0) \times 1,0 = 1.81 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(C'3)} = (4.65 - 2.43/1.0) \times 1,0 = 2.22 \text{ mg.gr-1}$	
$q_{ep(C1)} = 2.03 \text{ mg.gr-1}$		$q_{ep(C')} = 2.37 \text{ mg.gr-1}$	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Ya calculada la capacidad de adsorción por cada dosis de quitosano, se obtienen promedios comparativos, para lo cual la capacidad máxima de adsorción es de 17.47 mg.gr-1 con la Dosis A (0.1 gr) de quitosano de langostino y la mínima de 2.03 mg.gr-1 con la Dosis C (1.0 gr); mientras que la capacidad máxima de adsorción es de 19.43 mg.gr-1 con la Dosis A' (0.1 gr) de quitosano de camarón y la mínima de 2.37 mg.gr-1 con la Dosis C (1.0 gr).

De esta manera podemos recrear otra tabla con las capacidades de adsorción (q_{ep}) promedios por cada dosis y fuente de quitosano

Tabla 28

Resultados promedios de capacidad de adsorción

Codificación de muestra	Q. Langostino	Q. Camarón
A	17.47	19.43
B	3.71	4.18
C	2.03	2.37

Fuente: Elaboración propia

Representando gráficamente los valores de remoción por medio de barras:

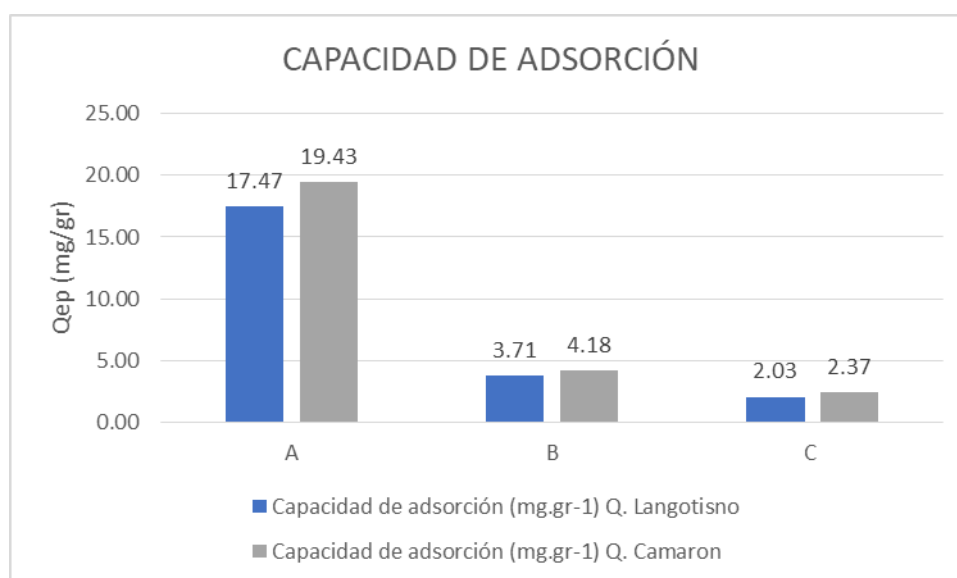


Figura 19. Resultados de capacidad de adsorción

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Realizando la comparación entre las capacidades de adsorción de las 3 dosis, se observa que en la Dosis A (0.1 gr) tiene la mayor qep de Pb con un 17.47 mg.gr-1 del quitosano de langostino y la menor qep con un 2.03 mg.gr-1 de la Dosis C (1.0 gr); mientras que la dosis A' (1.0 gr) del quitosano de camarón obtuvo la mayor qep de Pb con 19.43 del quitosano de camarón y la menor

qep con un 2.37 mg.gr-1 de la Dosis C (1.0 gr). Indicando que a menor dosis hay mayor capacidad de adsorción de plomo (Pb).

3.2.5 Análisis estadístico

Prueba de normalidad

Para determinar si nuestros datos se desarrollen con una distribución normal, procesamos las variables tratamiento con las concentraciones.

Se consideran normales cuando la significancia (p) es mayor a 0.05 y no normales cuando la significancia (p) es menor a 0.05.

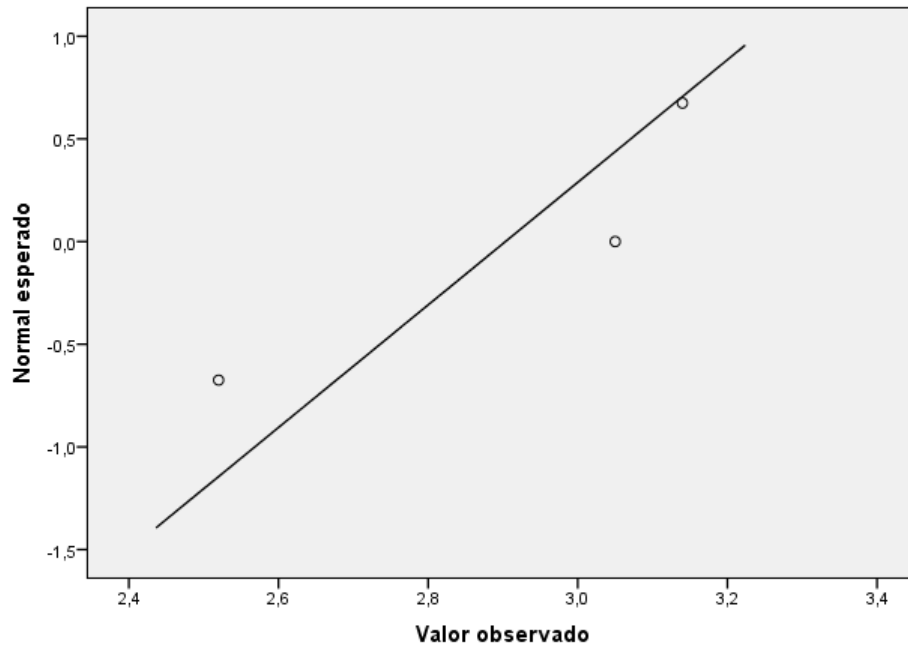
Al tener 18 muestras, se consideró la data generada de cada tratamiento y la normalidad se contrasto con las significancias de Shapiro-Wilk, puesto que ($n < 50$), la cual se muestra en la tabla.

Tabla 29

Prueba de normalidad

Tratamiento	Kolmogorov-Siminov			Shapiro-Wilk		
	Estadístic o	gl	Sig.	Estadístic o	gl	Sig.
Quitosano de langostino (0.1 gr - 10 minutos)	,336	3	.	,856	3	,257
Quitosano de langostino (0.5 gr - 20 minutos)	,222	3	.	,996	3	,771
Quitosano de langostino (1.0 gr - 30 minutos)	,380	3	.	,762	3	,056
Quitosano de camarón (0.1 gr - 10 minutos)	,332	3	.	,863	3	,277
Quitosano de camarón (0.5 gr - 20 minutos)	,238	3	.	,976	3	,702
Quitosano de camarón (1.0 gr - 30 minutos)	,371	3	.	,785	3	,079

Fuente: SPSS Statistics 21



1

Figura 20. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de langostino (0.1 gr – 10 minutos)

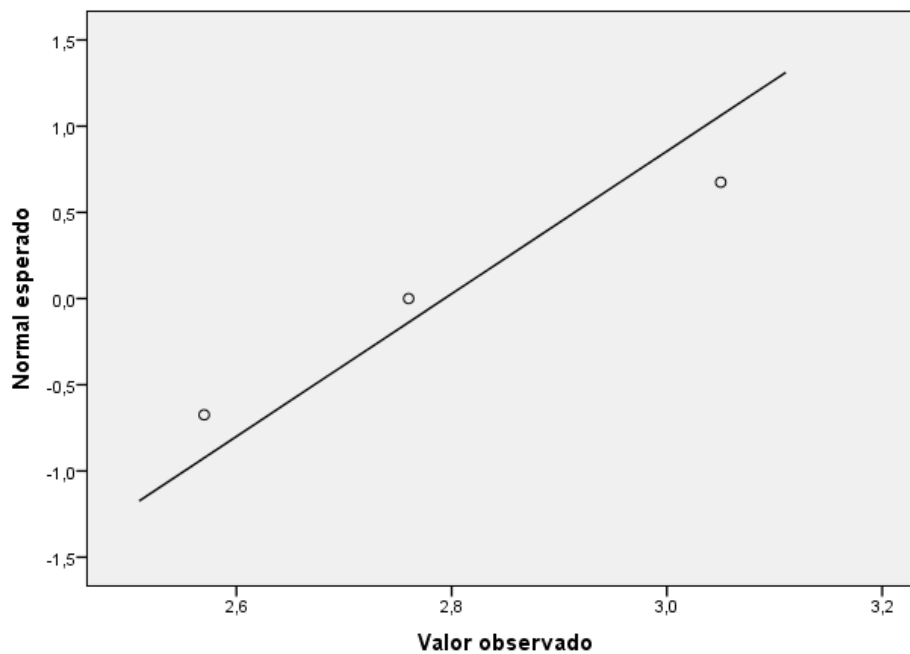


Figura 21. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de langostino (0.5 gr – 20 minutos)

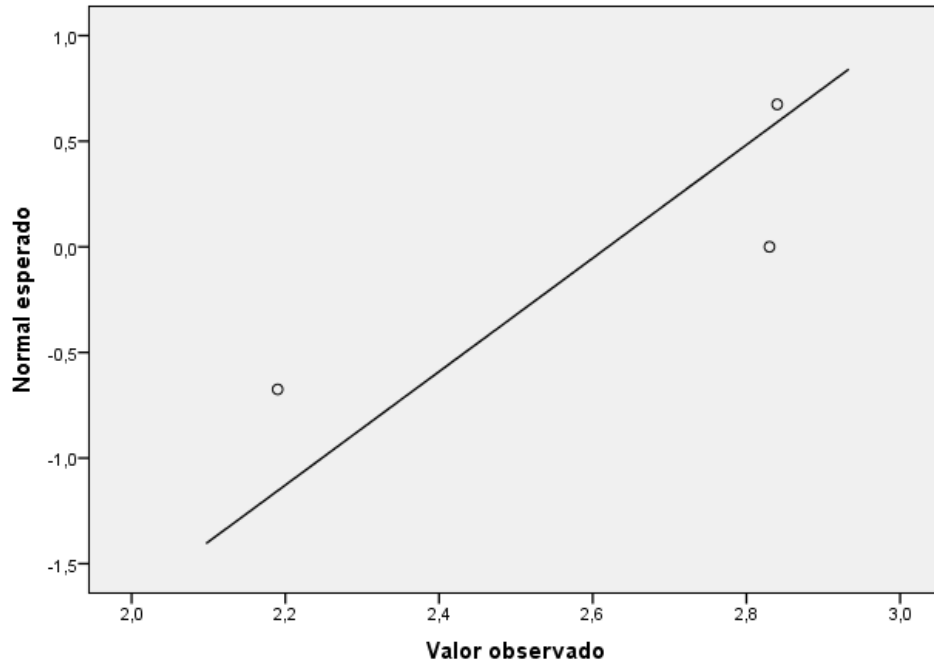


Figura 22. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de langostino (1.0 gr – 30 minutos)

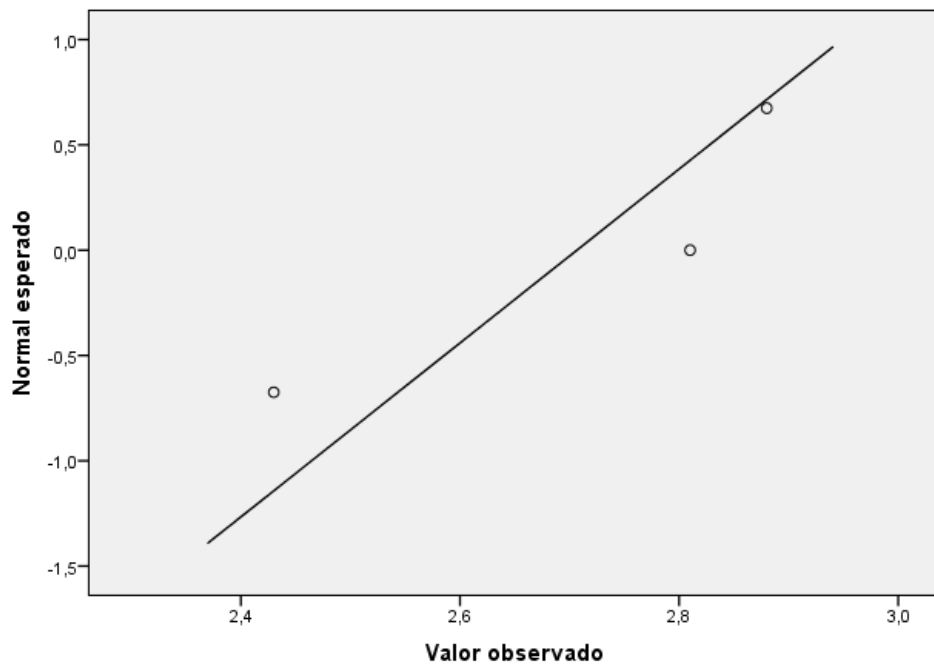


Figura 23. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de camarón (0.1 gr – 10 minutos)

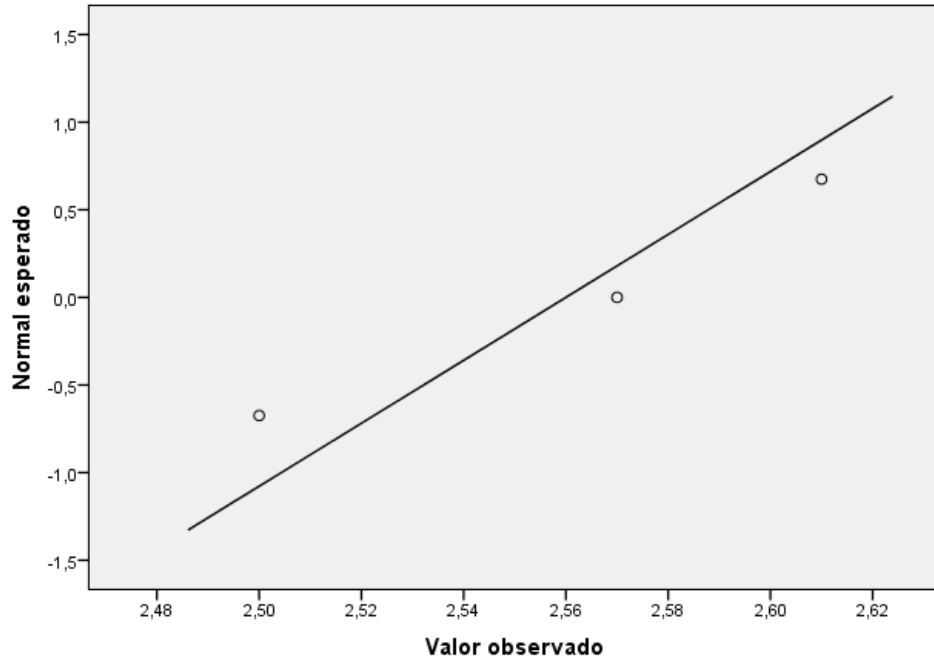


Figura 24. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de camarón (0.5 gr – 20 minutos)

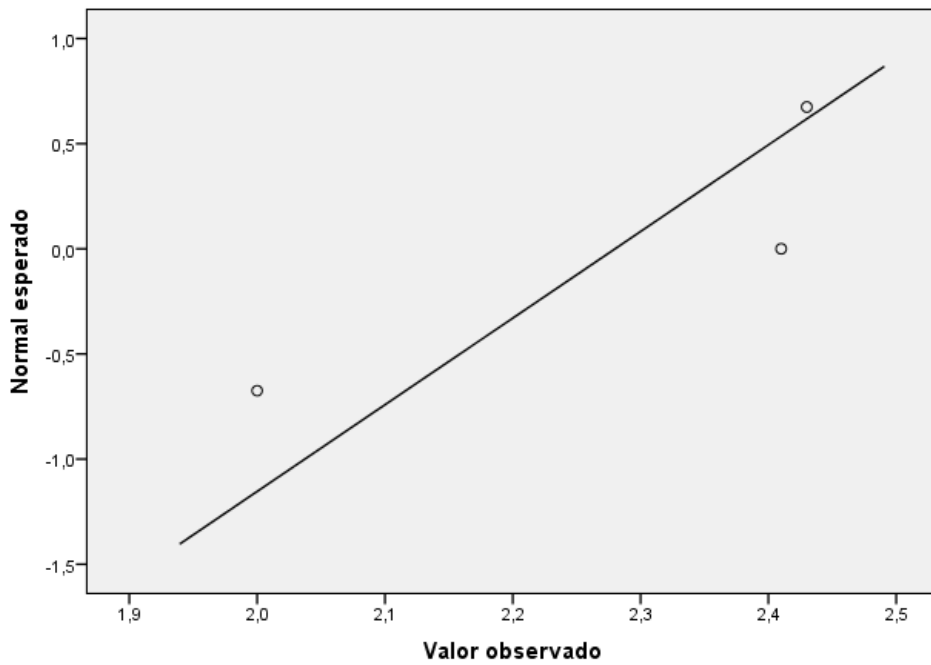


Figura 25. Q-Q normal de Concentración para tratamiento = Quitosano de camarón (1.0 gr – 30 minutos)

Interpretación:

En la tabla N° 22 se verifica que todos los datos tienen una distribución normal ya que la significancia (p) es mayor a 0.05

Prueba de Homogeneidad de Varianza

Si en caso las varianzas no son homogéneas ($p < 0.05$) se utiliza la prueba de Games Hollew y si son homogéneas ($p > 0.05$) se hace empleo de la prueba de Tukey, los datos se muestran en la tabla

Tabla 30

Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2.221	5	12	,119

Obtenido del SPSS Statistics 21

Interpretación: Se verifico que $p > 0.05$ es decir, cumple que las varianzas son homogéneas y se utiliza la prueba de Tukey

Se procedió a trabajar con la tabla N° 31 donde se determinó si existen o no diferencias significativas mediante esta prueba de decisión

$p > 0.05$ = No hay diferencias significativas en los resultados de concentración de plomo – Acepta H_0

$p < 0.05$ = Hay diferencias significativas en los resultados de concentración de plomo – Rechaza H_0

Tabla 31

ANOVA Unifactorial

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,701	5	,140	1,956	,158
Intra-grupos	,860	12	,072		
Total	1,561	17			

Obtenido del SPSS Statistics 21

Interpretación

Se verificó que la significancia obtenida de los 18 datos indica que $p > 0.05$. Por lo tanto no hay diferencias significativas y se acepta H_0 , quedando por válida la hipótesis nula

Tabla 32

Comparación de diferencias significativas de langostino

(I) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
Quitosano de langostino (0.1 gr - 10 minutos)	Quitosano de langostino (0.5 gr - 20 minutos)	0.11000	0.21858	0.995	-0.6242	0.8442
	Quitosano de langostino (1.0 gr - 30 minutos)	0.28333	0.21858	0.782	-0.4509	1.0175
	Quitosano de camarón (0.1 gr - 10 minutos)	0.19667	0.21858	0.939	-0.5375	0.9309
	Quitosano de camarón (0.5 gr - 20 minutos)	0.34333	0.21858	0.630	-0.3909	1.0775
	Quitosano de camarón (1.0 gr - 30 minutos)	0.62333	0.21858	0.115	-0.1109	1.3575
Quitosano de langostino (0.5 gr - 20 minutos)	Quitosano de langostino (0.1 gr - 10 minutos)	-0.11000	0.21858	0.995	-0.8442	0.6242
	Quitosano de langostino (1.0 gr - 30 minutos)	0.17333	0.21858	0.963	-0.5609	0.9075
	Quitosano de camarón (0.1 gr - 10 minutos)	0.08667	0.21858	0.998	-0.6475	0.8209
	Quitosano de camarón (0.5 gr - 20 minutos)	0.23333	0.21858	0.885	-0.5009	0.9675
	Quitosano de camarón (1.0 gr - 30 minutos)	0.51333	0.21858	0.248	-0.2209	1.2475
Quitosano de langostino (1.0 gr - 30 minutos)	Quitosano de langostino (0.1 gr - 10 minutos)	-0.28333	0.21858	0.782	-1.0175	0.4509
	Quitosano de langostino (0.5 gr - 20 minutos)	-0.17333	0.21858	0.963	-0.9075	0.5609
	Quitosano de camarón (0.1 gr - 10 minutos)	-0.08667	0.21858	0.998	-0.8209	0.6475
	Quitosano de camarón (0.5 gr - 20 minutos)	0.06000	0.21858	1.000	-0.6742	0.7942
	Quitosano de camarón (1.0 gr - 30 minutos)	0.34000	0.21858	0.639	-0.3942	1.0742

Obtenido del SPSS Statistics 21

Tabla 33

Comparación de diferencias significativas de camarón

(I) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
Quitosano de camarón (0.1 gr - 10 minutos)	Quitosano de langostino (0.1 gr - 10 minutos)	-0.19667	0.21858	0.939	-0.9309	0.5375
	Quitosano de langostino (0.5 gr - 20 minutos)	-0.08667	0.21858	0.998	-0.8209	0.6475
	Quitosano de langostino (1.0 gr - 30 minutos)	0.08667	0.21858	0.998	-0.6475	0.8209
	Quitosano de camarón (0.5 gr - 20 minutos)	0.14667	0.21858	0.982	-0.5875	0.8809
	Quitosano de camarón (1.0 gr - 30 minutos)	0.42667	0.21858	0.419	-0.3075	1.1609
Quitosano de camarón (0.5 gr - 20 minutos)	Quitosano de langostino (0.1 gr - 10 minutos)	-0.34333	0.21858	0.630	-1.0775	0.3909
	Quitosano de langostino (0.5 gr - 20 minutos)	-0.23333	0.21858	0.885	-0.9675	0.5009
	Quitosano de langostino (1.0 gr - 30 minutos)	-0.06000	0.21858	1.000	-0.7942	0.6742
	Quitosano de camarón (0.1 gr - 10 minutos)	-0.14667	0.21858	0.982	-0.8809	0.5875
	Quitosano de camarón (1.0 gr - 30 minutos)	0.28000	0.21858	0.790	-0.4542	1.0142
Quitosano de camarón (1.0 gr - 30 minutos)	Quitosano de langostino (0.1 gr - 10 minutos)	-0.62333	0.21858	0.115	-1.3575	0.1109
	Quitosano de langostino (0.5 gr - 20 minutos)	-0.51333	0.21858	0.248	-1.2475	0.2209
	Quitosano de langostino (1.0 gr - 30 minutos)	-0.34000	0.21858	0.639	-1.0742	0.3942
	Quitosano de camarón (0.1 gr - 10 minutos)	-0.42667	0.21858	0.419	-1.1609	0.3075
	Quitosano de camarón (0.5 gr - 20 minutos)	-0.28000	0.21858	0.790	-1.0142	0.4542

Obtenido del SPSS Statistics 21

Interpretación:

Según la prueba de Tukey se observa que las diferencias significativas (p) entre los 6 tratamientos por triplicado, todos son superiores a 0.05.

CONCLUSIONES

- La eficiencia de adsorción para el tratamiento de agua con quitosano de langostino para 0.1 gr es de 17.47 mg.gr-1 y 37.56 %, 0.5 gr es de 3.71 mg.gr-1 y 39.93 %, 1.0 gr es de 2.03 mg.gr-1 y 43.66 %; mientras con quitosano de camarón para 0.1 gr es de 19.43 mg.gr-1 y 41.79 %, 0.5 gr es de 4.18 mg.gr-1 y 42.72 %, 1.0 gr es de 2.37 mg.gr-1 y 50.97 %.
- El tiempo adecuado y la dosis optima en el tratamiento de aguas con quitosano de langostino es de 10 min y 0.1 gr., teniendo una capacidad de adsorción de 17.47 mg.gr-1; presentando parámetros fisicoquímicos diferenciales de Ce de 162.91 μ S /cm., 1.93 pH y 0.3 °C.
- El tiempo adecuado y la dosis optima en el tratamiento de aguas con quitosano de camarón es de 10 min y 0.1 gr., teniendo una capacidad de adsorción de 19.43 mg.gr-1; presentando parámetros fisicoquímicos diferenciales de Ce de 162.22 μ S /cm., 1.56 pH y 0.23 °C.
- El quitosano de camarón obtuvo un mayor potencial de eficiencia de adsorción (E%) de plomo con un 50.97 %, mientras que el quitosano de langostino obtuvo 43.66 %, ambos casos durante una dosis de 1.0 gr, 30 minutos a 250 r.p.m.

RECOMENDACIONES

- Realizar una mayor cantidad pruebas de tiempo y dosis con el quitosano de langostino y camarón para obtener así una cantidad grande de valores en eficiencia de adsorción.
- Variar la procedencia de polímeros, ya que en esta prueba solo se usaron dos tipos de quitosano, habiendo otras fuentes como son el de calamar, pota y cangrejo.
- Determinar una mayor cantidad de datos tanto in situ como ex situ para saber qué tanta diferencia existe entre los parámetros fisicoquímicos tomados en campo y laboratorio.
- Realizar estudios de desorción en el quitosano, ya que estos podrían ser reutilizados y ser aplicado en otro tipo de actividades

BIBLIOGRAFIA

- Álava, J. (2015). *Obtención y caracterización de quitosano de bajo peso molecular a partir del exoesqueleto de camarón (*litopenaeus vannamei*) y su aplicación en las aguas residuales provenientes de la trampa de grasa de la estación de servicio uniser S.A.* Tesis de Titulación, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias, Matemáticas, Físicas y Químicas, Portoviejo.
- Altamirano, M. (2015). *Remoción de Pb+2 por medio de adsorción en quitosano.* Tesis de Titulación, Universidad de Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Coatzacoalcos.
- Andrade, C. (2015). *Tratamiento de aguas contaminadas con crudo utilizando quitosano como adsorbente.* Tesis de Titulación, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Quito.
- Arango, Á. (2005). La electrocuagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Lasallista de investigación*, 2, 50.
- Autoridad Nacional del Agua. (2012). *GESTION DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ* . Lima. Obtenido de <https://docplayer.es/56102344-Gestion-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-en-el-peru-direccion-de-gestion-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos.html>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales.* Obtenido de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- Ayala, M., Peñuela, G., & Montoya, J. (2006). Procesos de membranas para el tratamiento de agua residual industrial con altas cargas de colorante amarillo ácido 23. *Revista Facultad de Ingeniería*, 38, 53-63.
- Buitron, D. (2015). *Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano.* Tesis de Titulación, Universidad Central deL Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Quito.
- Cañizares, R. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista latinoamericana de microbiología*, 42, 131-143.

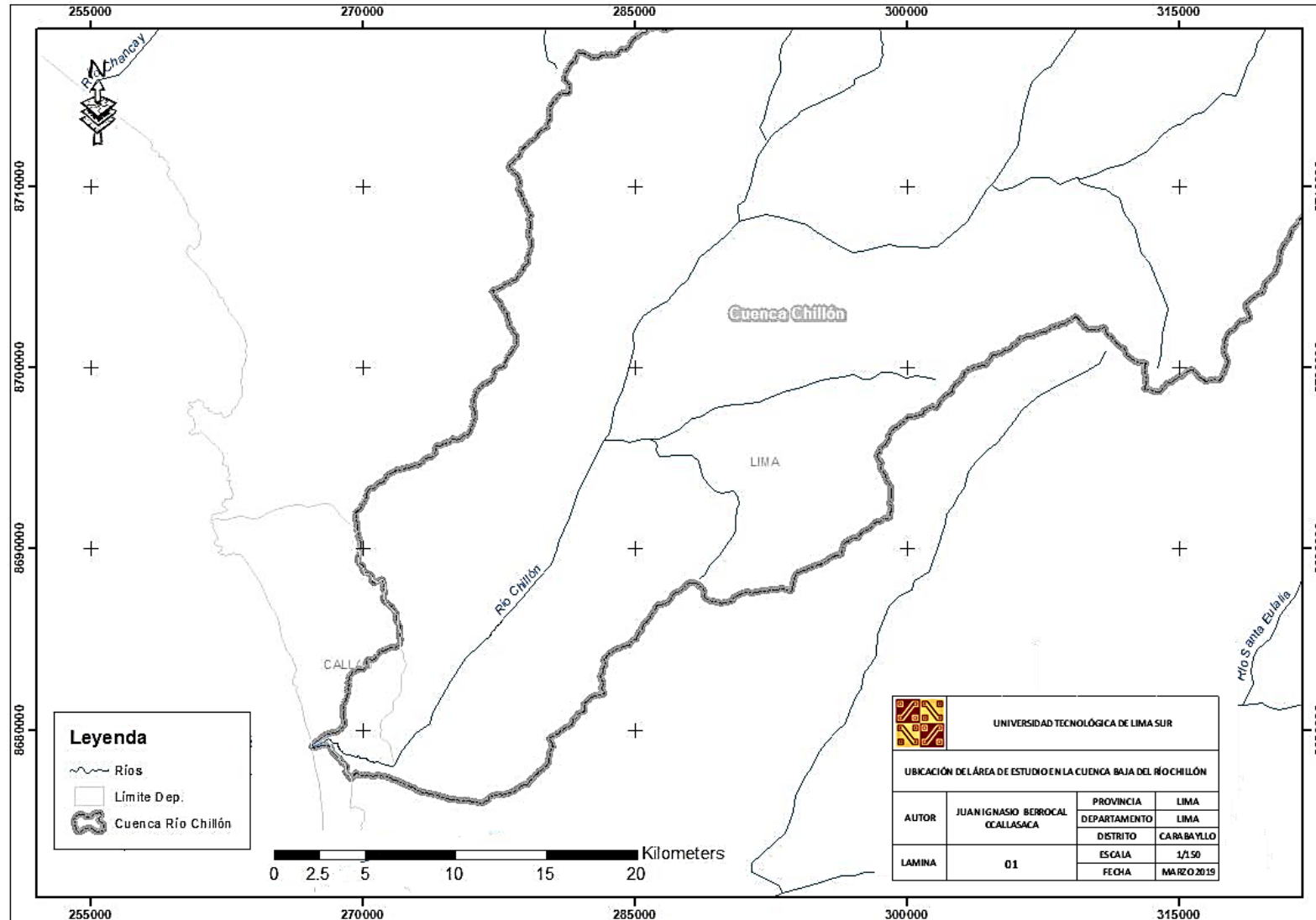
- Castrillón, D. (2012). *Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo B en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de villa santana*. Tesis de Titulación, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., & Sandoval, I. (2015). Tratamiento para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. *Ingeniería y Región*, 78.
- Cercedo, D. (2018). *Uso del quitosano comercial y el obtenido de pluma de pota (*Dosidicus gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la cuenca Baja del Río Chillón a nivel de laboratorio*. Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Circulo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energías. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales y industriales*. Obtenido de https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf
- Contreras, K., & Heredia, V. (2017). *Aplicación del quitosano obtenido de los exoesqueletos de langostinos (*Litopenaeus vannamei*) en la reducción de la concentración de nitratos de aguas de pozo de la comunidad de Chaullacocha*. Tesis de Titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Encinas, M. D. (2011). *Medio Ambiente y Contaminación*.
- Flores, J. (2017). *Eficiencia de una membrana de polipropileno modificada con quitosano en la remoción de iones metálicos Ca^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} y Pb^{+2}* . Tesis de Magistratura, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química, México.
- Fontana, D., Lascano, V., Martínez, S., Solá, N., Virgolini, M., & Mazziere, M. (abril de 2013). Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico. *Revista de Salud Pública*, 17(1), 49-59.
- Gamarra, R. (2015). *Eficacia de la tecnología de membranas para convertir efluentes mineros, en aguas para riego*. Universidad de Piura, Piura.
- García, C. (2017). *Obtención de quitosano a partir de exoesqueleto de langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*), para el tratamiento de efluentes industriales*. Tesis de Titulación, Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Lima.

- García, N., Villanueva, P., Campos, E., & Velázquez, A. (2012). Análisis de la adsorción como método e pulvimientos en el tratamiento de aguas residuales. *Quivera*, 14, 109-129.
- Gilpavas, E. (2008). *Aplicación de la electroquímica en el tratamiento de aguas residuales*. Medellín: Serie de cuadernos de investigación.
- Gonzales, C., Valbuena, A., Celis, B., Perentena, L., & Colina, M. (2015). Degradación oxidativa de quitosano con peróxido de hidrógeno. *Iberoamericana de polímeros*, 16(1), 43-68.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Estandares de calidad ambiental para agua*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>
- Orta, B. (2015). *Adsorción de plomo(III) en un adsorbente irradiado con rayos gamma*. Tesis de Titulación, Universidad autónoma del estado de México, Toluca.
- Penedo, M., Manals, E., Vendrell, F., & Salas, D. (2015). Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco. *RTQ*, 35(15).
- Pérez, C. (2010). *Purificación y concentración de plomo proveniente de licores de lixiviación de galena a elevada presión y temperatura por medio de resinas de intercambio*. Instituto politécnico nacional, México.
- Ramos, J. (2017). *Bioadsorción con quitosano para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de curtiembre en Huachipa*. Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Lima.
- Rodríguez, A., Ramírez, M., Rivero, D., Bosquez, E., Barrera, L., & Baustita, S. (2009). Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos. *Chapingo serie horticultura*, 15(3), 307-317.
- Romero, M., Sanchez, S., & Benavente, M. (2018). Aplicación de quitosano modificado en el tratamiento de aguas residuales de tenearias. *Nexo*, 31(2), 104-119.
- Rudy, J. (2015). *Adsorción y desorción de iones de plata sobre quitina y quitosano de *Litopenaeus vannamei**. Tesis de magistratura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

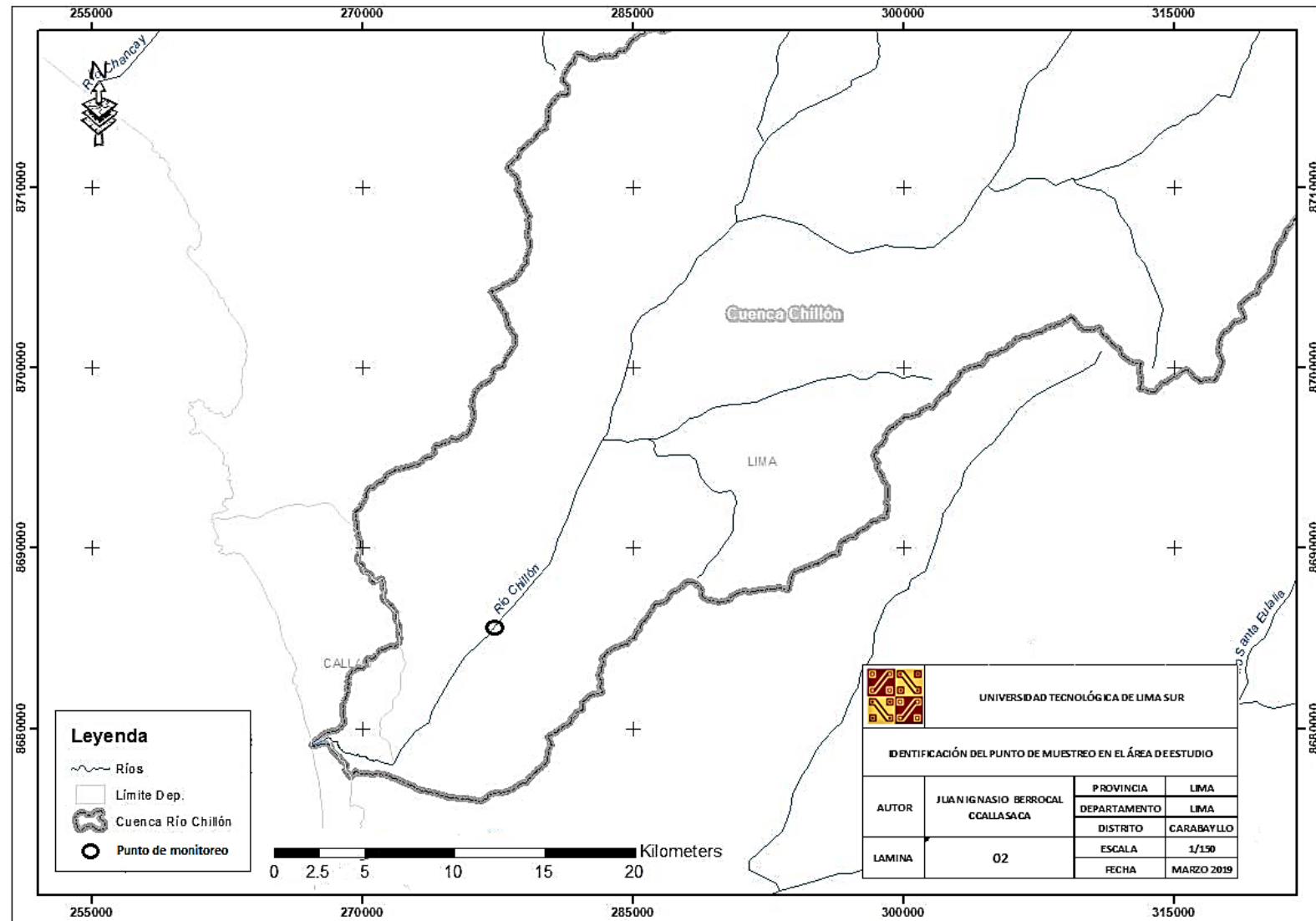
- Sánchez, C. (2015). Fichas técnicas de etapas de proceso de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil. *Inditex*, 6, 2.
- Tenorio, G. (2006). *Caracterización de la biosorción de cromo con hueso de aceituna*. Tesis Doctoral, Universidad de granada, Granada.
- Vicente, J. J. (2010). Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa suratlántica andaluza afectados por contaminación difusa. *Tesis doctoral*. Universidad de Cádiz, Cádiz.

ANEXOS

ANEXO 1: Mapa de Ubicación de la cuenca baja del Río Chillón



ANEXO 2: Identificación de los puntos de muestreo



ANEXO 3: Monitoreo de calidad de agua en la cuenca del Río Chillón

- 1) El monitoreo se realizó el día 04-03-2019 a las 13:30 horas en la cuenca baja del Río Chillón, ubicándose en el distrito de Puente Piedra – Carabaylo



Figura 26. Curso inferior del Río Chillón

- 2) Se comenzó a proceder con la evaluación de parámetros in situ según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J N° 010-2016-ANA), como son el pH, temperatura (°C) y conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$); utilizando el equipo pHmetro - HI98130 Portátil Hanna, el cual este se calibro con sus respectivos buffers un día antes del monitoreo.



Figura 27. pHmetro-HI98129-HANNA

- 3) Los parámetros in situ que se evaluaron primero fueron los de temperatura, pH y conductividad eléctrica que se obtuvieron sacando muestras de agua en dirección contraria a la cuenca en recipientes de 1 L, enjuagándolos 3 veces con el agua del río luego para poder medirlos.



Figura 28. Recolección de muestras en frascos de polietileno de alta densidad



Figura 29. Medición de parámetros (Ce, T y pH)

- 4) Una vez terminada de evaluar los parámetros in situ, se procedió a la recolección de muestras de agua para el análisis de metales pesados (Pb), para lo cual se utilizaron 1 frasco de polietileno de alta densidad de 1 L., el cual se enjuago 3 veces con el agua de río y se colocaron a contra corriente de esta.



Figura 30. Recolección de muestras para el análisis de Pb

- 5) Continuando con la recolección de agua para el análisis de metales pesados (Pb), el cual será llevado al Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego (LAASMA); se requirió de un perseverante para metales pesados el cual esta denotado en el R.J N° 010-2016-ANA, haciéndose uso del Ácido Nítrico (HNO_3) aplicándose hasta obtener un pH de 1 – 2



Figura 31. Preservación de la muestra con ácido nítrico

- 6) Para finalizar con el monitoreo se rotularon las muestras recolectadas con los datos principales que pide el laboratorio y con el debido almacenaje el cual consiste en el traslado adecuado a una temperatura de 5 °C para que no afecte en otros parámetros que se quieran evaluar.

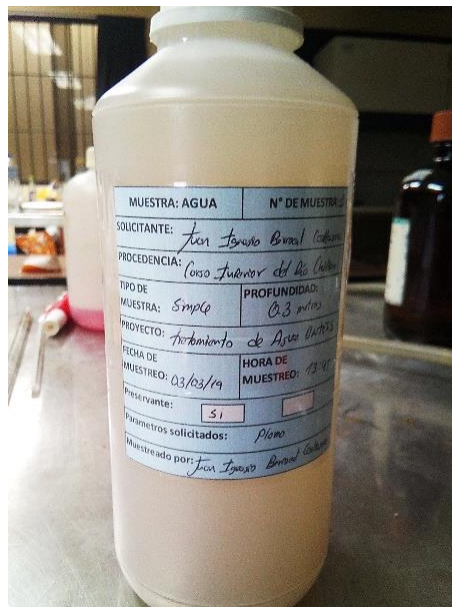


Figura 32. Rotulo de la muestra para su análisis



Figura 33. Cooler utilizado para el transporte de la muestra

- 7) Los parámetros que se analizaron ex situ fueron los de turbidez (NTU) y oxígeno disuelto (mg/L) los cuales fueron hallados con el multiparametro Hach HQ40d y con el medidor de Turbidez Palintest Micro 950, previamente calibrados en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica de Lima Sur.



Figura 34. Medición de turbidez

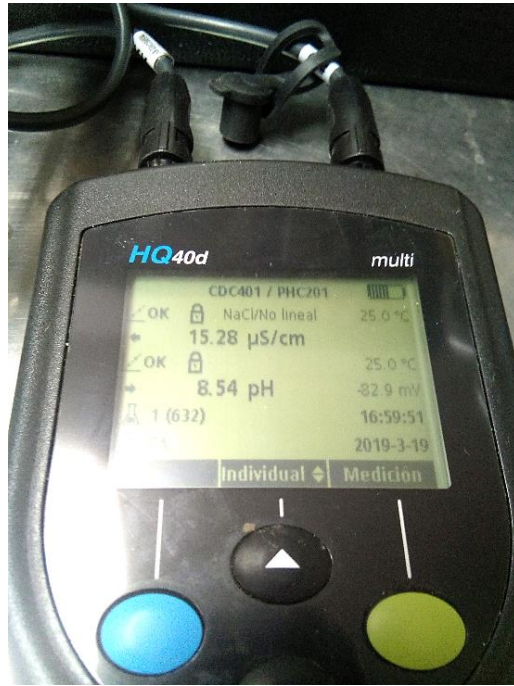


Figura 35. Medición de oxígeno disuelto

ANEXO 4: Obtención de Quitosano de Langostino y Calamar

- 1) Para la obtención de estos polímeros se tuvo que realizar un recopilatorio de los distintos lugares de venta dentro de Lima, para poder solicitar el precio del producto; ya que este cuenta con una demanda regularmente alta. Para esto se trabajó con dos proveedores el Laboratorio y Consultoría Química Perú “LABCHIMICA” y Tiens Biotech Group “TIENS”.
- 2) Para la obtención de quitosano de langostino se adquirió por parte de LABCHIMICA

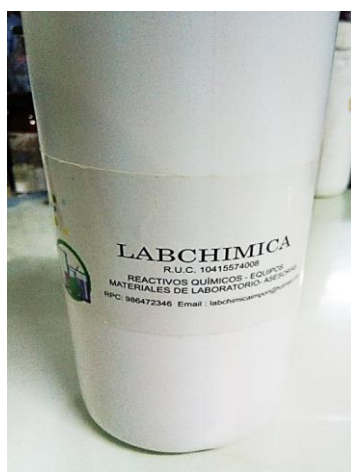


Figura 36. Quitosano de langostino

- 3) Para la obtención de quitosano de camarón se adquirió por parte de TIENS



Figura 37. Quitosano de camarón

ANEXO 5: Preparación de solución madre con quitosano de Langostino y Camarón

- 1) Como primer paso se diluyen 2.5 ml de ácido acético glacial en una fiola de 250 ml, complementando este envase con agua destilada hasta llegar a la capacidad de este, repitiendo dos veces para tener una solución de 500 ml; y a su vez repetirlo por cada dosis de quitosano.



Figura 38. Ácido acético glacial

- 2) Se agita esta mezcla para tener una solución pareja y se distribuya todo el ácido en el agua destilada.



Figura 39. Agitación del ácido acético glacial con el agua destilada

- 3) Se procede pesando el quitosano de langostino Y de camarón en la balanza analítica a 0.25 gr., 1.25 gr., y 2.5 gr.



Figura 40. Quitosano de langostino y camarón

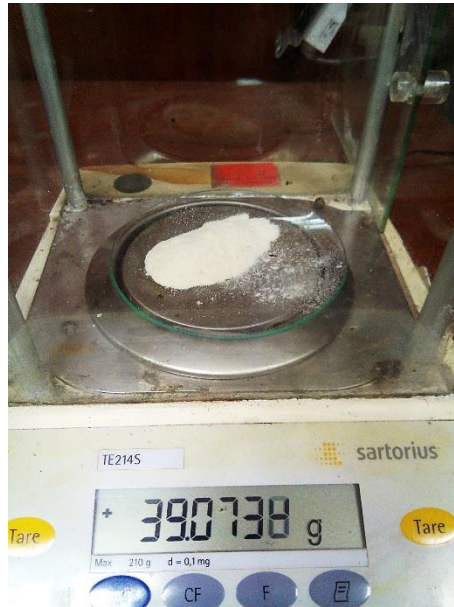


Figura 41. Pesaje del quitosano de langostino y camarón

- 4) Se añade cada quitosano pesado a 250 ml de solución de agua destilada con ácido acético glacial y esta se lleva a agitación hasta tener una mezcla homogénea



Figura 42. Agitación para diluir el quitosano

- 5) Al final se obtienen 6 soluciones cada una de 500 ml con 0.5 gr., 2.5 gr. y 5.0 gr.; 3 de quitosano de langostino y 3 de quitosano de camarón



Figura 43. Soluciones madre de quitosano de langostino y camarón

ANEXO 6: Tratamiento de agua con quitosano de langostino y camarón

- 1) Para empezar se pesó el Nitrato de Plomo (7.433 gr) para ser disuelto en 1000 ml de agua desionizada en un vaso precipitado de 1000 ml.



Figura 44. Nitrato de plomo y su pesaje

- 2) Luego se procede a seleccionar 6 jarras para el tratamiento para lo cual se llenan de 999.0 ml de agua desionizada y se agrega 1.0 ml de la solución de nitrato de plomo. Y a su vez se trabajan por triplicado para las 3 diferentes dosis de 0.1, 0.5 y 1.0 gr de quitosano de langostino y de camarón para los tiempos de 10, 20 y 30 minutos, respectivamente con 250 r.p.m.



Figura 45. Uso del equipo test de jarras

- 3) Luego de terminar el tiempo establecido se procedió a tomar los parámetros fisicoquímicos, como Potencial de hidrógeno (pH), Temperatura (°C) y Conductividad eléctrica (Ce) para determinar cuánto ha mejorado el agua contaminada con ayuda del quitosano de langostino y camarón, con apoyo del multiparametro.



Figura 46. Medición de los parámetros fisicoquímicos

- 4) Luego de evaluar los parámetros fisicoquímicos con un total de 18 muestras, estas se llevan a analizar al Laboratorio de Agua, Suelo, Medio ambiente y Fertirriego (LAASMA); para poder determinar la adsorción plomo por parte del quitosano de langostino y camarón.



Figura 47. Muestras rotuladas

ANEXO 7: -Registro de datos de campo para el monitoreo de agua

Punto de monitoreo	Coordenadas UTM (WSG 84 - Zona 18S)				Parametros	Resultados obtenidos	Descripción del lugar
	Norte	Este	Altitud	Fecha y hora			
PM-01							
PM-02							
PM-03							

ANEXO 8: Etiquetado para el monitoreo de agua

MUESTRA: AGUA	N° DE MUESTRA
SOLICITANTE:	
PROCEDENCIA:	
TIPO DE MUESTRA:	PROFUNDIDAD:
PROYECTO:	
FECHA DE MUESTREO:	HORA DE MUESTREO:
Preservante:	<input type="text"/> <input type="text"/>
Parametros solicitados:	
Muestreado por:	

MUESTRA: AGUA	N° DE MUESTRA
SOLICITANTE:	
PROCEDENCIA:	
TIPO DE MUESTRA:	PROFUNDIDAD:
PROYECTO:	
FECHA DE MUESTREO:	HORA DE MUESTREO:
Preservante:	<input type="text"/> <input type="text"/>
Parametros solicitados:	
Muestreado por:	

ANEXO 10: Registro de identificación del punto de monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:	<input type="text"/>	
Clasificación del cuerpo de agua:	<input type="text"/>	
<small>(Categorizado de acuerdo a la R.L. N°200-2010-ANA y modificaciones posteriores)</small>		
Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:	<input type="text"/>	
<small>(Código Pflsstat)</small>		
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO		
Código del punto de monitoreo:	<input type="text"/>	
<small>(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)</small>		
Descripción:	<input type="text"/>	
<small>(Origen/Ubicación)</small>		
Accesibilidad:	<input type="text"/>	
<small>(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)</small>		
Representatividad:	<input type="text"/>	
<small>(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)</small>		
Finalidad del monitoreo:	<input type="text"/>	
<small>(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante,)</small>		
Reconocimiento del Entorno:	<input type="text"/>	
<small>(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo.)</small>		
UBICACIÓN		
Distrito:	Provincia:	Departamento:
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Localidad: <input type="text"/>		
Coordenadas (WGS84):	Sistema de coordenadas:	<input type="checkbox"/> Proyección UTM
		<input type="checkbox"/> Geográficas
Norte/Latitud: <input type="text"/>	Zona: <input type="text"/>	(17, 18 o 19; para UTM solamente)
Este/Longitud: <input type="text"/>	Altitud: <input type="text"/>	(metros sobre el nivel del mar)
Croquis de Ubicación del Punto de Monitoreo (referencia)		Fotografía: <small>(tomada a un mínimo de 20 mts. de distancia del punto de monitoreo)</small>
<input type="text"/>		<input type="text"/>
Elaborado por _____		Fecha _____

ANEXO 11: Resultados de plomo en la cuenca baja del Río Chillón



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 004242

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE : JUAN IGNASIO BERROCAL CCALLASACA
PROYECTO : ADSORCIÓN DE IONES DE PLOMO EMPLEANDO QUITOSANO
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS DE LA
CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN
PROCEDENCIA : Cuenca baja de Río Chillón
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 06 de marzo 2019

Nº LABORATORIO	4242
Nº DE CAMPO	AGUA
Plomo mg/L	4.65

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



ANEXO 12: Resultados finales de plomo con quitosano de langostino



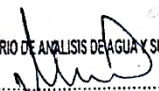
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-ia@lamolina.edu.pe



ÁNÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE : JUAN IGNASIO BERROCAL CCALLASACA
PROYECTO : ADSORCIÓN DE IONES DE PLOMO EMPLEANDO QUITOSANO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN
PROCEDENCIA : Laboratorio - UNTELS
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALÍISIS : La Molina, 22 de marzo 2019

Muestras	PloMo mg/L
A1	2.52
A2	3.05
A3	3.14
B1	2.57
B2	2.76
B3	3.05
C1	2.19
C2	2.83
C3	2.84

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



ANEXO 13: Resultados finales de plomo con quitosano de camarón



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-ia@lamolina.edu.pe



ÁNÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE : JUAN IGNASIO BERROCAL CCALLASACA
PROYECTO : ADSORCIÓN DE IONES DE PLOMO EMPLEANDO QUITOSANO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN
PROCEDENCIA : Laboratorio - UNTELS
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 22 de marzo 2019

Muestras	Plomo mg/L
A'1	2.88
A'2	2.43
A'3	2.81
B'1	2.57
B'2	2.61
B'3	2.5
C'1	2.41
C'2	2.00
C'3	2.43

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



ANEXO 14: Método de análisis de Plomo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
 Departamento de Recursos Hídricos
LABORATORIO DE AGUA SUELO MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. Email: las-fla@lamolina.edu.pe



MÉTODOS NORMALIZADOS PARA AGUA POTABLE Y RESIDUAL

APHA, AWWA, WPCF

Descripción de Análisis	Método:
Microelementos: Fe, Cu, Zn	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3111B pag. 3-21 Fe LD = 0.02 mg/L, Cu LD = 0.09 mg/L, Zn LD = 0.005 mg/L
Elementos Pesados: Pb, Cd, Cr	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3111B pag. 3-21 Pb LD = 0.05, Cd LD = 0.002 mg/L, Cr LD = 0.02 mg/L
Nitratos	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - NO ₃ B pag. 4-149, No indica
Dureza Total	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2340 C pag. 2-58, No indica
Alcalinidad Total, Carbonatos	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2320 B pag. 2-39 LD = 10 mg CaCO ₃ /L
Turbidez	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2130 B pag. 2-14 LD = 0 NTU
Cloruros	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - Cl B pag. 4-77, No indica
Sulfatos	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - SO ₄ E pag. 4-233 LD = 1 mg SO ₄ /L
pH	OPS/CEPIS/PUB/95.8 - 1995 Método del potenciómetro pag 18 LD = 0 - 14
Bicarbonatos	Método titulométrico, LD = No indica
CE	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2510-B pag. 2-65 LD = 0 - 19 mS/cm
Sólidos Totales	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2540 B pag. 2-80, LD = No indica
Sólidos Totales Disueltos secado a 180°C	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2540 C pag. 2-81, LD = No indica
Sólidos Totales en suspensión secado a 103-105°C	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2540 D pag. 2-83, LD = No indica
Sólidos Sedimentales	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 2540 F pag. 2-86, LD = No indica
Boro	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 4500 - B pag. 4-9 LD = 0.2 µg/L
Magnesio	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3500 - Mg-B, pag. 3-127 LD = 0.2 mg/L
Sodio	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3500-Na. D pag 3-167 LD = 0.002 mg/L
Potasio	APHA, AWWA, WPCF 17 th Ed. 1992 3500-K-B Pag 3-143 LD = 0.005 mg/L

ANEXO 14: Matriz de operación de variables

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLE/FUNCIÓN	NATURALEZA	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>PROBLEMA GENERAL ¿En qué medida la eficiencia de adsorción de quitosano podrá disminuir la concentración de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>P1 ¿En qué medida la eficiencia de adsorción de quitosano podrá disminuir la concentración de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón?</p> <p>P2 ¿Cuál será la dosis optima y tiempo adecuado de aplicación de quitosano camarón, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón?</p> <p>P3. ¿En qué medida la comparación de capacidad de adsorción de los quitosanos es más eficiente, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la eficiencia de adsorción de quitosano para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>O1. Determinar la dosis optima y tiempo adecuado de aplicación de quitosano de pluma de langostino, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón</p> <p>O2. Determinar la dosis optima y tiempo adecuado de aplicación de quitosano camarón, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón</p> <p>O3. Comparar la capacidad de adsorción más eficiente de los quitosanos, para la disminución de iones de plomo en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón.</p>	<p><u>Independiente X:</u> Eficiencia de adsorción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quitosano de carcasa de camarón - Quitosano de pluma de langostino <p><u>Dependiente Y:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Aguas contaminadas con iones de plomo de la cuenca baja del Río Chillón 	<p>Cuantitativa</p> <p>Cuantitativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dosis de quitosano - Tiempo de aplicación de quitosano <ul style="list-style-type: none"> - Eca – Agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Gr - min <ul style="list-style-type: none"> - CC. De Pb - Ce - pH - °T

ANEXO 15: Presupuesto del proyecto

ITEM	NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P/U	TOTAL
MATERIALES DE OFICINA					
1	Papel bond	0.5	millar	20	10.00
2	Rotuladores	2	unid	2	4.00
3	Lapiceros	2	unid	0.5	1.00
4	Impresiones	20	unid	0.2	4.00
5	Embalaje	1	unid	2	2.00
EQUIPOS					
6	Multiparametro	1	unid	-	0.00
7	Test Jarras	1	unid	-	0.00
8	Balanza analitica	1	unid	-	0.00
9	Turbidimetro	1	unid	-	0.00
10	pHmetro	1	unid	-	0.00
MATERIALES Y REACTIVOS DE LABORATORIO					
11	Vikers	6	unid	-	0.00
12	Probeta	4	unid	-	0.00
13	Varilla	4	unid	-	0.00
14	Guantes	2	unid	-	0.00
15	Acido nitrico	20	ml	-	0.00
16	Nitrato de plomo	50	gr	-	0.00
17	Ácido acético glacial	50	ml	-	0.00
18	Agua destilada	4	L	2	8.00
19	Agua desionizada	24	L	2	48
POLIMEROS					
20	Quitosano de langostino	1	unid	140	140.00
21	Quitosano de camarón	1	unid	120	120.00
MATERIALES PARA LA TOMA DE MUESTRA					
22	Cooler	1	unid	15	15.00
23	Envases HDPE	20	unid	1.5	30.00
24	Guantes	2	unid	0.5	1.00
25	Pasajes	1	unid	40	40.00
26	Redecilla	1	unid	2	2.00
ANALISIS DE LABORATORIO					
27	Analisis	19	unid	40	760.00
TOTAL					1185.00