



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

DISMINUCION DE LA CONCENTRACION DEL BORO DEL AGUA
MEDIANTE EL PROCESO DE ADSORCION A NIVEL DE
LABORATORIO, SJL-2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR:

Merly Aller Rojas

ASESOR:

Alejandro Suarez Alvites

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión De Recursos Naturales

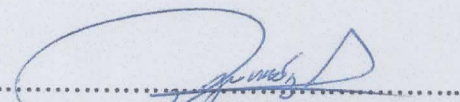
LIMA – PERÚ

2018

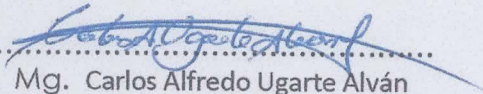
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Aller Rojas Merly cuyo título es: Disminución de la concentración del boro del agua mediante el proceso de adsorción a nivel de laborator, SJL-2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 13
(Número)..... TRECE (letras).

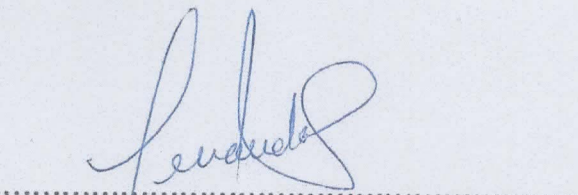
Lima 13de diciembre del 2018.



.....
Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales
PRESIDENTE



.....
Mg. Carlos Alfredo Ugarte Alván
SECRETARIO



.....
Mg. Fernando A. Sernaque Auccahuasi
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investiación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

DEDICATORIA

A mis padres por darme su apoyo incondicional y darme la oportunidad de lograr mis objetivos académicos. A mis hermanos por el apoyo moral y constante.

A mi asesor por su asesoría, apoyo constante, por la cual llegue a concluir y desarrollar la tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la bendición que me da día tras día, por no desampararme ni un instante, por darme salud, bienestar y lograr culminar esta etapa de mi vida académica.

A mis padres Edgar Aller Quispe y Fidela Rojas Muñoz por su apoyo incondicional; por haberme forjado como persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este.

A mis hermanos Lehiton y Emerson por su apoyo inagotable, por no dejarme sola en los momentos más difíciles y ser el pilar e inspiración para continuar con mis objetivos.

A mi asesor Alejandro Suarez Alvites por el apoyo, supervisión, consejos y enseñanzas para poder desarrollar correctamente la tesis.

Declaratoria de autenticidad

Yo Merly Aller Rojas con DNI N° 47445045 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 13 de diciembre de 2018



Merly Aller Rojas
DNI: 47445045

Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “reducción de la concentración del boro del agua mediante el proceso de adsorción a nivel de laboratorio, sjl-2018”, cuyo objetivo fue Reducción de la concentración del boro mediante el proceso de adsorción a nivel de laboratorio con diferentes cantidades de quitosano y diferente valor de pH. y que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se explica la realidad problemática y trabajos previos referentes al tema de investigación; en el segundo capítulo se muestra los objetivos, hipótesis, problemas generales y específicos, en el tercer capítulo se detalla los resultados que se van a obtener luego de realizar los trabajos de laboratorio. En el cuarto capítulo se explica la discusión de la investigación, comparando los resultados obtenidos y las investigaciones anteriores. En el quinto capítulo se presenta la conclusión del trabajo de investigación, según los resultados obtenidos. En el sexto capítulo se detalla las recomendaciones pertinentes al tema de investigación.

Merly Aller Rojas
DNI: 47445045

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal, reducir la concentración de boro en agua, para la mejora de calidad del agua utilizando el quitosano. Para ello se ejecutó un estudio experimental a nivel laboratorio, preparando 21 muestras de agua de 750 ml cada una, con una concentración inicial de boro (B) 20 mg/l, el cual se encuentra constatado que supera los estándares de calidad ambiental (ECA). Seguido a ello se desarrolló el tratamiento ajustando el pH en medio ácido y medio básico, cantidad de quitosano e induciendo aire por método de burbujeo en forma constante. Una vez finalizado el proceso, los resultados demostraron que con 2.50 gr. de quitosano y ajustado el pH 4 con flujo constante de 6 L/min (se utilizaron dos bombas de aire c/u con 3 L/min), se reduce la mayor concentración de Boro siendo el resultado 11.47 mg/l; a diferencia en otro proceso similar pero con diferentes concentraciones, el boro se redujo de 21.34 mg/L a 11.47 mg/L. para análisis de los resultados se utilizó el método de diseño factorial 2^k , la cual se utiliza para (optimizar los parámetros de modo que se pueda obtener las condiciones óptimas de la eliminación del boro en agua).

Palabras clave: Quitosano, pH, concentración, Boro y adsorción.

ABSTRACT

The main objective of this work was to reduce the concentration of boron in water, for the improvement of water quality using chitosan. To this end, an experimental study was carried out at laboratory level, preparing 21 water samples of 750 ml each, with an initial concentration of boron (B) 20 mg / l, which is found to exceed environmental quality standards (ECA). Following this, the treatment was developed by adjusting the pH in acid medium and basic medium, amount of chitosan and inducing air by constant bubbling method. Once the process was finished, the results showed that 2.50 gr. of chitosan and adjusted pH 4 with constant flow of 6 L / min (two air pumps were used each with 3 L / min), the highest concentration of Boron was reduced, the result being 11.47 mg / l; unlike in another similar process but with different concentrations, boron was reduced from 21.34 mg / L to 11.47 mg / L. For the analysis of the results, the factorial design method 2k was used, which is used to (optimize the parameters so that the optimal conditions of the boron elimination in water can be obtained).

Key words: Chitosan, PH, concentration, Boron and adsorption.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	13
1.1	REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	15
1.2	TRABAJOS PREVIOS.....	16
1.3	TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	21
1.3.1.	Calidad del agua.....	21
1.3.2.	Quitosano.....	22
1.3.3.	Boro.....	27
1.3.4.	Adsorción.....	30
1.4.	FORMULACION DEL PROBLEMA.....	34
1.4.1.	Problema general.....	34
1.4.2.	Problemas específicos.....	34
1.5.	JUSTIFICACION.....	34
1.5.1.	Justificación técnica.....	34
1.5.2.	Justificación social.....	35
1.5.3.	Justificación económica.....	35
1.6.	HIPOTESIS.....	36
1.6.1.	Hipótesis general.....	36
1.6.2.	Hipótesis específicas.....	37
1.7.	OBJETIVOS.....	37
1.7.1.	Objetivo General.....	37
1.7.2.	Objetivo Especifico.....	37
II.	METODOS.....	38
2.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	38
2.2.	VARIABLE Y OPERACIONALIZACION.....	40
2.3.	POBLACION Y MUESTRA.....	41
2.4.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	41
2.4.1.	Técnica e instrumento de recolección de datos validez y confiabilidad...	41
2.5.	EXPERIMENTO DE TRATAMIENTO DEL AGUA UTILIZANDO EL POLISACÁRIDO QUITOSANO.....	42
2.5.1	Diseño factorial experimental.....	46
2.5.2	Validez y confiabilidad de instrumento.....	47
2.6	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	47
III.	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	52
3.1	RECURSOS Y PRESUPUESTOS.....	52
3.2	FINANCIAMIENTO.....	53
3.3.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	53
IV.	RESULTADOS.....	54
4.1.	EJEMPLO DE CÁLCULO.....	54
4.2	RESULTADOS DEL USO DE QUITOSANO.....	54
4.3	PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS.....	55
4.4.	ALGEBRA DE MATRICES PARA ENCONTRAR MODELO DE 1ER ORDEN.....	55
4.5.	PARÁMETROS DEL MODELO.....	56
4.6.	DISTRIBUCIÓN DE FISHER PARA VALIDAR LA HIPÓTESI.....	58
V.	DISCUSION.....	59
VI.	CONCLUSIONES.....	60
VII.	RECOMENDACIONES.....	61
	BIBLIOGRAFIA.....	62
	ANEXO.....	65

Índice de tablas

Tabla.Nº1. ECA´s del agua.....	22
Tabla N°2. En la presente tabla se muestra las magnitudes de las variables de control....	39
Tabla N° 3: matriz de variables y operacionalizacion.....	40
Tabla N°4: técnica e instrumento de recolección de datos.....	41
Tabla N° 5: variables codificadas.....	47
Tabla N° 6: tabla de análisis de varianza (ANOVA).....	49
Tabla N°7. Cuadro de presupuestos.....	52
Tabla N°8. Cronograma de ejecución.....	53
Tabla N°9. Concentración de boro, cantidad de quitosano y grado de pH.....	54
Tabla N°10: resultados del análisis de varianza (ANOVA).....	57

Índice de figuras

Fig.1. estructura química del quitosano. Tomado de (RAVELO, 2012).....	22
Fig. 2. Estructura química de la quitina, quitosano y del quitano (LAREZ, 2006).....	23
Fig.3. esquema estructurado para la obtención de la quitina y quitosano a partir de las conchas de crustáceos. Tomado de (LAREZ. 2006).....	24
Fig.4. (a) estructura química principal de la quitina.....	24
Fig. 5. Proceso de Desacetilacion de la quitina para la producción de quitosano. Tomado de (RAVELO, 2012).....	25
Fig.6. representación gráfica de dos icosaedros en unidos por dos vértices, Mediante enlaces covalentes B-B, tomado de (RAVELO, 2012).....	28
Fig.7. representación gráfica de 3 icosaedros unidas por tres vértices, mediante Enlaces de 3 centros en 2 electrones. Tomado de (RAVELO, 2012).....	28
Fig.8. representación de una lámina de $b(oh)_3$. Tomado de (Ravelo, 2012).....	29
Fig. 9: adhesión del espumante a la partícula de aire.....	33
Fig. 10: (a) moléculas de espumante adsorbidas en la superficie de la burbuja y los puentes de hidrogeno resultantes (b) capa de agua sobre la burbuja.....	34
Fig.11. diseño experimental factorial compuesto, donde la combinación de las variables es el origen de coordenadas, requieren 5 repeticiones.....	38
Fig.12. montaje de equipo para experimento.....	43
Fig.13. instrumentos de medición de laboratorio (pH metro, balanza analítica y agitador magnético).....	43
Fig. 14. Equipos de análisis de laboratorio (bomba de filtro, balanza analítica, agitador magnético, embudos y vaso precipitado).....	44
Fig.15. pesado de quitosano en balanza analítica, y agitación de agua con bórax.....	44
Fig.16. ajuste de pH de la muestra utilizando ácido acético al 5%.....	45
Fig.17. toma de muestra y filtrado, para mandar analizar.....	45
Fig.18. toma de muestra en botellas de color lechosas y envío a laboratorio.....	46
Fig.19. diseño experimental factorial compuesto, donde la combinación de las variables es el origen de coordenadas.....	46

INDICE DE GRAFICO

Grafico N° 1: dinámica de la cantidad de quitosano, pH y la concentración Final de boro dado en tres dimensiones.....	56
Grafico N°2. Distribución de Fisher.....	58

GENERALIDADES

Título: Separación del Boro del agua usando dos columnas de contacto con diferentes cantidades de espumantes y diferentes valores de pH

Autor: Merly Aller Rojas

Asesor: Alejandro Suarez Alvites

Tipo de investigación: experimental-exploratorio

Línea de investigación: calidad y gestión de los recursos naturales

Localidad: A nivel de laboratorio

Duración de la investigación: Agosto a noviembre del 2018

I. INTRODUCCIÓN

El boro se separa del agua usando osmosis inversa e intercambio iónico, pero la tecnología no se implementa por que los costos no son razonables. En este proyecto se propone separar el boro del agua usando espumante ajustado a un pH que permite la eliminación del boro por un proceso equivalente a la flotación, el proceso propuesto es de bajo costo y simple de operar.

El boro es un elemento que existe de forma natural. En este medio ambiente, el boro se combina con el oxígeno y otros elementos para formar compuestos conocidos como boratos. Estos boratos se encuentran frecuentemente en la naturaleza y están presentes en océanos, en rocas sedimentarias y por actividades geotérmicas tales como volcanes, vapores geotérmicos, entre otras. Al respecto, DYER & CAPRARA (2009), menciona que el Boro es un elemento que puede encontrarse en las aguas superficiales y subterráneas proveniente de la transformación química de las rocas que contienen boro asociado con silicatos del tipo turmalina mayormente; otra fuente de boro son las aguas residuales en la cual se vierten productos de limpieza, residuos de las industrias de pinturas, residuos de la industria textil, efluentes de procesos de curtidos de pieles, y restos de componentes electrónicos. (VELÁSQUEZ, PIMENTEL y ORTEGA, 2011).

Las concentraciones altas de boro en el agua cran problemas adversos a los ecosistemas que dependen de la presencia del agua. Debido a esto la Unión europea estableció una nueva directiva para las concentraciones de boro en agua potable como 1 mg B/ L (1ppm). Se demostró que la mayoría de cultivo muestra efectos detrimentales cuando el boro en el agua tiene concentraciones mayores a 0.75 mg/L en agua de riego. (POLAT, VENGOSH, POLAT, 2004).

Varios estudios demuestran que el boro puede encontrarse en el agua en concentraciones cercanas a 4.5 mg/kg, mientras que en suelos alcanza niveles dramáticos superiores a 10 mg/kg. (RAVELO B., 2012).

Así mismo, se encuentran elevados niveles de boro en aguas subterráneas regionales, en algunos países mediterráneos.

Las características físicas del boro elemental se manifiestan como insoluble en agua, alcohol y soluciones básicas; muestra solubilidad en ácido nítrico y ácido sulfúrico. Se usa como componente de aleaciones mezclados con metales formando por ejemplo el boruro de aluminio. A condiciones ambientales es un elemento estable y no reacciona químicamente por la presencia de oxígeno y humedad.

El boro se encuentra disuelto en agua de mar, cuyas concentraciones son cercanas a 5ppm, la forma química es $B(OH)_3$ trigonal y el $B(OH)_4$ tetraédrico; por esta razón que es complicado separarse del agua. (RAVELO B., 2012).

A pesar que la presencia del boro juega un papel muy importante con respecto al crecimiento y desarrollo de las plantas, se vuelve dudoso si sobrepasa los 0.5 mg/L, no obstante, para agua tipo 3 que se usa para regadío, la concentración crítica se encuentra entre 0.4 y 0.5 mg/L, se supone que la mayor concentración que puede soportar las plantas se encuentra en un rango aproximadamente de 4.0 mg/L. (RAVELO B., 2012).

Según las investigaciones realizadas, se detectó la presencia de boro en cantidades altas en los efluentes de la región Tacna, sea el caso de los ríos Tacna, locumba, sama y Caplina, la concentración de boro es diferente en cada una de ellas, según los análisis realizados se muestra el boro en agua de 7,162 a 15,32 mg/l. los cuales según los estándares de calidad ambiental (ECA) estas sobrepasan, el cual se encuentra establecido en el D.S. N° 015-2015-MINAM.

Debido a la existencia de estos casos encontrados, es que se elaboró este trabajo de investigación, con la única finalidad de poder disminuir las concentraciones de boro que se encuentran presentes en el agua, para ello utilizando el polisacárido llamado quitosano; este material posee alto nivel de radicales OH, por otro lado la presencia de este radical (OH) resulta muy crítico para su enlazamiento con los radicales del boro, ya que el agua también presenta los mismos radicales y es más dificultoso crear un enlace directo de boro-quitosano, pero bajo ciertas condiciones estrictas de un medio de acidez, se puede lograr la adherencia del boro-quitosano y así separarse del agua.

En este proyecto se propone remover el boro del agua bajo el supuesto que el boro es adherido al quitosano bajo el efecto de formación controlada de espumas que permita una

buena interacción boro-quitosano. La mezcla finalmente puede separarse por filtración ya que el quitosano resulta parcialmente soluble en las condiciones de pH del proceso.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Según los estudios realizados para poder estimar los riesgos ambientales relativo sostenible las cuales posee concentraciones totales de arsénico y boro en aguas superficiales de las cuencas hidrográficas locumba y sama ubicados en la región Tacna-Perú, mediante los muestreos de tipo no probabilístico, durante los meses de agosto y noviembre del año 2016, así mismo de abril y junio del año 2017. Se obtuvo como resultado que los valores de arsénico en los meses mencionados fueron de 0.0731; 0.29835; 0.287 y 0.711 mg/L-1, las cuales superaron los límites máximos permisibles (0.01 mg/L-1); este cumplimiento fue similar al del boro, porque se hallaron concentraciones de 8.681 y 4.148 mg/L-1, pero el valor máximo establecido es de < 0.05mg/L-1. Las cuales se concluyó que las aguas de este efluente representan un riesgo ambiental y para la salud humana. (MORALES, AVENDAÑO, ZEVALLOS, FERNÁNDEZ, MENDOZA, 2018).

Según la estructura química, el boro pertenece al grupo III, la cual el boro se puede encontrar en la naturaleza en grandes cantidades en forma de boratos, cuyas presencias se dan en los cuerpos acuáticos y cuerpos terrestres, la concentración de este borato es muy variada, las cuales se encuentra en un medio acuático con 4.5 mg/kg, y siendo en los medios terrestres aproximadamente 10 mg/kg. (CHILLÓN M., 2009).

El boro no solo se encuentra presente en los efluentes en los medios terrestres, sino también se encuentran en los animales y en las plantas, las cuales el boro en concentraciones considerables juega una gran función en el metabolismo, funciones de las membranas y en la estructura, por otra parte, si el boro se encuentra presente en las plantas en altas concentraciones puede ser perjudicial para esta, llevándolo incluso a la muerte. La presencia del boro en los animales en concentraciones aceptables según la OMS es vital, ya que ayuda en el mejoramiento de la circulación sanguínea, pero si se encuentra presente en altas concentraciones provoca graves daños hepáticos, digestivos y sanguíneos. (CHILLÓN M., 2009).

Debido a estos problemas presentes en la vida cotidiana, es que el ministerio del ambiente, establece el ECA para agua (< 0.5), el cual es (D.S. 004-2017-MINAM), así mismo el ECA (N° 003-2017-MINAM) que establece la calidad de vida.

El Perú, no es el único país el cual posee problemas con contaminación de sus efluentes por boro, sino que la mayoría de países también presentan este problema y sobrepasan hasta 5 veces más de las ECA's establecidas por el MINAM. Uno de los casos más impresionantes es la que sufre Chile, la investigación demuestra que los niveles de boro presentes en el agua potable en Poconchile son muy elevados, las cuales según la OMS las presencias de boro en agua para consumo poblacional exceden en su totalidad. (0,0525 miligramos por litro (mg/L), según Norma Chilena (NCh409). Así mismo también se encuentra Nogales con 7.6 mg/L en el río Elqui. En nuestro Perú también presentamos provincias con elevada concentración de boro en los fluentes, tales como es en la cuenca Sama con 8.27 mg/L, en Locumba 10.28 mg/L y en la cuenca Caplina que es de 14.25 mg/L.

Debido a la presencia de esta problemática de la presencia de altas concentraciones de boro en efluentes superficiales de agua, es por ello que se desarrolla este proyecto de investigación con la finalidad o cuyo objetivo principal es reducir la concentración de boro en agua utilizando el quitosano.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

POLAT, VENGOSH, PANKRATOV y POLATC. (2004). Encontraron que los elevados niveles de concentración de boro en agua sobrepasan los ECA's, así mismo no es apropiado para consumo humano, ni uso doméstico o uso agrícola, ya que los cultivos son muy sensibles a la exposición mayores a 0.75 mg/l de boro en agua de riego. Por otro lado, las investigaciones acerca de intentos previos para la eliminación de resina de intercambio iónico del boro que se da en ciclos de desalinización bajo condiciones específicas de pH alto, son aun inestables. Así mismo se presenta una nueva metodología alternativa para la eliminación o disminución del boro mediante el uso del carbón y cenizas volantes como adsorbentes, se llevaron varios experimentos realizados en dos columnas para poder conocer el grado de eficiencia de la eliminación o disminución del boro en agua de mar natural y agua de mar desalinizada, para ello se utilizó varios tipos de carbón y cenizas volantes bajo ajuste de (pH, tiempo de reacción, pre tratamiento y regeneración). Obteniéndose como resultado que aquellos materiales que fueron seleccionados de carbón y cenizas volantes son muy efectivos para la eliminación o

disminución de las concentraciones de boro en agua, el cual puede alcanzar hasta el 95%, cuyo resultado se encuentra entrelazado al ajuste del pH, e este caso el pH= 9 con un tiempo de 6 Hr. Por otro lado, dentro de la realización del experimento se demostró que el uso de glicerina permite la regeneración de la adsorción del boro en el carbón, pero la capacidad de adsorción del boro en ceniza se reduce después de varios ciclos de tratamiento.

CHILLÓN M. (2009). Refiere que el tratamiento de agua para la reducción o eliminación del boro, más eficiente es la utilización del proceso de osmosis inversa, tratando un agua en condiciones reales, esto quiere decir usando aguas procedentes directamente de un proceso de desalación de agua de mar. Así mismo para detallar dicho experimento se realizó el estudio del comportamiento de tres membranas de aguas salobres en diferentes fábricas, el cual dio como resultado el rechazo de sales y de boro ya que los comportamientos en las tres membranas son diferentes.

RAVELO B. (2012). Utilizo la técnica de polímeros naturales para la eliminación del boro de residuos industriales. El polímero el cual fue utilizado fue el quitosano (modificado químicamente), este polímero fue usado en pruebas de laboratorio para la realización de las pruebas de adsorción de boro en cuerpos acuosos cuyas concentraciones fue de 5-50 ppm de boro. Este análisis se dio en dos fases; la primera fase tuvo como primer proceso de poner en contacto la solución acuosa con boro y las perlas de quitosano-níquel, cuya elaboración es propia, en este proceso se ejecutaron las pruebas dos veces para poder obtener la mayor cantidad de resultados. Por otro lado, en la segunda fase trata de poner en contacto la solución combinada con las perlas de alginato que ya estaban elaboradas. En ambos casos se recopilaron resultados satisfactorios, en el caso del boro se llegó a reducir valores hasta por debajo de los límites establecidos en la normativa europea (1ppm) y lo que recomienda la OMS (0.5 ppm) y en unos casos se consiguió remover totalmente el metaloide presente.

ZENG, WU, JOHN y KENNEDY (2008). En sus trabajos de investigación para tratamiento de agua contaminada con boro, aplico un floculante de quitosano compuesto, cloruro polialuminio y silicato. Debido a que posee mejores beneficios ambientales, mayor efectividad para tratamientos de agua con boro y beneficios económicos que los floculantes convencionales.

ODILE, CASTEL, NICOLAIÈ, ROSIN, SARDIN y JAUFFRET, (2000). Notaron que el agua potable, así como el agua mineral pueden contener boro unas pocas ppm y la Organización Mundial de Salud propuso un límite de aceptación de boro en agua, cuyo límite es 0.3 mg/l. Así mismo propusieron los investigadores que para tratar el agua de forma eficaz era hacer uso de la resina Amberlite IRA743, debido a que la descoronación del agua con la presencia de la resina había sido revisada a través de una columna en laboratorio en forma experimental, especialmente dado para bajas concentraciones de boro, ya que la resina tiene un anión débilmente básico. Se muestra aquí que las reacciones de intercambio aniónico ocurren, pero puede descuidarse cuando el agua tiene una fuerza iónica suficiente o gasificada con dióxido de carbono.

GEFFEN, SEMIAT, MORIS. EISEN, BALAZS, KATZ y DOSORETZ (2006). Informa acerca de la complicación del boro con manitol integrado con desalinización de membranas, con respecto a la separación del boro de agua con manitol, se estudió una amplia gama de condiciones mediante la no filtración (NF) y parcialmente por membranas de ósmosis inversa (RO). La adición de manitol en el proceso formó principalmente un éster de 2.2-di-borato y algunos ésteres de monoborato, en función del pH, mejorando el boro. Rechazo por NF hasta 90% a pH 9. Los cálculos de mineql^+ indican que la concentración de los reactantes tiene una gran influencia en las especies de boro ionizado y por lo tanto en el rechazo de boro. Las membranas de agua de mar, tienen un rechazo casi el 97%.

HUANG, CHEN Y RUHSING (2000). Deduce que el quitosano puede ser un sustituto prometedor del alumbre dentro del proceso de coagulación debido a su posible viabilidad que posee sin representación de amenaza para la salud. En este proyecto se hicieron varias pruebas las cuales se aprobaron para realizar pre tratamiento en busca de modificación óptima del quitosano, dentro de ellas se obtuvo que el coagulante de quitosano en la desacetilación con una solución alcalina al 45% durante 60 min, seguido de una disolución de ácido clorhídrico al 1% es más eficiente.

ONSOSYEN y SKAUGRUD. (1990). Tienen como objetivo principal reducir o llegar a eliminar la concentración de metales en agua usando el quitosano para que este interactúe entre sí, la interacción de los metales con el quitosano son complejas, las cuales probablemente se encuentran dominadas por la adsorción, así mismo puede ser por el intercambio de iones y la quelación, pese a que el quitosano posee una caracterización limitada su grado de polimerización y distribución de los grupos acéticos a lo largo de la

cadena de este polímero es muy importante. Debido a esta complejidad se optó por alterar las características de interacción del metal con respecto al quitosano y así poder obtener un resultado en el enlazamiento quitosano-metal y obtener un agua clase 3.

DIVAKARAN. Y SIVASANKARA. (2001). Realizaron estudio acerca de la floculación de suspensiones de la caolinita en agua usando el quitosano, teniendo presente el ajuste del pH en un intervalo de 5-9 y la turbidez en un rango de 10-160 NTU. El quitosano cuando se encuentra en presencia de pequeñas cantidades de estratos de acuoso de suelo⁹, pues este reduce eficazmente la turbidez debido a que la caolinita por medio de la floculación y sedimentación pues va decantar los estratos y los de menor masa se encontraran suspendidas formando una película, la cual podrá ser arrastrada con facilidad por su tratador. La eficiencia de la floculación es muy sensible al pH, el cual alcanza un máximo a un pH de 7.5. la concentración optima de quitosano requerido para efectuación de la floculación es muy independiente a la caolinita dentro de un rango examinado, el cual dará como respuesta que la floculación es más rápida y eficaz a concentraciones altas de caolinita ya que los floculas son más grandes y se asientan rápidamente.

OCHIAI, NAKATA, MURAKAMI, FUJISHIMA y YAO, (2010). Desarrollaron un sistema de tratamiento de aguas de alto rendimiento y amigable con el medio ambiente. Este proyecto consiste en una unidad de oxidación electroquímica y fotocatalítica utilizando un electrodo de diamante adoptado como boro (BDD) y un fotocatalizador de óxido de titanio (TiO₂), es decir que este proyecto es impulsado totalmente por energía solar dando así un tratamiento por fotocátalisis y de unidades de electrolisis. Este sistema podría proporcionar 12 L/ día de agua potable del rio utilizando solo energía solar.

WIBOWO, VELAZQUEZ, SAVANT y TORRES (2005). Concluyeron que el polisacárido llamado quitosano es un agente de recuperación de proteínas dentro de un tratamiento de corrientes de procesamiento de cuerpos acuoso, el quitosano trabaja eficazmente por atrapamiento mecánico y por interacción electrostática y este se incrementa mediante la complejacion con alginato, en la cual en 1h logro un 83% de adsorción de proteínas y un 97% de reducción de turbidez.

MAJETI y KUMAR. (2000). Su principal objetivo fue observar de forma más cercana posible la aplicación de la quitina que procede del quitosano (cuerpo de crustáceos) ya que la quitina es el amino polisacárido más abundante, al igual que el quitosano, las cuales

estas cumplen un gran rol en funciones de tratamiento de agua con metales de forma exitosa.

GERENTE y McKa (2010). Refieren que este trabajo tiene como principal objetivo el estudio de las facilidades para comprender como los iones de arsénico pueden eliminarse del agua el cual se encuentra contaminada mediante la sorción al quitosano, las cuales este procede de biopolímeros extraídos de los desechos de las industrias pesqueras. Se muestra que la atracción electrolítica se da por mecanismos de sorción con parámetros termodinámicos que indican una reacción exotérmica y espontánea.

MORA, CHAVES y ARAYA (2012). Emplearon materiales biodegradables para la remoción de metales pesados que se encuentran presentes en el agua, implantando una técnica que se encuentran bajo el consumo energético y por otra parte generar servicios de bajo costo, así mismo tienen que ser de efectivas y aplicables a problemas específicos de contaminación, dentro de este desarrollo de tratamiento al realizar dos fichas, se halló que el cromo fue el metal que se diluyó en mayor medida por las membranas entrecruzadas.

VILLALOBOS. (2011). Realizo la estandarización de las membranas del quitosano, trabajando con desiguales concentraciones de masa-masa (m-m) de quitosano referente en la elaboración de membranas, al culminarse esta fase se realizan pruebas fisicomecánicas, pruebas de espesor de membranas, resistencia a la presión. Es de esta manera que se realiza la comprobación de la certeza de las membranas con respecto a la remoción de metales pesados en aguas residuales, dado que el grado de certeza de la membrana no supero el 50% y estas a su vez se deterioró en un tiempo de vida corta.

BONILLA. (2011). El quitosano que es extraído de las corazas de los crustáceos ha sido modificado químicamente para su uso en laboratorio, el cual se elaboraron dos materiales de calidad adsorbentes, el cual son quitosano-glutaraldehído (QGD) y el quitosano-nitrato férrico (QFe) siendo así el primer proceso el más efectivo, porque aquí el quitosano actúa como coagulante el cual va suspender las sustancias pesadas.

MUJAL. (2007). Refiere a un procedimiento utilizado para la reducción de los niveles de boro en aguas que comprenden las etapas de pasar el agua contaminada con boro a través de un colector de entrada, así mismo acondicionar aditivos de naturaleza básica o de alcantarilla y tratar el agua procedente del colector con arcilla, luego sacar el agua a través de un colector de salida y lavar las arcillas.

GIRALDO. (2013). Realizo la evaluación del polisacárido con respecto a sus propiedades fisicoquímicas, métodos de caracterización y las aplicaciones de este polisacárido en medio acuoso.

VELÁZQUEZ, PIMENTEL Y ORTEGA (2011). Analizaron la distribución del boro en aguas subterráneas y en aguas superficiales de la cuenca del río Duero así mismo se realizó el estudio del efecto de la toxicidad del boro en la salud humana y en los cultivos, para encontrar soluciones para los recursos hídricos, para ello colocaron 49 muestras de agua de pozos agrícolas, urbanas, manantiales y ríos en un área aproximadamente de 2500 km²

CHACÓN y DIANNE. (2016). Desarrollaron un tratamiento de cristalización utilizando el quitosano para reducir la concentración de salinidad en agua de mar. Este método propuesto también incluye la combinación de métodos de cristalización por enfriamiento a temperaturas extremadamente menores seguidos por adsorción. Se llevó a cabo dos etapas, la cual la principal etapa consiste en congelar el agua por completo para luego medir el tiempo del deshielo parcial del agua, el cual permitirá minimizar a gran escala la salinidad del agua. La segunda etapa es para que el quitosano adsorba el agua cristalizada y así alcanzar la reducción de sal hasta más del 50%.

En el presente trabajo de investigación se evaluaron algunas de las propiedades químicas de la adsorción de los metales utilizando el quitosano. Para ello se realizó el estudio comparativo del grado de adsorción del quitosano con el ion metálico Cu²⁺ A diferentes volúmenes de pH y diferentes tiempos de agitación. La cantidad de ion Cu²⁺ adsorbido se determinó por adsorción atómica, con un pH 5. Así mismo se realizaron ensayos analizando la posibilidad del quitosano si pudiera proteger a las plántulas con niveles tóxicos de Cu²⁺. (CARTAYA, REYNALDO, MARRERO, PENICHE, 2008).

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. Calidad del agua

El agua es un líquido anómalo, la cual posee una mezcla de 18 compuestos que se proceden de 3 isotopos que son representadas en cada uno de los átomos que conforman su molécula, tal es H₂O: 1H, 2H y 3H para el hidrogeno y 160, 170 y 180 para el oxígeno. (RAVELO, 2012).

pH:

El pH influye en la adsorción de iones de compuestos ácidos o básicos, en aguas contaminadas por metales, esto corresponde a que los hidroxilos (OH) adsorben en gran cantidad los iones de otros metales. Además el pH es un factor determinante en la adsorción. (RAVELO, 2012).

PARAMETROS FISICO-QUIMICO (ECA)

INORGANICOS		
aluminio	mg/L	0.2
antimonio	mg/L	0.006
arsenico	mg/L	0.01
bario	mg/L	0.7
berilio	mg/L	0.04
boro	mg/L	0.5
cadmio	mg/L	0.01
cobre	mg/L	2
chromo total	mg/L	0.05
chromo VI	mg/L	0.05
hierro	mg/L	0.3
manganeso	mg/L	0.1

Tabla.Nº1. ECA's del agua., Fuente: elaboración propia

1.3.2. quitosano:

El polisacárido llamado quitosano o también conocido como quitina se encuentra compuesto por cadenas lineales asignadas aleatoriamente de β -(1-4) D-glucosamina (unidades desacetiladas) y N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada).

El quitosano es elaborado mediante el proceso de Desacetilación de la quitina, el cual son procedentes del exoesqueleto de los crustáceos (cangrejos, gambas, langostas, etc.) y de los exoesqueletos pertenecientes a los insectos, también de las paredes celulares de hongos, levaduras y algas. (RAVELO, 2012).

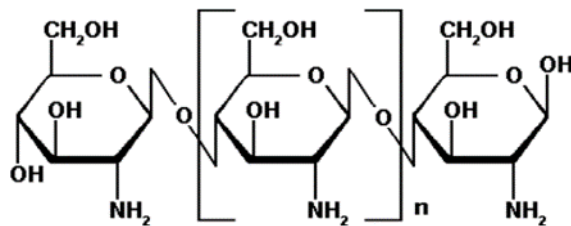


Fig.1. estructura química del quitosano. Tomado de (RAVELO, 2012).

a. propiedades fisicoquímicas del quitosano:

Con respecto a las propiedades fisicoquímicas del quitosano, MAJETI y RAVI. (2000). Menciona que el polisacárido llamado quitosano es derivado de N-desacetilado proveniente de la quitina, el cual se encuentra como una amina primaria y su monómero principal es el 2-amino-2-desoxi-D-glucopiranososa. La concentración de nitrógeno presente en el quitosano de calidad pura, se encuentra aproximadamente 6.89%, el grupo amino libre se encuentra en la estructura del quitosano, le facilitan un comportamiento netamente básico, así mismo también se le es conferido ciertas características fisicoquímicas de interés industrial. Citado en (GIRALDO, 2015).

Se convierte en quitosano cuando el grado de desacetilación de la quitina es mayor o igual al 50% y quitano cuando es del 100%. (LAREZ, 2006).

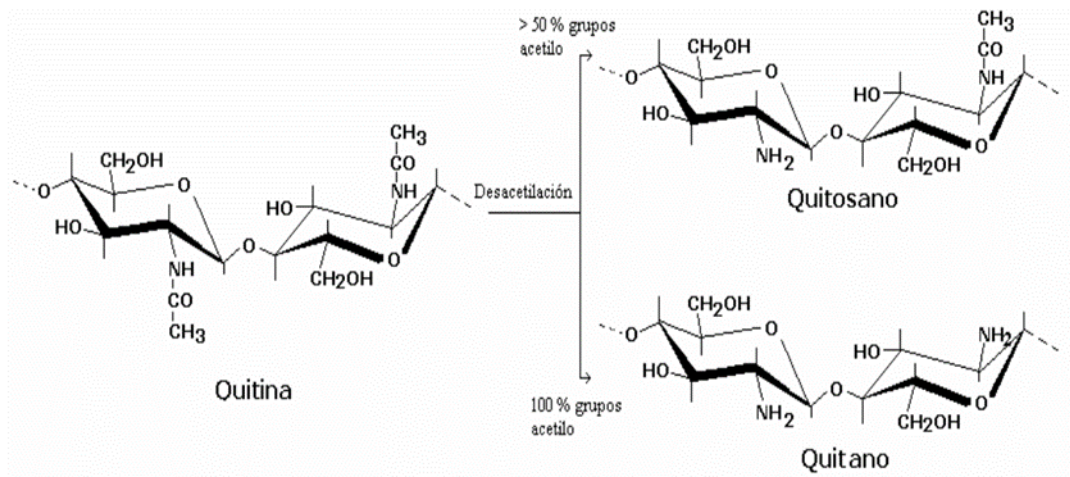


Fig. 2. Estructura química de la quitina, quitosano y del quitano (LAREZ, 2006).

LAREZ. (2006, pp. 16), refiere que los procesos para la obtención de la quitina y del quitosano desde un punto de vista químico son relativamente sencillos.

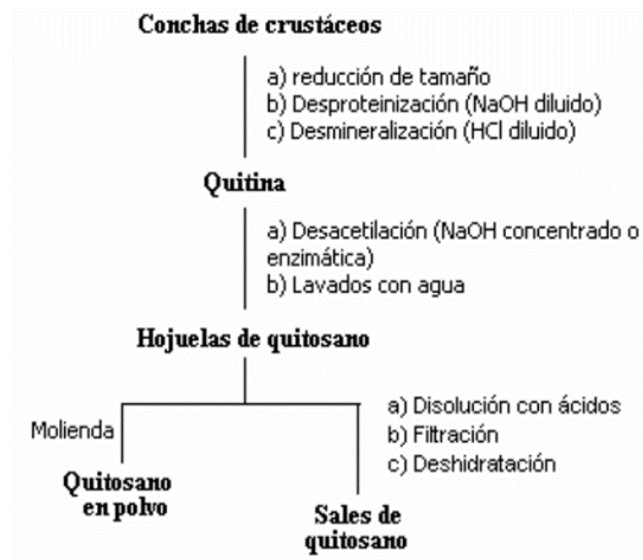


Fig.3. esquema estructurado para la obtención de la quitina y quitosano a partir de las conchas de crustáceos. Tomado de (LAREZ. 2006).

El grupo amino al cual pertenece, le admite que se solubilice sencillamente en medio ácido. En la figura 6 se presentan las estructuras químicas de la quitina, el quitano y el quitosano (RINAUDO, 2006).

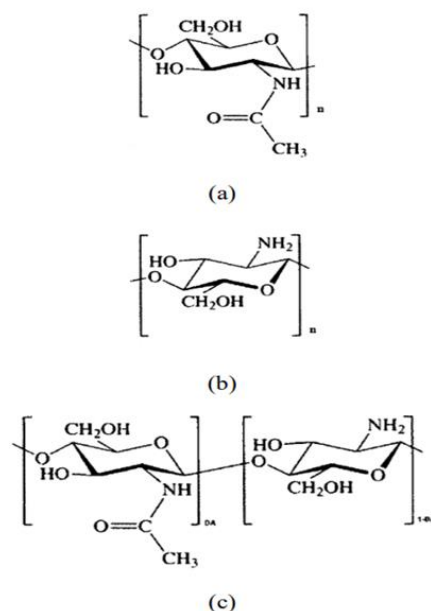


Fig.4. (a) estructura química principal de la quitina (2-acetilamina-2-desoxi-D-(+)-glucopiranososa), (b) estructura química del quitano (2-amino-2-dexoxi-D-glucopiranososa), (c) y la estructura química del quitosano parcialmente desacetilado (copolimero). Tomada de (RINAUDO, 2006).

b. obtención del quitosano:

En la naturaleza se encuentra ampliamente distribuido la quitina, seguido de la celulosa la quitina es la celulosa más abundante. La principal fuente de quitina son los exoesqueletos de los crustáceos en forma particular los exoesqueletos de camarón, debido a que contiene grandes cantidades de quitina, del cual es posible obtener el quitosano a través de un proceso químico de N-desacetilacion.

Actualmente, una de las principales fuentes de exoesqueletos provienen de los desechos procedentes de las industrias camaroneras, el cual esto representa millones de toneladas de basura a nivel mundial.

A través de la Desacetilacion de la quitina se obtiene el quitosano, este grupo amino dentro del quitosano posee un valor de 6.5, la cual es la razón principal por el cual posee carga positiva y es soluble en medios ácidos o en soluciones neutras con dependencia prioritaria al pH y del valor de Desacetilacion (DA). Esto quiere decir que el quitosano es un bioadhesivo y puede sujetarse a las superficies de cargas negativas, tal como es el caso de las membranas acuosas. Así mismo son biodegradables, las cuales deslumbrantes cualidades de purificación del quitosano se encuentran disponibles en las aplicaciones biomédicas. (HERNANDEZ, AGUILA, FLORES, VIVEROS & RAMOS, 2009).

Los derivados del quitosano como es el caso del trimetilquitosano, han sido colocados en el transporte de genes no víricos. El trimetilquitosano incluso hasta el propio quitosano cuaternizado ha demostrado que poseen la capacidad de hacer transfeccion de las células malignas del cáncer de pecho. (RAVELO, 2012).

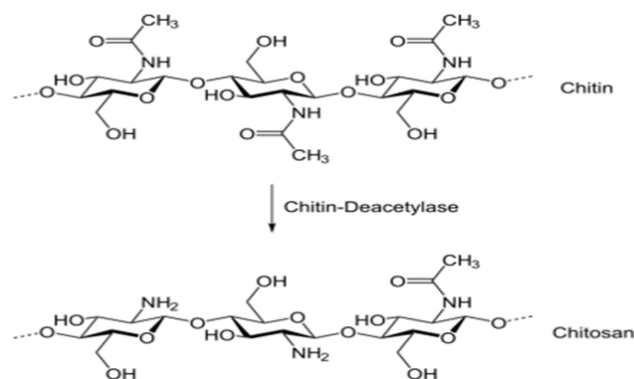


Fig. 5. Proceso de Desacetilacion de la quitina para la producción de quitosano. Tomado de (RAVELO, 2012).

c. aplicaciones del quitosano:

El quitosano se emplea primordialmente como una ayuda para el desarrollo de las plantas, debido a que este posee propiedades vitamínicas que permite promover la defensa de las plantas contra infecciones provocadas por hongos.

Entre las propiedades químicas del quitosano, destaca una más importante, tal es su carga positiva, el cual le permite al quitosano asociarse fácilmente a metales disueltos en medios acuosos, esto facilita su uso como resina intercambiadora de iones dentro de un tratamiento de aguas (LAREZ, 2016).

El quitosano y sus derivados poseen dos propiedades principales que son de gran interés para las industrias y para las conservaciones de la naturaleza; ya que son notables como agentes de quelación y también son usadas como trampas de metales pesados (LAREZ, 2016).

d. propiedades del quitosano:

El grupo amino perteneciente al quitosano posee una ligera carga positiva, el cual le permite ser soluble en medios ácidos y en soluciones con pH neutras; es decir es un bio-adhesivo que puede adherirse a las superficies con cargas negativas.

Debido al proceso de desacetilación de la quitina, se pierde una parte de los grupos acéticos, el porcentaje perdido se encuentra alrededor del 50%, para poder convertirse en quitosano, el cual le permite ser más soluble que cuando era en un principio solo quitina. Cuya capacidad de disolución es mayor en medios ácidos, este es el criterio generalmente aceptado para poder hallar la diferencia del quitosano con la quitina (PENICHE COVAS, 2006).

e. solubilidad del quitosano:

La solubilidad y la viscosidad que posee el quitosano va depender del grado de desacetilación y degradación del polímero, estos dos factores son los que determinan con que tipos de sustancias o con que soluciones se podrá asociar el quitosano. El quitosano no es soluble a $\text{pH} > 6.0$, pero si es soluble en medios ácidos, esto se debe a la alta densidad de cargas positivas, así mismo en soluciones ácidas acuosas el quitosano se comporta como molécula policationica (HERNANDES, 2014).

f. interacción del quitosano con iones metálicos:

La capacidad del quitosano para adsorber los metales presentes en un medio acuoso, va depender directamente del aspecto físico y del tipo del estado en que se encuentre, así mismo como también del tiempo de contacto en el medio (RINAUDO, 2016).

g. tratamiento de aguas residuales:

El quitosano posee propiedades que le permite adherirse a algunos metales, en función del pH, presencia iónica. Diversos estudios demuestran que el quitosano es un coagulante eficaz en el tratamiento de aguas residuales en pH ligeramente ácidos el cual reduce del 70 – 98% de material suspendido y del 55 – 80% de la demanda química de oxígeno (SODIN, 2008).

1.3.3. Boro:

El boro posee una estructura química muy variada, el cual se presenta como solido cristalino y también como solido no cristalino de importancia industrial, a su vez muestra un comportamiento complejo en solución. Debido a que el boro presenta mayor cantidad de orbitas de valencia que electrones de valencia. Así mismo es trivalente y se comporta como un no metal. Se encuentra clasificado como metaloide y es el último elemento de su grupo de representación no metálico, también es un semiconductor y sus propiedades químicas se asemejan a las del carbono o a las propiedades químicas del silicio que a los elementos de su mismo grupo. Varios estudios demuestran que el boro puede encontrarse en el agua en concentraciones cercanas a 4.5 mg/kg, mientras que en suelos alcanza niveles dramáticos superiores a 10 mg/kg. (RAVELO B., 2012).

El boro posee tres elementos de valencia, es decir que es trivalente y se comporta como un no metal, se encuentra clasificado como un metaloide y es el único elemento de su grupo que es de carácter no metálico, así mismo es un semiconductor y posee propiedades químicas más similares al carbono o al silicio que a otros elementos de su propio grupo (POLO, 2012)

a. estructura del boro:

El boro tiene como elemento estructural un icosaedro, la cual este se presenta en múltiples formas regulares. Los icosaedros se encuentran ordenados en dos distintas formas, las cuales se puede apreciar en la fig. 6 y 7 (RAVELO, 2012).

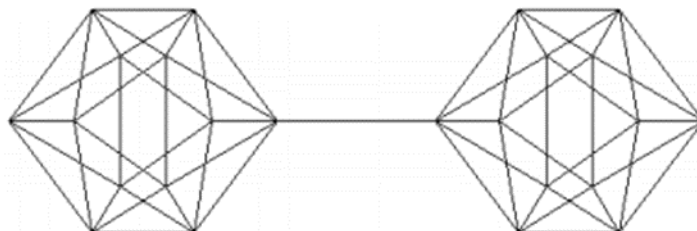


Fig.6. representación gráfica de dos icosaedros en unidos por dos vértices, mediante enlaces covalentes B-B, tomado de (RAVELO, 2012).

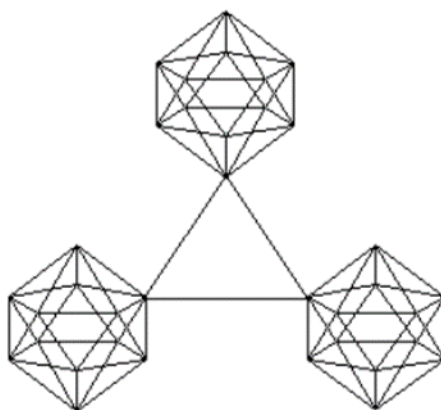


Fig.7. representación gráfica de 3 icosaedros unidas por tres vértices, mediante enlaces de 3 centros en 2 electrones. Tomado de (RAVELO, 2012).

En las uniones, dentro del boro cristalino se asocian los icosaedros de distintas maneras para formar los alotropos:

Boro tetragonal (T-50): se dice que es un boro tetragonal porque se encuentra entrelazado por 50 átomos de boro por celdillas de unidad, las cuales está conformado por cuatro unidades icosaedricas que se encuentran unidas entre sí por enlaces de boro-boro, las cuales poseen una densidad de 2.31 g/cm³. (POLO, 2012)

Boro romboédrico alfa (R-12): el boro romboédrico alfa se encuentra formado por láminas de icosaedros el cual se encuentran fusionadas paralelamente, estas

interconexiones intralaminares se realizan a través de entrelazamiento de tres centros, mientras tanto las uniones intralaminares se van a producir por la unión de dos centros. Cuya densidad que obtendrá este tipo de boro será de 2.46 g/cm³ y presenta un color rojo claro (POLO, 2012)

Boro romboédrico beta (R-105): el boro romboédrico beta se encuentra formado por doce icosaedros B₁₂ las cuales estas se encuentran ordenadas en forma icosaedricas en torno a una unidad central de doce icosaedros (B₁₂), es decir B₁₂ (B₁₂)₁₂. El cual presenta una densidad de 2.35 g/cm³. (POLO, 2012)

b. distribución del boro en agua:

i. agua:

El boro en medio acuoso se encuentra predominantemente en forma ácido bórico, B(OH)₃, la presencia de boro en aguas subterráneas es variada y puede deberse a vertidos y fugas de plantas de tratamiento de aguas residuales o a filtraciones volcánicas. (RAVELO, 2012).

Para explicar la mayoría de los casos prácticos que ocurren en las disoluciones acuosas bastan las especies B(OH)₃ y B(OH)₄⁻.

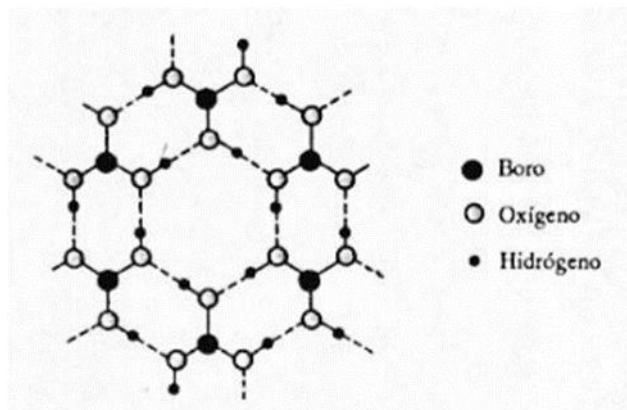
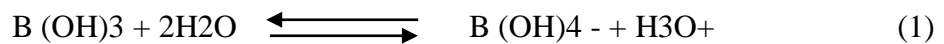


Fig.8. representación de una lámina de b (oh)₃. Tomado de (Ravelo, 2012).

ii. distribución del boro en el aire:

El boro en la naturaleza no se encuentra con facilidad a niveles significativos (SPRAQUE, 1972). Por ello que los boratos poseen una baja volatilidad ya que el boro no se encuentra en forma de vapor en el medio ambiente. Los boratos ascienden a la atmosfera como ácido bórico (<1.45 μm de tamaño) el vapor presente en la atmosfera se debe a la volatilización del ácido bórico proveniente del mar, así mismo de las actividades volcánicas, lixiviados mineros, fundiciones de vidrios y fabricación de cerámicas. (FAWELL, 2009).

iii. tierra:

La concentración aproximada de la concentración de boro en la corteza terrestre es de 10ppm, actualmente la concentración de boro es mucho más abundante en rocas sedimentarias (300ppm) que en rocas ígneas (3ppm) (POLO, 2012).

c. efectos sobre las plantas:

A pesar que el boro es de vital importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pues aún es indeterminado saber si el boro en concentraciones mayor a 0.5 mg/l en suelos ocasiona daño en las plantas. Ya que para agua de regadío se considera aproximadamente entre 0.4-0.5 mg/l, sin embargo, hay que tener en cuenta el aguante de las plantas hacia el boro. (RAVELO, 2012).

1.3.4. Adsorción:

Se define como adsorción un fenómeno superficial, el cual se explica cómo un incremento de concentración de un determinado componente hacia la superficie entre dos fases; estas fases pueden ser las siguientes combinaciones: liquido-liquido, liquido-solido, gas-solido, gas-liquido.

En la parte de la práctica, adsorción se entiende como la eliminación de uno o más componentes en una fase liquida o gas mediante un sólido. La fase sólida que adsorbe se denomina adsorbente y cualquier sustancia que sea adsorbida e llama adsorbato (POLO, 2012)

a. Velocidad de adsorción:

La velocidad de adsorción de las sustancias disueltas en medio acuoso por sólidos adsorbentes es un factor muy importante, el proceso de adsorción tiene lugar mediante tres etapas consecutivas:

- Transporte de materia externo: aquí se transporta el soluto desde el fluido hasta la superficie externa del adsorbente.
- Difusión interna: transporte del adsorbato hacia el interior de la partícula a través de los poros de esta.
- Adsorción: las moléculas en los poros son adsorbidas desde la solución a la fase sólida. Este paso es relativamente más rápido comparado con los dos primeros; por esto el equilibrio se asume entre estas dos fases.

Para un proceso el cual la velocidad global es estrictamente por adsorción, la variación de la velocidad deberían ser directamente proporcional a la concentración del soluto. La variación de la velocidad de adsorción va depender del tamaño de la partícula utilizado.

El quitosano posee una gran capacidad adsorción de iones metálicos, el cual cuyo tiempo eficaz para una mejor adsorción en metales es de 60 minutos. A mayor tiempo de contacto, mejores resultados de adsorción se obtendrá (JIAN HU, SONG WANG, GUO LIU, MING ZENG, LEI BAO & XIA ZENG, 2016).

b. Estabilización de las burbujas para la adsorción:

Las burbujas de gas se encuentran presentes en los líquidos, sin embargo una burbuja de gas en un medio acuoso no permanece estable, bien se disuelve o flota en la superficie del cuerpo acuoso, esto va a depender del tamaño de la burbuja, a su vez la disolución de la burbuja en el cuerpo acuoso es controlada por la presión del lugar. La presión del lugar se puede calcular se puede calcular por la relación $P_L=2\sigma/R$, donde σ es la tensión superficial del líquido y R es la presión de la burbuja (VELANDRIA, 2011).

c. burbujas en un campo acústico

Las burbujas en un campo acústico aplicado, las burbujas (cavitación) que se encuentran dentro de un cierto rango de tamaño se ven obligadas a oscilar y crecer en tamaño. La

cavitación acústica es la formación, el crecimiento y el colapso de las microburbujas impulsadas por el ultrasonido (VELANDRIA, 2011)

d. crecimiento de la burbuja:

Las burbujas que se encuentran presentes en el medio acuoso, se encuentran controlados por varios parámetros, como la frecuencia de ultrasonido, la presión acústica y la viscosidad del medio. El crecimiento de las burbujas es debido a un flujo promedio de masa hacia la burbuja en función del tiempo. Una burbuja de gas que se encuentra atrapada en un medio acuoso se ve obligado a expandirse cuando el líquido circundante experimenta la presión negativa (ciclo de rarefacción) de la onda de sonido. En esta etapa, la presión interna de la burbuja es baja, lo que provoca la evaporación de las moléculas de disolvente en la burbuja. Por otro lado la burbuja se comprime si el líquido circundante experimenta la presión positiva (ciclo de compresión) de la onda de sonido, la cual en esta etapa la presión interna de la burbuja es alta, lo que conduce a la expulsión de las moléculas de gas/vapor (VELANDRIA, 2011).

e. espumante:

Los espumantes son aquellos agentes tenso-activos o surfactantes que consisten en una parte polar (HIDROFILICA) y una parte apolar (HIDROFOBICA), la parte apolar, es una cadena hidrocarbonada y la parte polar es típicamente un grupo OH. Quiere decir que en la superficie de la burbuja (interface aire-agua), la cadena hidrocarbonada se orienta hacia el lado del aire y el grupo polar hacia el lado agua. La estabilidad de la burbuja contra la coalescencia es incrementada por la fuerte interacción del grupo polar/dipolo del agua (HIDRATACION) en la interface aire-líquido, que produce la capa de enlace.

La estructura heteropolar de la burbuja causa preferencia en la adsorción en la interface agua-aire. En el momento de la generación de burbujas, las moléculas de espumante se adsorben en la superficie de las burbujas con la cadena hidrocarbonada en el lado del aire y el grupo polar en el lado del agua donde su hidrogeno enlaza con las moléculas de agua.

Así mismo, tienen la capacidad de reducir el tamaño de la burbuja previniendo la coalescencia y generar una espuma estable capaz de contener el mineral enriquecido captado por las burbujas (VARGAS & MONTES, 2012).



Fig. 9: adhesión del espumante a la partícula de aire.

Una manifestación de la adsorción en la burbuja es la disminución de la tensión superficial con un incremento en la concentración de sólidos, el cambio en la tensión superficial está relacionado con la densidad de adsorción definida por la ecuación de Gibbs (VARGAS & MONTES, 2012).

$$t = \frac{-c}{RT} \times \frac{d\sigma}{dC} \quad (2)$$

Donde:

t: concentración en exceso de moléculas adsorbidas en la interface (densidad de adsorción).

C: concentración del bulk de moléculas de soluto.

σ : tensión superficial.

R: constante de los gases.

T: temperatura absoluta.

La disminución de tensión superficial previene la coalescencia por la formación de los puentes de hidrogeno con las moléculas de agua, provocando la estabilización de una capa o “film” de agua alrededor de la burbuja.

Esta capa de agua está dividida en dos partes:

- Una capa que fluye libremente, como una capa más débil.
- Una capa límite o película capilar, provee a la burbuja un límite estable.

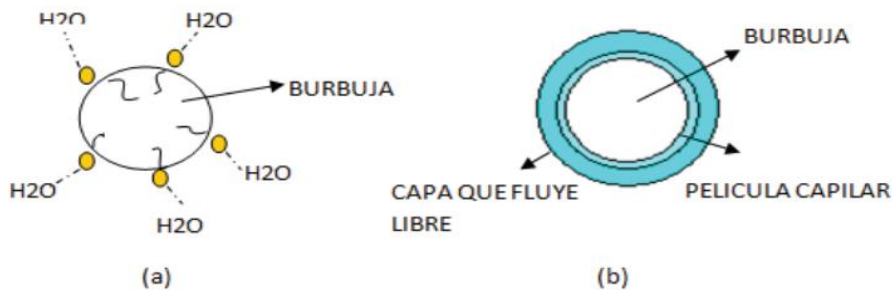


Fig. 10: (a) moléculas de espumante adsorbidas en la superficie de la burbuja y los puentes de hidrogeno resultantes (b) capa de agua sobre la burbuja.

1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.4.1. problema general

¿Cuál es el efecto del pH y de la cantidad de quitosano en la concentración del boro en el agua?

1.4.2. problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la cantidad de quitosano en la concentración del boro en el agua?
¿Cuál es el efecto del pH en la concentración del boro en el agua?

1.5. JUSTIFICACION

1.5.1. justificación técnica

Proponer una alternativa para la separación del boro de soluciones acuosas con resultados consistentes.

El estado actual del conocimiento sobre la adsorción no admite predecir las capacidades ni las características de la dinámica de un sistema y es por tanto obligatorio obtener datos experimentales.

BONILLA P. (2011). Demostró, que el quitosano extraído y modificado a partir de caparzones de camarón, es producto de una mezcla de quitosano-glutaraldehído (QGD) y quitosano-nitrato férrico (QFe). El QGD resulto un positivo coagulante para precipitar partículas conteniendo los metales pesados.

1.5.2. justificación social

La calidad de agua obtenida por el proceso debe ser utilidad para comunidades que dependan de la agricultura para su sobrevivencia.

Las concentraciones altas de boro en el agua crean problemas adversos a los ecosistemas que dependen de la presencia del agua. Debido a esto la Unión europea estableció una nueva directiva para las concentraciones de boro en agua potable como 1 mg B/ L (1ppm). Se demostró que la mayoría de cultivo muestra efectos detrimentales cuando el boro en el agua tiene concentraciones mayores a 0.75 mg/L en agua de riego. (POLAT, VENGOSH, POLAT, 2004).

A pesar que las presencias del boro son esenciales para el crecimiento de las plantas, se vuelve dudoso si sobrepasa los 0.5 mg/L, no obstante, para agua de regadío, la concentración critica oscila entre 0.4-0.5 mg/L, se considera que la máxima concentración que puede soportar las plantas, ya sean las más sensibles es aproximadamente 4.0 mg/L. (RAVELO, 2012).

1.5.3. justificación económica

Proponer un proceso de costo razonable y simple de operar.

La comodidad económica de la adsorción como técnica de tratamiento de agua, depende fundamentalmente de la capacidad del adsorbente y de la rapidez del proceso. Estos factores afectan de forma significativa al costo de inversión y el costo de operación. Para el caso del quitosano, su costo en el mercado global es \$180.00/kg y los otros insumos a utilizar se encuentran en costos superior a S/.100.00/kg. (RAVELO, 2012).

Al momento de diseñar un proceso experimental en donde se emplee el quitosano como un coagulante o floculante, se deben tener en cuenta como principal factor del producto su solubilidad, ya que es un parámetro dificultoso de controlar y afecta de manera significativa la remoción de metales en agua. (GIRALDO, 2015).

1.6. HIPOTESIS

1.6.1. hipótesis general

HO: la concentración del boro en el agua no puede reducirse de forma eficiente usando quitosano a un pH apropiado.

H1: la concentración del boro en el agua puede reducirse de forma eficiente usando quitosano a un pH apropiado

El grupo amino en el quitosano tiene un valor pKa que ronda los 6.5, por el cual este posee una ligera carga positiva y es soluble en medios ácidos o en soluciones neutras con dependencia de la carga del pH y el valor de Desacetilacion (DA).

Además, el pH influye en la adsorción ya que también lo hace en el grado de ionización de los compuestos ácidos o compuestos básicos, el cual es un factor determinante de la adsorción. (RAVELO, 2012).

El boro en la natural se encuentra como un sólido siempre y cuando este a temperatura ambiente, ya sea como mono cíclico negro cristalino o como un polvo amorfo amarillo o marrón (impuro). Las cuales posee una gravedad de 2.37 y 2.34 respectivamente. El boro se encuentra como un metaloide relativamente inerte excepto cuando se pone en contacto con un fuerte agente de oxidación. (FAWELL, 2009).

Los perboratos de sodio son persales, que son hidrolíticamente inestables porque contiene enlaces característicos de boro-oxígeno, que reaccionan con el agua para formar peróxido de hidrogeno y meta borato de sodio estable ($\text{NaBO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). El ácido bórico es un ácido muy débil, con una constante de disociación ácida (pKa) de 9.15, por tanto, el ácido bórico $[\text{B}(\text{OH})_3]$ en solución acuosa diluida se encuentra por debajo de pH 7; por encima con un pH 10, el anión meta borato $[\text{B}(\text{OH})_4^-]$ se convierte en la principal especie en solución. Desde aproximadamente pH 6 A pH 11 y en altas concentraciones (>0.025 mol/l), altamente soluble en agua. (FAWELL, 2009).

1.6.2. hipótesis específicas

HIPOTESIS ESPECIFICA 1

HO: No Existe una cantidad de quitosano que permite separar más del 60% de boro en solución acuosa

H1: Existe una cantidad de quitosano que permite separar más del 60% de boro en solución acuosa.

HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

HO: No existe un valor numérico del pH para la separación eficiente del 60% de boro en solución acuosa.

H1: Existe un valor numérico del pH para la separación eficiente del 60% de boro en solución acuosa.

Además, el pH influye en la adsorción ya que también lo hace en el grado de ionización de los compuestos ácidos o compuestos básicos, el cual es un factor concluyente de la adsorción.

El quitosano, captura metales pesados en soluciones acuosas y muestran alta efectividad para removerlas. (LAREZ, 2006).

HEN: No existe evidencias basados en marco teórico que el boro no se pueda separar usando sustancias con terminal OH (Hidroxilos).

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

Disminuir la concentración del boro, mediante el proceso de adsorción a nivel de laboratorio con diferentes cantidades de quitosano y diferentes valores de pH.

1.7.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la masa del quitosano requerido para disminuir la concentración del boro de una solución acuosa.
- b) Determinar el pH adecuado para disminuir la concentración del boro en una solución acuosa.

II. METODOS

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

TIPO: tipo de investigación es experimental-exploratorio. Es exploratorio porque se ejecuta con el propósito de resaltar uno o más puntos de un problema concluyente, además de encontrar la mejor manera de cómo enfocarlo. (SANCA, 2011).

NIVEL: La investigación es experimental básica, ya que se pueden manipular las variables.

Es básica porque parte de un tema específico y no sale de él. Las investigaciones y experimentos se establecen en un tema ampliándolo, creando a partir de este, nuevas leyes o refutando las existentes, es conocida también como investigación fundamental o pura. (SANCA, 2011).

DISEÑO: el diseño experimental es factorial de tipo 2^k , donde el numero 2 indica el número de variable independiente que puede ser controlable y (k) representa los niveles a la cual se van a evaluar las variables. En este caso $K=2$, tal como se representa en la figura 11.

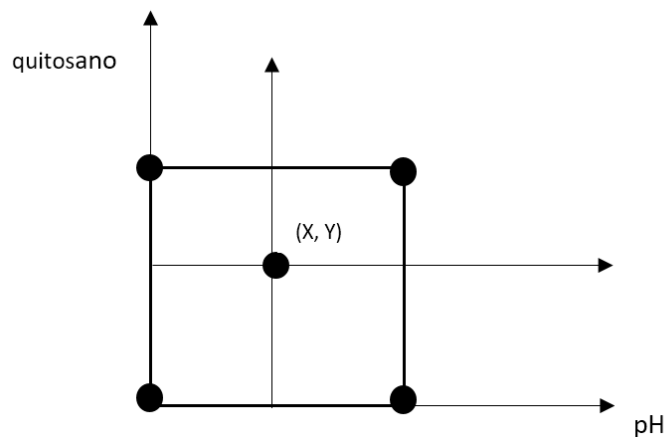


Fig.11. diseño experimental factorial compuesto, donde la combinación de las variables es el origen de coordenadas, requieren 5 repeticiones

La siguiente tabla muestra cuales son las magnitudes de las variables de controles y el número de experimentos a programar.

N° MUESTRA	QUITOSANO (gr.)	pH
1	2.00	3
2	2.00	4
3	3.00	3
4	3.00	4
5	2.50	3.5
6	2.50	3.5
7	2.50	3.5
8	2.50	3.5
9	2.50	3.5

Tabla N°2. En la presente tabla se muestra las magnitudes de las variables de control.

Fuente: elaboración propia, 2018

2.2. VARIABLE Y OPERACIONALIZACION

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTO	DE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VI						
I: proceso de adsorción	El espumante se elaboró mediante la desacetilación de la quitina, la cual forma parte del exoesqueleto de los crustáceos. (RAVELO,2012)	El QUITOSANO es el secuestrante de boro por adsorción, provee los radicales hidroxilos afines con el boro.	pH	acidez del agua	adimensional	
				cantidad espumante	ml	
	el pH influye en la adsorción de iones en aguas contaminadas por metales, esto ocurre debido a que los OH se adhieren a los iones de los metales (RAVELO,2012)	El pH controla la solubilidad del quitosano, y se ajusta de modo que se alcance alta densidad de burbujas	cantidad de quitosano	masa	g/l	
				solubilidad	g/l	
VD						
D: disminuir la concentración de boro del agua.	El boro puede encontrarse en el agua en concentraciones a 4.5 mg/L. (RAVELO, 2012).	La disminución de la concentración del boro se atribuye al efecto combinado de la cantidad de quitosano y el pH en el agua	concentración del boro en agua	Concentración inicial de boro	mg/l	
				Concentración final de boro	mg/l	

Tabla N° 3: matriz de variables y operacionalizacion, elaboración propia, 2018.

2.3. POBLACION Y MUESTRA

POBLACION: la población que fue estimada para la presente investigación es 60 Lt. De agua conteniendo boro, siendo preparado en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo – Lima Este.

MUESTRA: las muestras de agua a utilizar son 9 muestras de 750 ml. y resultan todas las muestras como soluciones homogéneas, lo que indica que no existen precipitados de boro sólido.

MUESTREO: El muestreo se considera aleatorio, ya que las muestras fueron tomadas a diferentes alturas del recipiente conteniendo a la población

2.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.

Instrumento de recolección de dato validado, están reportado en el anexo N° 1, 2, 3,4 y 5.

2.4.1. Técnica e instrumento de recolección de datos validez y confiabilidad.

Etapa	Fuente	Técnica	Instrumento	Resultados
Preparación de muestras	Laboratorio TYPESA Perú.	Observación científica	Ficha de investigación	Concentración de boro
	UCV LIMA ESTE			
Medición y variación de pH	Laboratorio de Biotecnología	Observación científica	Ficha de investigación	Magnitud de pH
	UCV LIMA ESTE			
Medición de la concentración de boro	Laboratorio TYPESA Perú.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF part 3030K, 3125 B, 22nd Ed.2012 / Preliminary treatment of samples inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) method	Cadena de custodia	Concentración de boro.
Tratamiento de agua con quitosano	Laboratorio de Biotecnología	Observación científica	Ficha de investigación	Concentración de boro en el agua tratada
	UCV LIMA ESTE			

Tabla N°4: técnica e instrumento de recolección de datos.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Análisis de contenido de boro

Se procede a la preparación de la muestra de agua y boro (concentración de 0.1413 g. (bórax)), una vez preparada esta muestra se procede a realizar el tratamiento del agua usando el quitosano (2.50 g.) y a ajustar el pH. Una vez obtenido esta muestra preparada se procede a enviar a analizar a un laboratorio particular el cual se encuentre certificado por INACAL, para ello se tiene que llenar la cadena de custodia, cuyo procedimiento de llenado es el siguiente:

- Tipo o parámetro de muestra
- Código de muestra
- Ubicación del punto de muestreo
- Fecha de muestreo
- Hora de muestreo

Las muestras de realizadas en laboratorio de biotecnología son llevadas al laboratorio TYPESA PERU, para que pueda determinar la concentración de boro en muestra, usando el método de análisis de ICP-MASA.

2.5 EXPERIMENTO DE TRATAMIENTO DEL AGUA UTILIZANDO EL POLISACÁRIDO QUITOSANO

Este proceso de tratamiento fue realizado en el laboratorio de biotecnología en la universidad secar vallejo, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

1. Se realizó montaron dos columnas de contacto ACRILICOS con un diámetro de 0.05 cm X 50 cm de altura; así mismo se instalaron dos bombas de aire de 3 L/min conectados a las manguerillas de 1.50 m de largo respectivamente, así mismo para incrementar el burbujeo se conectó una piedra difusora. Para el control del flujo de agua de la muestra contenida en la columna de contacto, se instaló una válvula de compuerta en cada columna, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Fig.12. montaje de equipo para experimento

2. Para la realización del experimento se utilizaron los siguientes instrumentos de laboratorio: 2 vasos precipitados de 1000 ml, luna de reloj para pesar masas, pisceta, espátula y embudo.



Fig.13. instrumentos de medición de laboratorio (pH metro, balanza analítica y agitador magnético).

3. Los equipos de laboratorio utilizados: balanza eléctrica, agitador magnético, bomba de filtro, pH-metro.



Fig. 14. Equipos de análisis de laboratorio (bomba de filtro, balanza analítica, agitador magnético, embudos y vaso precipitado).

4. Se preparó 9 muestras de agua destilada con boro, siguiendo el diseño experimental a diferentes pH las cuales son las siguientes: 3, 3.5 y 4; así mismo se pesó en la luna de reloj el quitosano a diferentes masas: 2 g, 2.5 g y 3g.

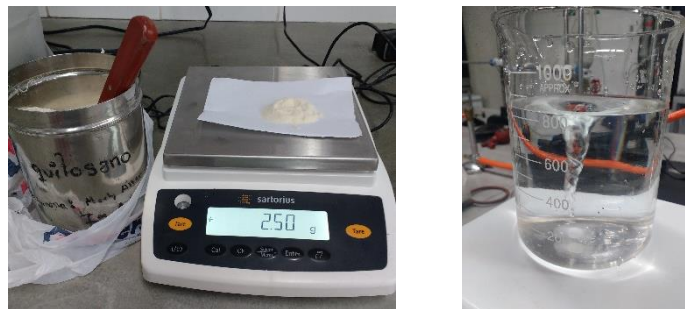


Fig.15. pesado de quitosano en balanza analítica, y agitación de agua con bórax.

5. La muestra de agua destilada con boro se ubicó en las dos columnas de contacto de ACRILICO y se encendió las bombas de aire, seguido a esto se le agregó el quitosano a diferentes masas en cada columna y finalmente se ajustó el pH y esperamos hasta que inicie el burbujeo que es al instante.



Fig.16. ajuste de pH de la muestra utilizando ácido acético al 5%.

6. El agua contaminada con boro una vez que se encuentra en contacto con el quitosano, se dejó burbujear por 30 min, se deja reposar 5 minutos y luego se abre la llave de manera lenta y para que no pase mucha cantidad de quitosano se utiliza una malla fina que juega el papel de colador y al terminar de filtrar por la malla se pasa a filtrar por la bomba filtro.

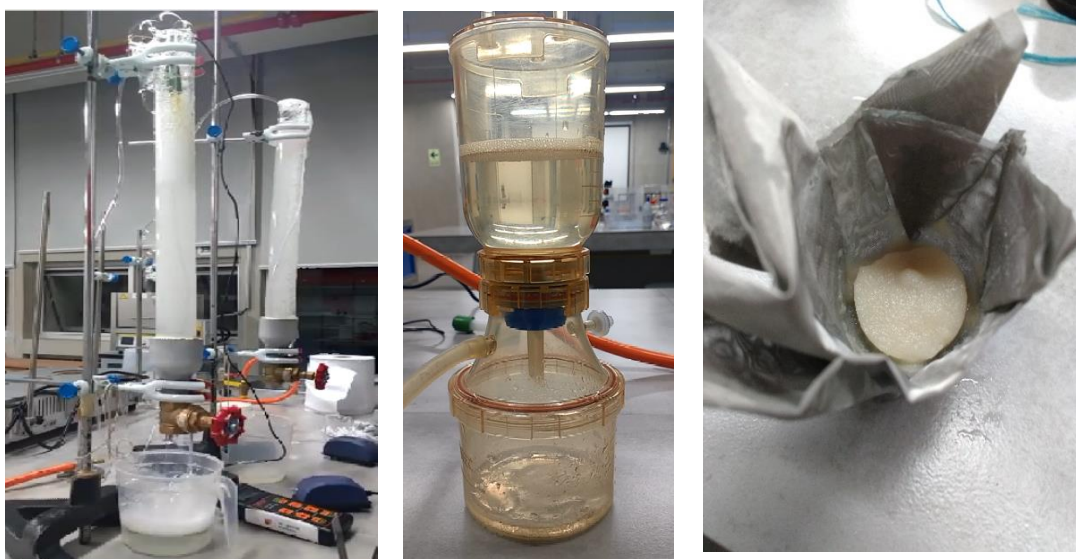


Fig.17. toma de muestra y filtrado, para mandar analizar.

- Una vez obtenida la muestra ya filtrada, se pasa a llenar a unos frascos de 500 ml, color lechoso, se rotularon y se enviaron al laboratorio TYPASA PERU, para su respectivo análisis.



Fig.18. toma de muestra en botellas de color lechosas y envío a laboratorio.

2.5.1 Diseño factorial experimental

El diseño factorial experimental es 2^k , donde 2 indica el número de variables independiente, y k indica los niveles de la variable a las cuales se plantea el experimento.

Este método es de mucha aplicación en el área de ingeniería y permite evaluar rápidamente la respuesta de una variable dependiente cuando se modifica simultáneamente los niveles de las variables independientes.

Este método tiene la bondad de recurrir a cantidades pequeñas de experimento y con amplia obtención de información respecto a la variable en evaluación. (SUAREZ, 2017).

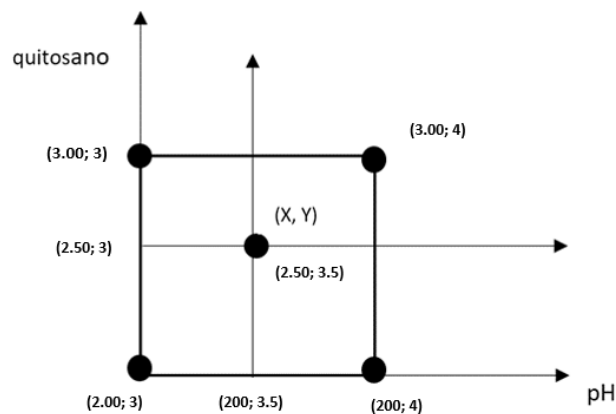


Fig.19. diseño experimental factorial compuesto, donde la combinación de las variables es el origen de coordenadas.

Fuente: elaboración propia, 2018.

N° MUESTRA	QUITOSANO (gr.)	pH
1	2.00	3
2	2.00	4
3	3.00	3
4	3.00	4
5	2.50	3.5
6	2.50	3.5
7	2.50	3.5
8	2.50	3.5
9	2.50	3.5

Tabla N° 5: variables codificadas.

Fuente: elaboración propia, 2018.

2.5.2 Validez y confiabilidad de instrumento

La validez del instrumento, fue realizado a través del juicio profesional expertos en el tema, que validaron los instrumentos de una amplia evaluación.

(VER ANEXO N°1, N° 2, N° 3, N°4 y N°5)

2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos el diseño factorial 2^k se utiliza la distribución de Fisher, de la cual debe obtenerse el valor crítico F, la cual nos ayuda a aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Para realizar el análisis de varianza se requiere el desarrollo de un modelo matemático de regresión múltiple y que resulta en modelos de primer o de segundo orden, la cual puede representarse en forma de una ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1^2 + \beta_4 X_2^2 + \beta_5 X_1 X_2 \quad (3)$$

Donde los coeficientes β_i , se determinan usando los datos experimentales en un mecanismo de algebra de matrices. X_1 representa los valores de pH, y X_2 representan las diferentes masas de espumante quitosano.

Si el modelo se ajusta a uno lineal, entonces los parámetros β_3 , β_4 y β_5 se reducen a cero.

Análisis de varianza

El análisis de varianza consiste en cuantificar los errores durante el desarrollo experimental, y se denomina convencionalmente con el término de ANOVA, los cálculos para explicar estadísticamente si se acepta o no la hipótesis nula.

El análisis de varianza se encarga de representar los errores numéricamente que se pueden presentar al momento de realizar cada uno de los experimentos; cabe mencionar como es el caso de error que presenta el modelo. Todo esto es desarrollado tal cual como se indica en la siguiente Tabla. N^o 6, y en las ecuaciones 4, 5, 6 y 7. Todos los cálculos serán elaborados usando el programa MATHCAD.

El modelo de primer orden se expresa según la Ecuación 17, donde los tres parámetros “ β ” del modelo se obtienen usando los datos de la Tabla N^o 5:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

Por simplicidad y es el rendimiento neto YN; x_1 representa la concentración de polímero FL; x_2 es la cantidad de sólidos alimentados SOL.

Las tres ecuaciones requeridas para estimar “ β ” se obtienen utilizando el criterio de mínimos cuadrados, para lo cual se define la función Sr como la suma de los cuadrados de los residuales, y se deriva dicha expresión respecto a cada variable “ β ” e igualando el resultado de cada derivada a cero.

$$Sr = \sum_{i=1}^n [y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{1i} - \beta_2 x_{2i}]^2$$
$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_0} = 0 = -2 [\sum y_i - \beta_0 \sum 1 - \beta_1 \sum x_{1i} - \beta_2 \sum x_{2i}] \quad (4)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_1} = 0 = -2 [\sum x_{1i} y_i - \beta_0 \sum x_{1i} - \beta_1 \sum x_{1i}^2 - \beta_2 \sum x_{1i} x_{2i}] \quad (5)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_2} = 0 = -2 [\sum x_{2i} y_i - \beta_0 \sum x_{2i} - \beta_1 \sum x_{1i} x_{2i} - \beta_2 \sum x_{2i}^2] \quad (6)$$

Las ecuaciones pueden representarse en forma matricial de forma resumida de modo que:

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i}x_{2i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i}x_{2i} & \sum x_{2i}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i}y_i \\ \sum x_{2i}y_i \end{bmatrix}$$

De esta expresión, utilizando métodos numéricos en forma de álgebra de matrices se obtiene la forma simplificada para “β”: $[\beta] = [X]^{-1} [Y]$, donde n es el número de datos.

Las hipótesis, nulas y alternativa que están relacionadas con esta etapa de la evaluación, donde el modelo de primer orden depende de los parámetros β de la filtración se expresa como:

Ho: $\beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = 0$

H1: $\beta_1 \neq 0$ o $\beta_2 \neq 0$

<i>Fuente</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Media de los cuadrados</i>	<i>Razón de F</i>	<i>Valor crítico F (probabilidad)</i>
Modelo de regresión	m-1	SSreg	$\frac{SSreg}{m-1}$	$x = \frac{SSreg/m-1}{SSE/(n-m)}$	$qF(\alpha, m-1, n-m)$
Error experimento	n-m	SSE	$\frac{SSE}{n-m}$		
Total	n-1	SST			

Tabla N° 6: tabla de análisis de varianza (ANOVA)

Fuente: elaboración propia, 2018.

Grado de libertad

El grado de libertad se va a calcular usando las variables “m” y “n”, donde “m” es el número de coeficientes beta (β) del modelo matemático y “n” es el número de datos obtenidos en el experimento.

Suma de cuadrados

En la suma de cuadrados se mostrará las ecuaciones que se desarrollan, con la finalidad de poder determinar la magnitud del error que se obtiene. Las cuales son:

SST: suma de cuadrados para estimar la variabilidad total de los datos.

$$SST := \sum_{i=0}^{n-1} (Y_i - \text{mean}(Y))^2 \quad (7)$$

SSreg: suma de cuadrados para determinar la variabilidad total del modelo de regresión

$$SSreg := \sum_{i=0}^{n-1} (y_{\text{teorico}_i} - \text{mean}(Y))^2 \quad (8)$$

SSE: suma de cuadrados debido al error entre el valor actual y el valor obtenido en el modelo.

$$SSE := SST - SSreg \quad (9)$$

Valor crítico: se representa de la siguiente manera:

$$qF(1- \alpha, GLN, GLD) = qF(\alpha, m-1, n-m) \quad (10)$$

Procesamiento de información

Todos los datos obtenidos se encuentran organizados según el diseño experimental que se muestra en la tabla N° 4 y N° 5.

Para ello se utilizó también el programa de MATHCAD 2015 para el análisis estadístico y la elaboración de las gráficas.

Desarrollo del modelo de 2^{do} orden para la extracción de boro utilizando quitosano.

Para la parte experimental se tomó como dato de referencia el trabajo realizado por rosario leaño cárdenas, 2017. De tal forma que los datos del diseño experimental para este proyecto se desarrollaron considerando obtener el modelo de segundo orden que ayuda a fijar el punto estacionario.

El modelo se desarrolla a través del criterio de mínimos cuadrados, similar al desarrollado para el modelo de primer orden. La diferencia consiste en obtener una matriz cuadrada de 6×6 y un vector numérico de 6×1 . Los componentes de esta matriz se muestran a continuación, y se utiliza sus resultados numéricamente utilizando álgebra de matrices para obtener los parámetros del modelo de segundo orden

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

Los datos de este experimento serán reportados fielmente tal como se obtienen de los reportes de contrato a servicio a terceros; y estos datos no serán alterados siendo las normas de ética establecida por la institución.

Este proyecto es único, y si eventualmente se pudiese localizar un trabajo similar se hará mención del mismo para evitar conflictos de interés por derecho de autor.

El análisis estadístico se llevará a cabo utilizando el programa MATHCAD, para lo cual se solicitará autorización de uso de modo que se pueda cumplir con los principios de ética internacional basados en derechos de autor.

En este proyecto no se utilizará animales para experimentación, ni tampoco con humanos que contravengan con los principios de maltrato y principios de ética local.

III. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

3.1 RECURSOS Y PRESUPUESTOS

Para la elaboración de este proyecto de investigación se utilizaron diversos materiales de laboratorio, equipos e insumos. Entre ellos cabe mencionar a:

COD	CONCEPTO	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	acido acetico	S/. 18.00	12	S/. 216.00
2	Borax	S/. 3.00	1	S/. 3.00
3	quitosano	S/. 250.00	1/2 kilo	S/. 250.00
4	tubos acrilicos	S/. 40.00	2	S/. 80.00
5	llave compuerta 2"	S/. 80.00	2	S/. 160.00
6	bomba de aire	S/. 25.00	2	S/. 50.00
7	manguera para bomba	S/. 1.00	3 metros	S/. 3.00
8	piedra difusora	S/. 3.00	2	S/. 6.00
9	reductor 2"	S/. 2.50	2	S/. 5.00
10	niple 2"	S/. 1.50	2	S/. 3.00
11	analisis laboratorio	S/. 40.00	9	S/. 360.00
total solo cotizando 9 muestras de lab:				S/. 1,136.00
total cotizando las pruebas de muestras de lab(total 40 muest)				S/. 2,376.00

Tabla N°7. Cuadro de presupuestos

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.2. FINANCIAMIENTO

Este proyecto no tiene financiamiento externo, tampoco institucional por lo que se recurre a recursos económicos propios.

3.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

ACTIVIDADES	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I. COMPRA Y ENSAMBLAJE DE EQUIPO																				
solicitud de la compra de quitosano				■																
cotización de laboratorio (TYPASA)				■																
definición concreta del tema de investigación					■															
cotización y armado de columna de contacto(acrílico)					■															
II. PRUEBA PRELIMINAR DEL ENSAMBLADO																				
listado de materiales a utilizar /definición y operacionalización de las variables				■	■															
primera prueba de análisis de agua con boro usando quitosano y ajustando el Ph 5.					■	■														
modificación del modelo experimental.							■													
levantamiento de observaciones								■												
INICIO DE EXPERIMENTACION 2K																				
resultados de concentración de boro elevados de las muestras de agua con Ph entre 5 y 9,									■											
PRIMERA SUSTENTACION DE TESIS										■										
trabajo en laboratorio UCV, con pH bien acidos entre 3.5 y 4.5										■	■									
cambio del metodo de empleo o proceso de trabajo												■								
CONCLUSION DE LOS EXPERIMENTOS FACTORIALES																				
modificación en el modelo experimental													■							
cambio de metodo de filtracion de la muestra														■						
recoleccion de resultados POSITIVOS de laboratorio TYPASA															■					
conclusiones del proyecto de tesis																■				
REDACCION FINAL DE TESIS																				
entrega preliminar de la tesis para su revision																	■			
SEGUNDA SUSTENTACION DE TESIS																			■	

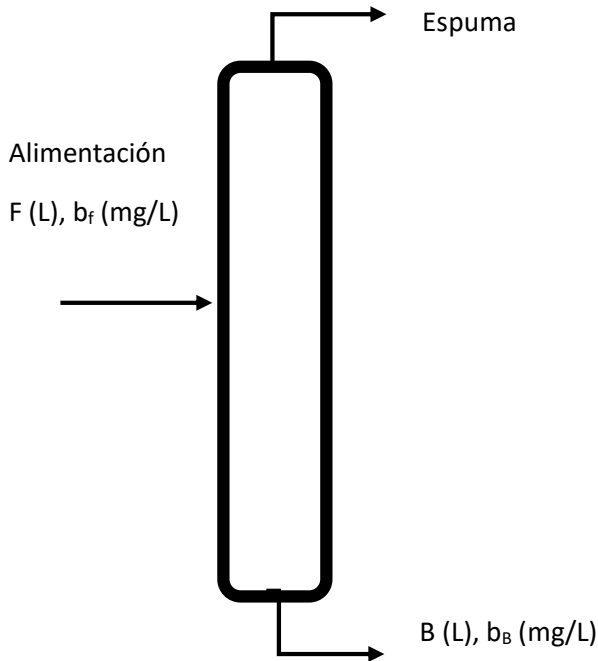
Tabla N°8. Cronograma de ejecución

Fuente: elaboración propia, 2018.

IV. RESULTADOS

4.1. EJEMPLO DE CÁLCULO:

La disminución del boro en el agua, se expresa en % luego de realizar el balance de masa según el siguiente esquema, y reportado en la tabla N°9.



Ejemplo de cálculo para la disminución de boro con masa de quitosano 2.25 g y pH 4.25:

$$1 - \frac{500 \times B}{750 \times C_i}$$

$$1 - \frac{500 \times 18.74}{750 \times 20.34} = 0.386$$

4.2 RESULTADOS DEL USO DE QUITOSANO

pH	Masa de quitosano	concentración	concentración	Diferencia	volumen	Balance de Boro extraído
		inicial [B] (mg/L)	final [B] (mg/L)			
4.25	2.25	20.34	20.73	0.321	0.5	4.95
4.25	2.75	20.34	18.84	0.382	0.5	5.155
4.75	2.25	20.34	18.74	0.386	0.5	5.415
4.75	2.75	20.34	19.47	0.362	0.5	4.63
4.5	2.5	20.34	20.61	0.324	0.5	5.795
4.5	2.5	20.34	20.2	0.324	0.5	5.835
4.5	2.5	20.34	19.68	0.324	0.5	5.52
4.5	2.5	20.34	21.25	0.324	0.5	5.885
4.5	2.5	20.34	18.92	0.324	0.5	6.963

Tabla N°9. Concentración de boro, cantidad de quitosano y grado de pH.

Fuente: elaboración propia, 2018.

4.3 PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS:

$$\text{PH} := \begin{pmatrix} 4.25 \\ 4.25 \\ 4.75 \\ 4.75 \\ 4.5 \\ 4.5 \\ 4.5 \\ 4.5 \\ 4.5 \end{pmatrix} \quad \text{CHI} := \begin{pmatrix} 2.25 \\ 2.75 \\ 2.25 \\ 2.75 \\ 2.5 \\ 2.5 \\ 2.5 \\ 2.5 \\ 2.5 \end{pmatrix} \quad \text{B} := \begin{pmatrix} 20.73 \\ 18.84 \\ 18.74 \\ 19.47 \\ 20.1 \\ 20.1 \\ 20.1 \\ 20.1 \\ 20.1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Bf} := 1 - \frac{500\text{B}}{750 \cdot 20.34} \quad \text{Bf} = \begin{pmatrix} 0.321 \\ 0.382 \\ 0.386 \\ 0.362 \\ 0.341 \\ 0.341 \\ 0.341 \\ 0.341 \\ 0.341 \end{pmatrix}$$

4.4. ALGEBRA DE MATRICES PARA ENCONTRAR MODELO DE 1^{ER} ORDEN:

$$\underline{n} := 9 \quad x1 := \text{PH} \quad x2 := \text{CHI} \quad y := \text{Bf}$$

$$\text{X} := \begin{bmatrix} n & \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 x2_i \\ \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i)^2 & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) \\ \sum_{i=0}^8 x2_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) & \sum_{i=0}^8 (x2_i)^2 \end{bmatrix} \quad \text{Y} := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^8 y_i \\ \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^8 (x2_i \cdot y_i) \end{bmatrix}$$

4.5. PARÁMETROS DEL MODELO:

$$\beta := X^{-1} \cdot Y \quad \beta = \begin{pmatrix} 0.055 \\ 0.045 \\ 0.038 \end{pmatrix}$$

$$y2(x1, x2) := 0.055 + 0.045x1 + 0.038x2$$

$$y2 := \begin{pmatrix} 0.332 \\ 0.351 \\ 0.354 \\ 0.373 \\ 0.353 \\ 0.353 \\ 0.353 \\ 0.353 \\ 0.353 \end{pmatrix}$$

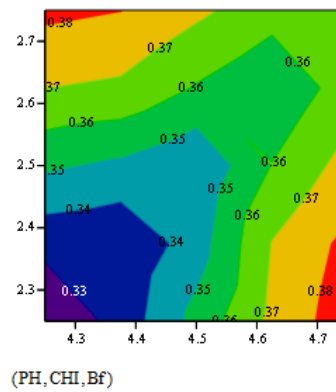
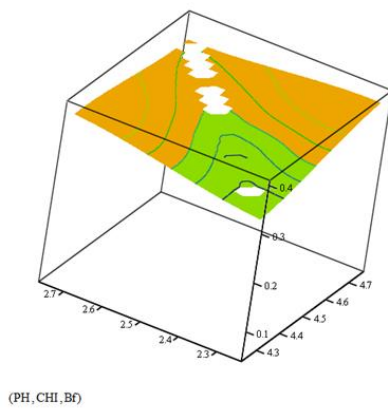


Grafico N° 1: dinámica de la cantidad de quitosano, pH y la concentración final de boro dado en tres dimensiones.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Análisis de varianza de 1^{er} orden

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón de F	Valor crítico F (probabilidad)
Modelo de regresión	4	8.829×10^{-4}	4.414×10^{-4}	0.932	0.052
Error experimental	4	2.843×10^{-3}	4.738×10^{-4}		
Total	8	3.726×10^{-3}			

Tabla N°10: resultados del análisis de varianza (ANOVA)

Fuente: elaboración propia, 2018.

Coefficiente de correlación: $R = \frac{SS_{reg}}{SST} = 0.162$

El modelo de 2do orden: $y_{22} = -69.829 + 15.373 \cdot pH + 37.133 \cdot chit + (-1.326 \cdot Ph^2) + (-5.306 \cdot chit^2) + (-2.739 \cdot ph \times chit)$

Respecto al cuadro anterior, donde se presenta el análisis de varianza, pues el factor **F (0.932)** es mayor que el valor crítico cuyo resultado es 0.052. este resultado indica que el modelo de segundo orden es satisfactorio y todos los parámetros beta son diferentes de cero, indicando que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_A), así mismo indica que la variable independiente depende significativamente de las independientes.

El coeficiente de correlación es 0.2, el cual indica que solo el 20% de todos los datos experimentales están representados por el modelo de segundo orden.

4.6. DISTRIBUCIÓN DE FISHER PARA VALIDAR LA HIPÓTESIS:

F – distribution

$$m1 := 3$$

$$n := 9$$

$$u := m1 - 1$$

$$v := n - m1$$

$$u = 2$$

$$v = 6$$

$$h(x) := \frac{\Gamma\left(\frac{u+v}{2}\right) \cdot \left(\frac{u}{v}\right)^{\frac{u}{2}} \cdot x^{\frac{u}{2}-1}}{\Gamma\left(\frac{u}{2}\right) \cdot \Gamma\left(\frac{v}{2}\right) \cdot \left(\frac{u}{v} \cdot x + 1\right)^{\frac{u+v}{2}}}$$

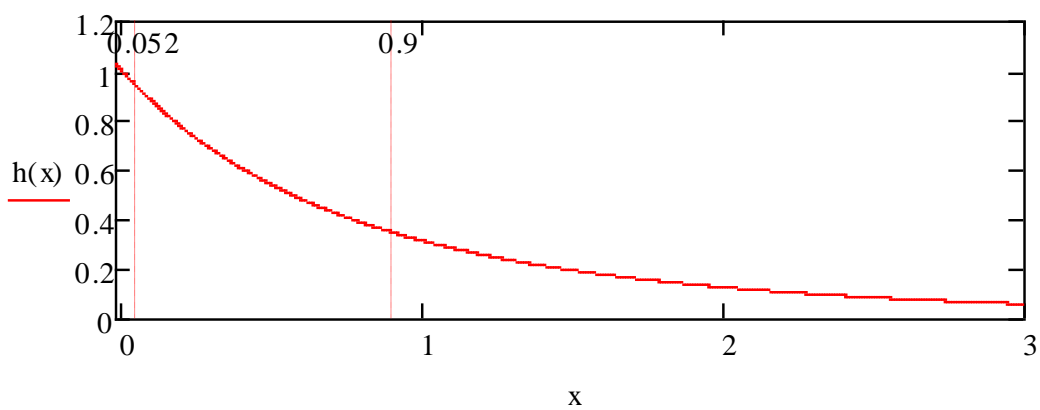


Grafico N°2. Distribución de Fisher.

Fuente: elaboración propia, 2018.

V. DISCUSION

Los resultados experimentales que se obtuvo en la disminución del boro en el agua, para todos los casos ocurrió en un pH ácido (cerca a 4.5), esto es consistente con los resultados obtenidos por otros autores tratando de disminuir elementos metálicos en agua y como el boro tiene carácter metálico entonces para su separación del agua se requiere un pH ácido.

Para la adsorción de iones metálicos en una solución acuosa, usando resina de quitosano tuvo mayor eficacia ajustando el pH a 2.0. La tasa de adsorción fue extremadamente rápida y el equilibrio se estableció entre 6-10 minutos. Cuyos resultados más resaltantes fueron de 1.48 mg/L. de una concentración inicial de 51.813 mg/L (JIAN HU, SONG WANG, GUO LIU, MING ZENG, LEI BAO & XIA ZENG, 2016).

Durante el proceso de adsorción el tiempo de contacto es importante, por ejemplo para separar algunos metales el tiempo de contacto fue de 60 minutos; a diferencia, en este proyecto el tiempo de contacto fue reducido a la mitad, ya que se trabajó con 30 minutos de contacto mostrando una efectividad mayor.

En este proyecto se hicieron varias pruebas las cuales se aprobaron para realizar pretratamiento en busca de modificación óptima del quitosano, dentro de ellas se obtuvo que el quitosano en la Desacetilación con una solución alcalina al 45% durante 60 min, seguido de una disolución de ácido clorhídrico al 1% es más eficiente (HUANG, CHEN Y RUHSING, 2000).

A diferencia de muchos autores que trabajaron con quitosano para coagular y precipitar agentes del agua, nuestro proyecto enfoca una iniciativa completamente opuesta, mostrando creatividad en el área de ingeniería, utilizando al quitosano como medio adsorbente y con este mecanismo atribuido a su baja densidad y estabilizado con burbujas de aire el quitosano boro adsorbido se separa del proceso en forma de espumas en la parte alta de la columna de contacto.

En la parte de la práctica, adsorción se entiende como la eliminación de uno o más componentes en una fase LIQUIDA o GAS mediante un sólido. La fase sólida que adsorbe se denomina adsorbente y cualquier sustancia que sea adsorbida se llama adsorbato (POLO, 2012).

VI. CONCLUSIONES

El quitosano es un biopolímero bastante atractivo para separar el boro del agua, con su presencia se logra crear una espuma cuando se ajusta el pH por debajo de 5. Según demuestra los experimentos alrededor del 30 % del boro se transporta en la espuma, lo cual permite que el agua en la descarga final resulta con contenido 70% del boro alimentado a la columna.

La concentración de boro en agua se redujo de una concentración inicial de 20.34 mg/L a 11.5 mg/L, después de haber sido tratada con 2.5 mg de quitosano y con un ajuste de pH de 3.7, con un flujo de aire de 6 L/min, las cuales según resultados de laboratorio indica que el balance de boro extraído durante el proceso de adsorción es de 13.53 mg/L.

Al incrementar el pH en el medio acuoso mayor a 4.5 y manteniendo la masa de quitosano constante la separación del boro del agua disminuye significativamente.

Al incrementar la masa del quitosano mayor a 2.25 y manteniendo el pH constante la separación del boro del agua disminuye significativamente.

Al disminuir el pH de 4.75 a 4.25, y simultáneamente incrementando la masa de quitosano de 2.25 a 2.75, la separación del boro del agua no varía significativamente.

Incrementando el pH de 4.25 a 4.75, y simultáneamente incrementando la masa de quitosano de 2.25 a 2.75, la separación del boro del agua disminuye significativamente.

El mejor resultado obtenido en la separación del boro del agua fue de 11.43 mg/L en el efluente, el agua sin tratar contenía 20.34 mg/L, esto luego de un balance de masa del boro corresponde a un 37.5% de efectividad de separación.

Para la muestra de agua se utilizó como fuente de boro, el bórax cuya fórmula química es de $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. El bórax es totalmente soluble en agua, cuya masa utilizada fue 0.1314 g, dando como concentración inicial para la muestra de 20.34 mg/L en un volumen de agua de 750 ml.

VII. RECOMENDACIONES

Asegurarse que los equipos de medición que se van a utilizar en el proyecto estén calibrados según establecen las normas locales, como es el caso de la balanza analítica, el medidor de pH, de modo que se eviten incurrir en errores sistemáticos.

No sustituir los equipos durante todo el proceso de experimentación, para evitar incurrir en errores experimentales.

Lavar, secar y limpiar bien los materiales a usar en el proceso de experimento, en especial con el tubo de acrílico, para evitar contaminación del equipo y producir errores experimentales por exceso.

Es preferible hacer uso de filtración por gravedad al uso de una bomba de filtración, debido a que los procesos rápidos de filtración arrastran sólidos suspendidos conteniendo boro, y los resultados de análisis químico crean errores de medición por exceso.

Cumplir con las recomendaciones sobre manejo de muestras de agua en recipientes apropiados.

En el laboratorio que se va llevar a cabo el análisis, consultar o sugerir al analista encargado, que para el análisis de su muestra tenga los parámetros y escalas adecuadas, para que así no obtenga resultados erróneos (resultados elevados).

Si los resultados sobrepasan la línea base de su experimento, pues hay que sugerir la repetición del análisis con los mismos valores de la muestra (pH, quitosano) o pedir al analista responsable que vuelva a repetir el análisis de la muestra que tiene en laboratorio.

De preferencia para el ajuste del pH, usar ácido acético al 99.9% y no al 5% como se usó para este proyecto, ya que al ser más puro el ácido acético, pues mejorara el entrelazamiento del boro con el quitosano y se liberaran mediante la espuma con mayor facilidad y fluidez.

BIBLIOGRAFIA

- 1.** SUAREZ ALVITES, ALEJANDRO. Método de superficies de respuesta (MSR) para procesos de optimización aplicado a la filtración de lodos provenientes del sedimentador primario de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Repositorio universidad nacional mayor de San Marcos, 2017.
- 2.** VELASQUEZ Martha, PIMENTEL José Luis & ORTEGA Manuel. A study of boron distribution in water sources of the Duero river basin, by using multivariate statistical analysis. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Michoacán. 2011.
ISSN 0188-4999
- 3.** POLAT H., VENGOSH A., PANKRATOV I. & POLAT M. A new methodology for removal of boron from water by coal and fly ash, 2016.
- 4.** RAVELO Bruno. Tesis-Adsorción de Boro Del Agua. Departamento de ingeniería química, 2012.
- 5.** CHILLON María. Reducción del boro en aguas procedentes de la desalación. Universidad de alicante, 2009.
- 6.** DEFANG Zeng, JUANJUAN Wu, JOHN F & KENNEDY. Application of a chitosan flocculants to water treatment – ARTICULO, 2008, pp 135-138.
- 7.** MARIE, CASTEL, NICOLAIÈ, ROSIN, SARDINIM & JAUFFRET. Boron removal from drinking water with a boron selective resin: ¿is the treatment selective? Printed in Great Britain, 2000.
- 8.** GEFFEN, SEMIAT, EISEN, BALAZS, KATZ & DOSORETZ. Boron removal from water by complexation to polyol compounds. 2006.
- 9.** HUANG, CHEN & RUHSING. Optimal condition for modification of chitosan: a biopolymer for coagulation of colloidal particles, 2000, pp 1057-1062.
- 10.** ONSOSYEN Edvar y SKAUGRUD Osyvind. Metal Recovery Using Chitosan-articles. 1990.
- 11.** DIVAKARAN Ravi y Sivasankara Pillai. Flocculation of kaolinite suspensions in water by chitosan, 2001.

- 12.**OCHIAI, NAKATA, MURAKAMI, FUJISHIMA, YAO y KUBOTA. Development of Solar-Driven Electrochemical and Photocatalytic Water Treatment System Using a Boron-Doped Diamond Electrode and Tio₂ Photocatalyst, 2010.
- 13.**WIBOWO, VELAZQUEZ, VIVEKSAVANT y TORRES. Surimi wash water treatment for protein recovery: effect of chitosan–alginate complex concentration and treatment time on protein adsorption, 2005.
- 14.**MAJETI N. y KUMAR R. A Review of Chitin and Chitosan Applications, 2000.
- 15.**GÉRENTE Y McKa. -- Removal of arsenic (V) onto chitosan: From sorption mechanism explanation to dynamic water treatment process, 2010.
- 16.**MORA, CHAVES, ARAYA y STARBIRD. Desarrollo de membranas de quitosano y diseño de un equipo para la eliminación de metales pesados del agua, 2012.
- 17.**VILLALOBOS MORÚN. Eliminación de Metales Pesados de Aguas Residuales con Membranas de quitosano, 2011.
- 18.**BONILLA VALLADARES Pablo. Optimización del Proceso de Adsorción de Plomo con Quitosano Modificado para ser Utilizado en el Tratamiento de Aguas, 2011.
- 19.**VALLS FRANCISCO Javier. Procedimiento de eliminación de boro en tratamiento de aguas, 2007.
- 20.**GIRALDO Juan. PROPIEDADES, OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIONES DEL QUITOSANO, 2015.
- 21.**CHACÓN Sevillano, DIANNE Erika. Tratamiento de cristalización utilizando el quitosano para la reducción de sal en el agua de mar, en la playa Miramar, Ancón – Lima 2016, 2016.
- 22.**LÁREZ Cristóbal. Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. Universidad de Los Andes Mérida 5101, Venezuela, 2006.
ISSN: 1856-5301
- 23.**SANCA TINTA Miller. Tipos de investigación científica. Revista de Actualización Clínica Investiga- Univ. Tercer Año Facultad de Odontología UMSA, 2011.

- 24.**MORALES CD, AVENDAÑO CE, ZEVALLOS RD, FERNÁNDEZ PJ, MENDOZA RZ. Environmental risk due to arsenic and boron in the watersheds Sama y Locumba from Perú. 2018.
- 25.** CARTAYA, REYNALDO, MARRERO, PENICHE. Adsorción de iones Cu^{2+} por quitosano y su aplicación al suelo para la protección de las plantas ante la toxicidad del metal. 2008.
- 26.**HERNANDEZ, AGUILA, FLORES, VIVEROS & RAMOS. Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón, facultad de ingeniería química, Puebla-México. 2009.
- 27.**LOPEZ Cristóbal. Algunos usos de quitosano en sistemas acuosos. Revista iberoamericana de polímeros, Mérida- Venezuela, 2016.
- 28.**PENICHE COVAS, Carlos. Estudio sobre quitina, quitosana. Facultad Química, Bahamas, 2006.
- 29.**RINAUDO, Marguerite. Chitin and chitosan: properties and applications, Francia, 2016.
- 30.**HERNANDEZ, Yamila. La quitina y la quitosana, polisacáridos animales de gran importancia, 2014.
- 31.**SODIN. Evaluation of a procedo de coagulation-floculation a chitosan in effluents, 2008
- 32.**VARGAS VALERO, Tomas & MONTES ATENAS Gonzalo. Estudio del efecto del tipo y concentración de espumante en la selectividad de proceso de flotacion a escala laboratorio, Santiago de Chile, 2012.
- 33.**VELANDRIA, Veronica. Estabilizacion de espumas no acuosas en presencia de sólidos. Merida-Venezuela, 2011.
- 34.**POLO, Bruno. Adsorción de boro del agua, ingeniería química-Brasil, 2012.
- 35.**CANADELL ESTRADA, Alberto. Comparación de la adsorción del boro con perlas de alginato y alginato/alumina, ingeniería química-Brasil, 2010.
- 36.**JIAN HU, SONG WANG, GUO LIU, MING ZENG, LEI BAO & XIA ZENG. Adsorption of chromium (VI) by ethylenediamine-modified cross-linked magnetic chitosan resin: Isotherms, kinetics and thermodynamics, 2016.

Anexo

MATRIZ DE CONSISTENCIA

<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿En qué medidas el quitosano y el pH tienen la capacidad de reducir la concentración de boro en el agua?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida el quitosano adsorbe el boro del agua? • ¿En qué medida el pH disminuye la concentración del boro del agua? 	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Disminuir la concentración del boro mediante el proceso de adsorción a nivel de laboratorio con diferentes cantidades de quitosano y diferente valor de pH.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar la masa del quitosano requerido para disminuir la concentración del boro de una solución acuosa.</p> <p>b) Determinar el pH adecuado para disminuir la concentración del boro en una solución acuosa.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>El boro se puede separar de forma eficiente usando el quitosano a un pH apropiado con técnicas simples.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICOS:</p> <p>H1: Existe una cantidad de quitosano que permite separar más del 60% de boro en solución acuosa.</p> <p>H2: Existe un valor numérico del pH para la separación eficiente del 60% de boro en solución acuosa.</p>	<p>VARIABLE DE ESTUDIO:</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>El proceso de adsorción a nivel de laboratorio.</p> <p>INDICADORES:</p> <p>Con respecto al pH:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez del agua • Cantidad de • Espumante <p>Con respecto al quitosano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masa • solubilidad <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Reducción de la concentración del boro del agua.</p> <p>INDICADORES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración inicial del boro. • Concentración final del boro. 	<p>PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>El proceso de adsorción a nivel de laboratorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH • Cantidad de quitosano <p>PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Disminuir la concentración del boro del agua</p> <ul style="list-style-type: none"> • concentración del boro en agua. 	<p>PARA LA VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Indicadores para el pH:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez del agua • Cantidad Del espumante <p>Indicadores para la cantidad de quitosano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masa • Solubilidad <p>PARA VARIABLES DEPENDIENTES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración de boro inicial • Concentración de boro final
--	---	--	---	--	--

Fuente: elaboración propia, 2018.

proyecto de investigación:			
REDUCCION DE LA CONCENTRACION DEL BORO DEL AGUA MEDIANTE EL PROCESO DE ADSORCION A NIVEL DE LABORATORIO, SJL-2018			
INVESTIGADOR: Aller Rojas, Merly			
ASESOR: Suarez Alvites, Alejandro			
DATOS DE ANALISIS			
QUITOSANO			
PARAMETROS FISICOS			
Item	parametros	unidades	resultados
1	solubilidad	g/L	
2	temperatura	°C	
3	cantidad de quitosano	mg/L	
PARAMETROS QUIMICOS			
4	pH	Ene-14	
5	capacidad de absorción	-	
VOLUMEN DE AIRE			
6	flujo de aire	L/s	
FECHA:			
CODIGO DE MUESTRA:			
LUGAR DE ANALISIS:			
FIRMA DEL RESPONSABLE:			
OBSERVACIONES			

Anexo I: Registro de cadena de custodia.

TYPSA **CADENA DE CUSTODIA DE AGUA**

COMPANIA / CLIENTE: *Mery Aller Rojas*
 UNIDAD OPERATIVA:
 DIRECCION: *Coop. Julia C. Tello - Santa Anita*
 PERSONA DE CONTACTO:
 TELEFONO / E-MAIL:
 CONTRATO / OTRA REF.:
 ENVIAR FACTURA A CLIENTE / TERCERO:

OTRO:
 Ligal
 Aca Zn
 NaOH
 HCL
 HNO₃

RAZON SOCIAL:
 RUC:
 DOMICILIO:
 NOMBRE DEL PROYECTO:
 LUGAR DE MUESTREO:

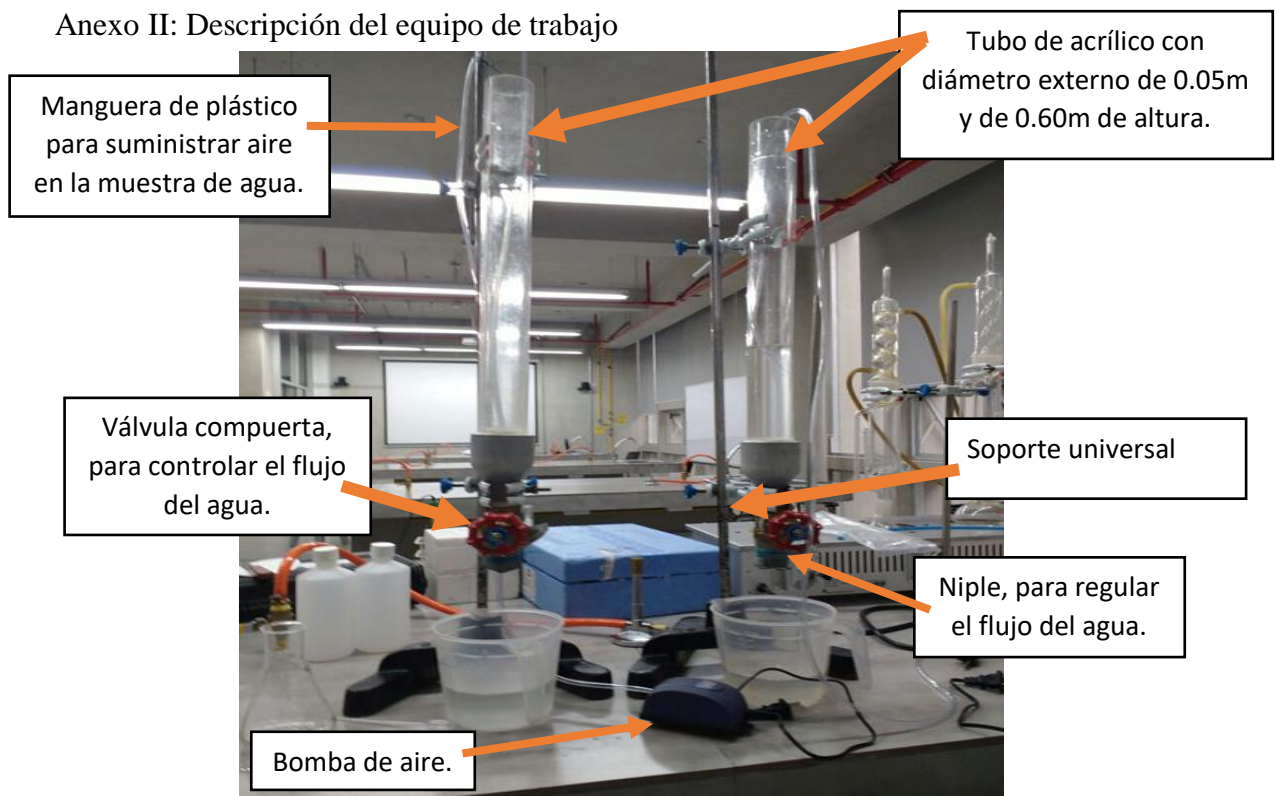
Preservacion

ANALISIS REQUERIDO:
 Parametros Laboratorio

ORDEN	CODIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	MUESTREO		Tipo de Muestra / Matriz (2)	Condiciones UTM (RGS 84) / HUSO	Alcalinidad (mmol/L)	pH	Temperatura (°C)
			Fecha	Hora (24 HOR)					
1	15344	B-25	05/05/16	16:45	Agua de Reduccion				
2	15345	B-26	05/05/16	17:10	Agua de Reduccion				

Indicar con una (X) los recuadros inferiores según

Anexo II: Descripción del equipo de trabajo



Fuente: modificación del equipo de la señorita rosario Leño, 2017.

Anexo III: imagen del tratamiento del agua contaminada con boro usando el quitosano.

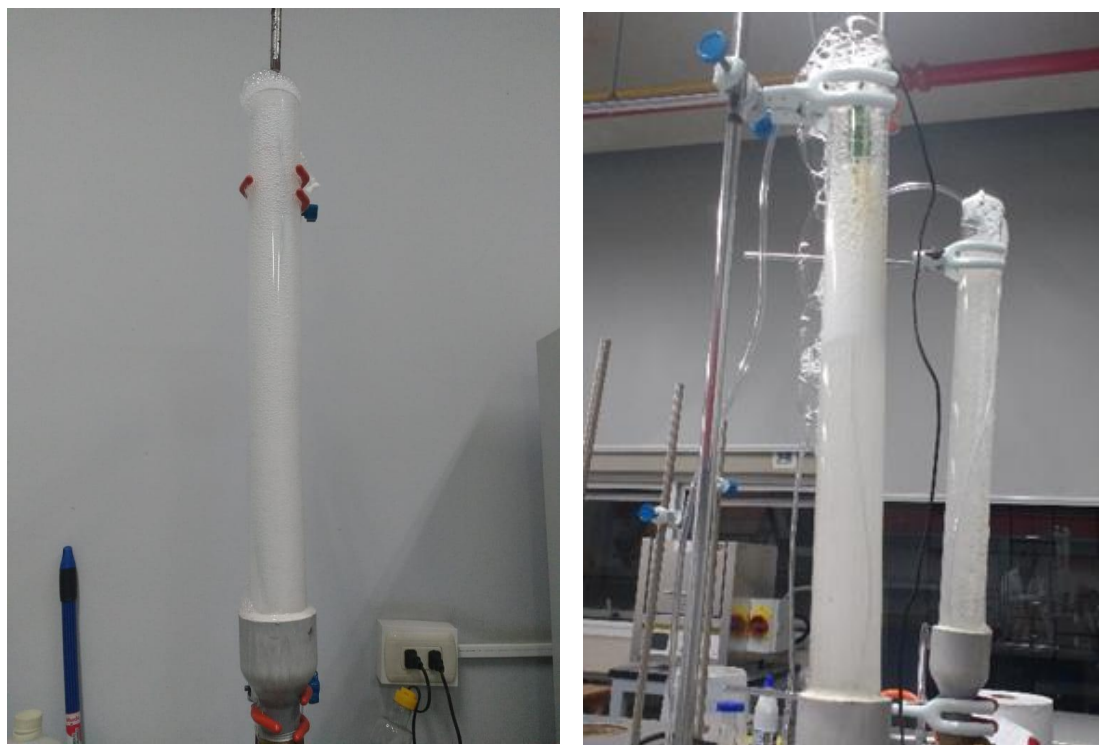


Fig. 18: montaje de los tubos de acrílico en el soporte universal

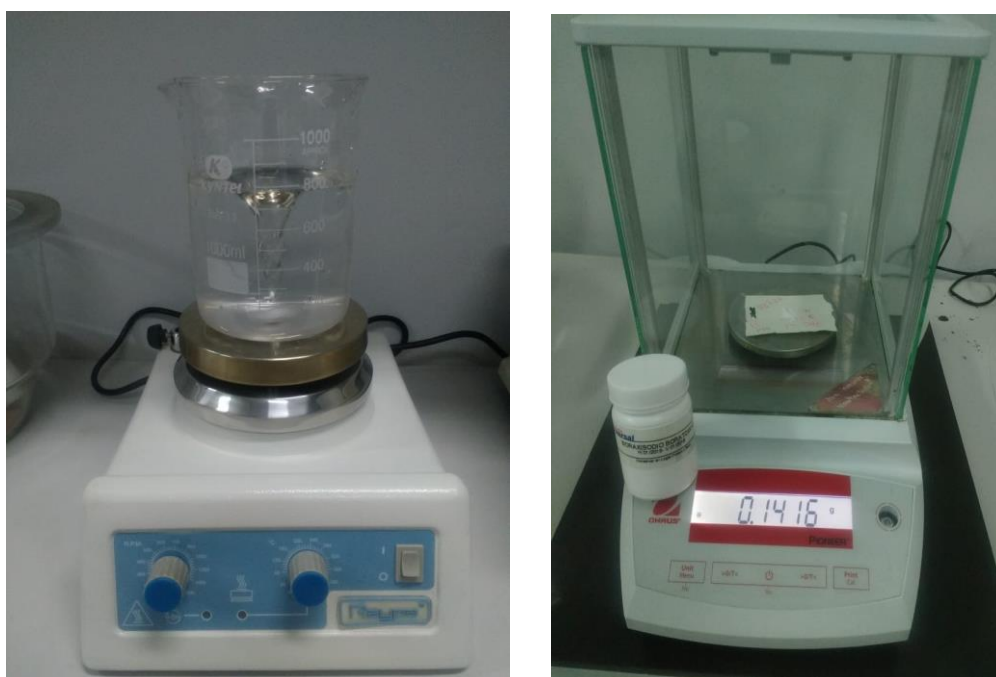


Fig. 19: preparación de la muestra de agua con boro.

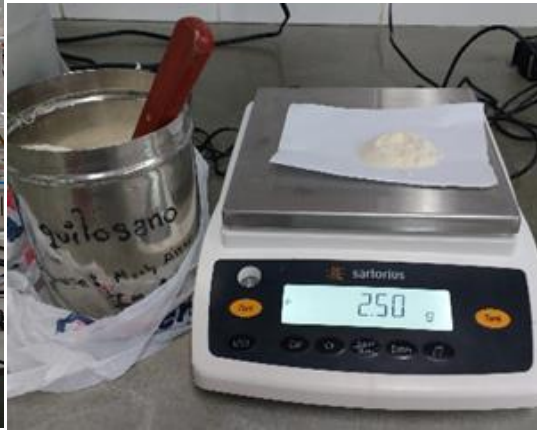


Fig. 20: una vez vertido la muestra de agua con boro en el tubo, se agrega el quitosano



Fig. 21. Ajustar el pH según el diseño experimental.



Fig. 22: una vez regulada el pH empieza a burbujear inmediatamente, en la etapa de burbujeo se libera el boro con el quitosano, el tiempo de burbujeo tiene un periodo de tiempo de aproximadamente de media hora, la burbuja se almacena en el vaso precipitado.



Fig. 23: una vez obtenida la muestra, ojo que la muestra es lo que queda en el interior del tubo, pues se filtra la muestra haciendo uso de la bomba de filtro y papel filtro (recomendable usar doble hoja).

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

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,057	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

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

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

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

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

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

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

(b): Después de filtración simple.

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

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

Nota 4:

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

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

Yo, **Alejandro Suarez Alvites**, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este .(precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

" *Disminución de la concentración del Boro del Agua mediante el proceso de Adsorción a nivel de laboratorio, SJC - 2018*

.....",
del (de la) estudiante *Aller Rojas Merly*, constato que la investigación tiene un índice de similitud de *19* :::% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha *San Juan de Los Rios, 13 de diciembre del 2018*

.....
Alejandro Suarez Alvites PhD.

DNI: 07106495

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

DISMINUIR LA CONCENTRACION DEL BORO DEL AGUA
MEDIANTE EL PROCESO DE ADSORCION A NIVEL DE
LABORATORIO, SJL-2018



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR:

Merly Aller Rojas

ASESOR:

Alejandro Suarez Alvites

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión De Recursos Naturales

Handwritten: Flun / 07106495

19



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Aller Rojas Merly, identificado con DNI N° 47445045, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo () , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Disminución de la concentración del Boro del Agua mediante el proceso de Adsorción a nivel de laboratorio, 522-2018....."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

FIRMA

DNI: 47445045.....

FECHA: 13 de diciembre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mg. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Aller Rojas Merly

INFORME TÍTULADO:

Disminución de la concentración del boro del agua mediante el proceso de adsorción a nivel de laboratorio, SJL-2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 13 de diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN:

TRECE (13)

MG. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI