



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CROMO (VI) EN UNA SOLUCION ACUOSA MEDIANTE EL USO DEL EXOESQUELETO DE *Litopenaeus vannamei* Y EL MUCILAGO DE LA HOJA DE *Opuntia ficus-indica*”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Joel Santiago Aguilar Loyola

Asesor:

Ing. Leonidas Fernando Contreras Blanco

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a Dios, en primer lugar, por darme la fortaleza para seguir y no darme por vencido, y la firmeza que dedique a la elaboración de este trabajo. A mis padres, por todo el cariño, la dedicación, su incondicional apoyo y la disciplina que inculcaron en mí, para lograr mis metas y propósitos, a mis hermanos, por sus palabras de aliento y los ánimos dados.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por el regalo de la vida, por permitirme llegar hasta donde estoy, por darme calma y claridad en los momentos más tensos, y por nunca abandonarme.

A mis padres, Manuel Aguilar Honores y María Jesús Loyola Solano, porque me han enseñado tanto, porque siempre creyeron en mí y por el orgullo que les hago sentir cada vez que logro algo, por demostrarme que con dedicación, disciplina y sacrificio se pueden lograr grandes cosas, ellos que, a pesar de los problemas, nunca se dieron por vencidos y sacaron adelante a su familia, gracias por sus exigencias y por su amor, que haría yo sin ellos.

A mis hermanos Manuel Aguilar Loyola y Yasmin Aguilar Loyola, que desde que era pequeño han visto por mí, se han preocupado por mí, y me han engrdeído como solo ellos lo saben hacer. De ellos aprendí mucho de la vida, sus consejos, anécdotas e historias son valiosos recuerdos.

A la ing. María Pía Espinoza Velasco, mi novia, por su gran paciencia y apoyo incondicional en cada etapa que conllevo esta investigación, su alegría y optimismo, me hicieron ver que siempre vendrán buenas y mejores cosas.

Al ing. Fernando Contreras Blanco, por su asesoría, su paciencia para conmigo y por brindarme la orientación y conocimientos para culminar mi tesis, gracias profesor por darme la mano, por entenderme y por lograr que culmine mi investigación.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCION.....	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. BASES TEORICAS.....	19
1.2.1. Aguas Residuales.....	19
1.2.2. Parametros fisico-quimicos de la calidad de las aguas residuales.....	21
1.2.3. Contaminacion del agua por metales pesados.....	22
1.2.4. Metales pesados y salud: Consecuencias.....	23
1.2.5. Cromo (VI).....	24
1.2.6. Parametros fisico-quimicos para analisis y tratamiento de aguas.....	26
1.2.7. Instrumentos de gestion ambiental.....	32
1.2.8. Coagulacion.....	34
1.2.9. Floculacion.....	34
1.2.10. Coagulantes-floculantes inorganicos.....	35
1.2.11. Coagulantes-floculantes organicos sinteticos.....	36
1.2.12. Cogulantes-floculantes naturales.....	36
1.2.13. Prueba de jarras.....	37
1.2.14. Analisis estadistico.....	38
1.2.15. Generalidades de los coagulantes-floculantes utilizados.....	42
1.3. JUSTIFICACION.....	45
1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	46
1.4.1. Formulacion del problema general.....	46
1.4.2. Formulacion del problema especificos.....	46
1.5. OBJETIVOS.....	47
1.5.1. Objetivo general.....	47
1.5.2. Objetivos especificos.....	47
1.6. HIPOTESIS.....	47
1.6.1. Hipotesis general.....	47
1.6.2. Hipotesis especificos.....	48
CAPITULO II. METODOLOGIA.....	49
2.1. TIPO DE INVESTIGACION.....	49
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACION.....	49
2.3. POBLACION Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y METODO).....	50
2.3.1. Poblacion.....	50
2.3.2. Muestra.....	50
2.3.3. Materiales, equipos y materia prima.....	51
2.3.4. Tecnicas e instrumentos de recoleccion y analisis de datos.....	51
2.3.5. Metodos de analisis de datos.....	52
2.4. PROCEDIMIENTO.....	52
2.4.1. Recoleccion de langostinos y hoja de tuna.....	52
2.4.2. Acondicionamiento del exoesqueleto de langostino y la hoja de tuna.....	53

2.4.3.	<i>Determinacion del tamaño de partícula del exoesqueleto de langostino.....</i>	55
2.4.4.	<i>Caracterización físico-química del exoesqueleto de langostino.....</i>	56
2.4.5.	<i>Determinación inicial de la humedad del exoesqueleto de langostino.....</i>	57
2.4.6.	<i>Caracterización de la hoja de tuna.....</i>	57
2.4.7.	<i>Determinación de la humedad de la hoja de tuna.....</i>	58
2.4.8.	<i>Obtención del floculante de mucilago de hoja de tuna.....</i>	58
2.4.9.	<i>Preparación de la solución acuosa con cromo (VI).....</i>	59
2.4.10.	<i>Determinación de la concentración de cromo (VI) por espectrofotometría.....</i>	60
2.4.11.	<i>Caracterización físico-química de la solución acuosa con cromo (VI).....</i>	61
2.4.12.	<i>Diseño experimental del tratamiento.....</i>	65
2.4.13.	<i>Dosis óptimas utilizados en los tratamientos después de haber realizado la prueba de indentificación.....</i>	66
CAPITULO III. RESULTADOS		67
3.1.	DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DE LAS MUESTRAS ORGANICAS	67
3.1.2.	PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DEL MUCILAGO DE LA HOJA DE TUNA	68
3.2.	CARACTERIZACION DE LA SOLUCION CON CROMO (VI)	68
3.3.	PRIMER TRATAMIENTO DEL AGUA CONTAMINADA POR CROMO (VI) UTILIZANDO EXOESQUELETO DE LANGOSTINO Y MUCILAGO DE HOJA DE TUNA (TIEMPO 20 MINUTOS)	70
3.4.	SEGUNDO TRATAMIENTO DEL AGUA CONTAMINADA POR CROMO (VI) UTILIZANDO EXOESQUELETO DE LANGOSTINO Y MUCILAGO DE HOJA DE TUNA (TIEMPO 40 MINUTOS)	71
3.5.	TERCER TRATAMIENTO DEL AGUA CONTAMINADA POR CROMO (VI) UTILIZANDO EXOESQUELETO DE LANGOSTINO Y MUCILAGO DE HOJA DE TUNA (TIEMPO 60 MINUTOS)	73
3.6.	ANALISIS ESTADISTICO	76
CAPITULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES		85
4.1.	DISCUSION.....	85
4.2.	CONCLUSIONES	87
REFERENCIAS.....		89
ANEXOS		92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diferencia entre ECA y LMP	32
Tabla 2 Clasificación taxonomica del langostino.....	42
Tabla 3 Clasificación taxonomica de la tuna	44
Tabla 4 Materiales y equipos utilizados en la investigación	51
Tabla 5 Estandar madre de mucilago de hoja de tuna al 1%	59
Tabla 6 Parametros fisico-quimicos iniciales del exosqueleto de langostino	67
Tabla 7 Humedad inicial del exoesqueleto de langostino.....	67
Tabla 8 Parametros fisico-quimicos iniciales de la hoja de tuna	68
Tabla 9 Humedad inicial de la hoja de tuna	68
Tabla 10 Concentración inicial de cromo (VI) por espectrofotometria UV-VIS	69
Tabla 11 Parametros fisico-quimicos de la solución inicial con cromo (VI).....	69
Tabla 12 Parametros fisicos de la solución inicial con cromo (VI)	69
Tabla 13 Parametros biologicos de la solución inicial con cromo (VI)	69
Tabla 14 Estandares para hallar constante, Espectrofotometria UV-VIS.....	69
Tabla 15 Primer tratamiento: Parametros fisico-quimicos	70
Tabla 16 Primer tratamiento: Reducción del cromo (VI)	71
Tabla 17 Segundo tratamiento: Parametros fisico-quimicos.....	72
Tabla 18 Segundo tratamiento: Reducción del cromo (VI)	72
Tabla 19 Tercer tratamiento: Parametros fisico-quimicos	73
Tabla 20 Tercer tratamiento: Reducción del cromo (VI).....	74
Tabla 21 Porcentaje de remoción del cromo (VI) en la solución acuosa	75
Tabla 22 Descriptivo de la concentración de cromo (VI)	76
Tabla 23 Descriptivo sobre parametros del agua contaminada con cromo (VI) despues del tratamiento	76
Tabla 24 Concentración final de cromo (VI) en H ₂ O	77
Tabla 25 Concentración de cromo (VI) en el tratamiento	78
Tabla 26 Prueba de Normalidad de parametros fisico-quimicos.....	79
Tabla 27 Prueba de parametros fisico-quimicos con la T de Student.....	80
Tabla 28 Prueba de Normalidad de la influencia de la dosis en la concentración de cromo (VI) en agua	81
Tabla 29 Prueba T de Student sobre la influencia de la dosis en la concentración de cromo (VI)	81
Tabla 30 Prueba con respecto al tiempo de los tratamientos	82
Tabla 31 Prueba del tiempo analizado en la T de Student.....	83
Tabla 32 Porcentaje de reducción - Normalidad	83
Tabla 33 Porcentaje de reducción - T de Student	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de los sólidos totales	30
Figura 2 Acción de un coagulante	34
Figura 3 Acción de un floculante	35
Figura 4 Puntos de recolección de langostino y hoja de tuna	53
Figura 5 Proceso de secado en estufa del exoesqueleto de langostino	54
Figura 6 Acondicionamiento de la hoja de tuna para su posterior tratamiento	55
Figura 7 Diseño experimental de la investigación.....	66
Figura 8 Porcentaje de reducción del cromo (VI).....	75
Figura 9 Concentración de cromo (VI)	78

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Kolmogorov-Smirnov	39
Ecuación 2 Shapiro-Wilks	39
Ecuación 3 T de Student.....	40
Ecuación 4 Media	40
Ecuación 5 Mediana	41
Ecuación 6 Varianza	41
Ecuación 7 Desviacion estandar.....	41
Ecuación 8 Porcentaje de humedad.....	57
Ecuación 9 Solidos totales.....	61
Ecuación 10 Solidos disueltos	62
Ecuación 11 Solidos suspendidos totales.....	62
Ecuación 12 Oxigeno disuelto	63
Ecuación 13 Demanda quimica de oxigeno	64
Ecuación 14 Demanda bioquimica de oxigeno	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo reducir la concentración de cromo (VI) en una solución acuosa mediante el uso de exoesqueleto de langostino y mucilago de la hoja de tuna. Se consideró para este trabajo una concentración de $2.844 \text{ mgCr}^{+6}/\text{L}$, que supera el LMP de 2.5 mg/L establecido para efluentes de aguas superficiales. El tratamiento llevado a cabo fue mediante una prueba de jarras, utilizando una concentración del mucilago de la hoja de tuna de 0.05% constante con un volumen de 50 ml , así mismo, fueron utilizados 10 , 20 y 30 gramos de exoesqueleto de langostino. El total de ensayos fue de 27 (3 tratamientos de 9 ensayos) con tiempos de 20 , 40 y 60 minutos. Los mejores resultados obtenidos para la reducción de cromo hexavalente fueron aquellos donde se utilizaron 30 gramos de exoesqueleto de langostino a un tiempo de 60 minutos, alcanzando una reducción final de 0.5786 mg/L . Esto se traduce en un porcentaje de reducción del 79.66% . Por lo que se determinó la influencia significativa de ambos materiales orgánicos en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa.

Palabras clave: prueba de jarras, floculantes, coagulantes, orgánicos, cromo (VI), exoesqueleto de langostino, mucilago, hoja de tuna.

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1. Realidad Problemática

El agua, es el recurso natural más valioso para la vida, el cual como recurso ha recibido menor atención. El sector industrial, con sus residuos tóxicos, provoca su alteración, esto llega a ser perjudicial para la salud humana, la flora y la fauna. Al retornar a diferentes cuerpos de agua luego de su utilización, la calidad del agua se degrada inevitablemente. Los metales pesados, como el aluminio, cadmio, cromo, hierro, níquel, zinc, etc., provenientes de la industria, ejercen efectos negativos en los cuerpos de agua, ya que, debido a su naturaleza no biodegradable, llegan a acumularse en organismos y sistemas que muchas veces no tienen la capacidad de combatirlos. (Buitron Ortega, 2015)

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) estableció que la máxima concentración de iones de metales pesados en el agua debe estar en un rango de 0,01-1 ppm, sin embargo, en la actualidad se reportan concentraciones de iones de metales pesados hasta de 450 ppm en los efluentes.

Las principales industrias que contribuyen a la contaminación por metales pesados incluyen la minería, la industria del cemento, tintes, curtidurías, galvanoplastia, fabricación de acero, materiales fotográficos, recubrimientos corrosivos, calidad de la producción de petróleo energético, producción textil y conservación de la madera.

Uno de estos metales, el cromo, se encuentra en forma natural en estado trivalente (Cr^{3+}), caracterizado por tener una toxicidad baja y no representar peligro en el ambiente. Por otro lado, el cromo también puede presentarse como contaminante (Cr^{6+}), lo que lo hace tóxico. Además de ser usado en actividades industriales como el curtido de cuero, producción de textiles, etc. Los daños por exposición a este metal pesado afectan el sistema hepático, digestivo, urinario, tegumentario. (Buitron Ortega, 2015)

El Perú exporta millones de dólares en langostinos cada año a diferentes países como Canadá, Estados Unidos, España, Francia, Japón, México y demás países del mundo. Una gran cantidad de residuos son generados producto del procesamiento de los langostinos; que a su vez son descartados. (Cisneros, 2016). El exoesqueleto de langostino es un residuo de este crustáceo y usualmente se comercializa para la producción de harina con un bajo valor económico o se libera al medio ambiente, constituyéndose en una fuente de contaminación y deterioro del ecosistema.

Así mismo, la hoja de la tuna, que abunda en muchas regiones, del cual es extraído el mucilago, cumple un papel importante para el tratamiento de aguas, ya que permite que determinados contaminantes precipiten, debido a que actúa y se comporta como un floculante.

La presente investigación, se basa en otras investigaciones sobre la posibilidad de utilizar compuestos naturales orgánicos, como el exoesqueleto de langostino, y el mucilago de la hoja de tuna para la reducción de metales pesados, como el cromo vi, cuyo estudio se ha extendido por su gran impacto y ventajas.

En el estudio de la adsorción de cromo hexavalente utilizando como biomaterial la ectodermis de *Opuntia*, el autor (Medina, 2008) presenta la adsorción química como alternativa en el tratamiento de aguas residuales que contengan dicho metal. Al poner en contacto la ectodermis de tuna con las soluciones de cromo hexavalente se formó un complejo coloreado con la difenilcarbazida (DFC), luego, el autor calculo las isotermas de adsorción de los modelos de Langmuir y Freundlich. Los resultados mostraron que el biomaterial sin tratamiento químico de acidificación presenta una adsorción máxima del 50% del ion metálico y a su vez, el porcentaje de remoción máximo fue del 40%.

En su investigación, el autor (Rodriguez Martinez, 2011) evaluó el efecto del grado de acetilación de la quitina o quitosano, contenido en una matriz polimérica de poliuretano, sobre la capacidad de adsorción de cadmio y plomo en fase acuosa, a diferentes concentraciones de dicho contaminante y diferentes valores de pH. Los resultados que el autor obtuvo mostraron que la disolución de los biocompositos fue 50% menos que la de los biopolímeros (quitina y quitosano), y que el biocomposito a base de quitina (BQ98) tuvo mayor capacidad de adsorción de plomo (21 mg/g material) que de cadmio (2.9 mg/g material) a un pH de 4, 25°C y una concentración en el equilibrio de 40 mg/L. El porcentaje

de desorción del metal cadmio en presencia de EDTA a pH 7 fue del 80 %, mientras que para plomo fue de 10 %. La capacidad de adsorción de Cd y Pb en solución acuosa se incrementó al aumentar el °DA de los biopolímeros y al soportarlos en una matriz polimérica de poliuretano.

(Nieto Orellana & Orellana Ulloa, 2011) estudiaron la eficiencia del quitosano presente en el exoesqueleto del camarón (*Penaeus vannamei*) para reducir la carga contaminante de cromo hexavalente presente en una solución de agua potable y dicromato de potasio a una concentración de 150 ppm. Los autores realizaron ensayos de coagulación y floculación mediante prueba de jarras, y establecieron como variables el pH (5,7 y 9), tiempo de floculación (5, 15 y 30 min) y dosis de la solución de quitosano (15, 30 y 60 ml). Para preparar la solución coagulante el quitosano fue diluido en ácido acético al 4%. El pH de la muestra de agua fue ajustado con ácido sulfúrico puro e hidróxido de sodio al 50% y el contenido de cromo hexavalente se determinó mediante espectrofotometría infrarroja. Los autores encontraron que el rendimiento de remoción de cromo hexavalente que tuvo el quitosano fue de 40-90%, concluyendo que el pH no incurre significativamente en el rendimiento del proceso y que a menor tiempo de floculación se obtiene un mayor rendimiento de remoción del cromo hexavalente.

Por su parte el autor (Acosta, y otros, 2011) analizó la capacidad de remoción de Cromo VI en solución por cáscara de mamey, lo cual lo llevo a establecer la concentración del metal por el método de la Difenilcarbazida, este método le dio como resultado que la remoción

total del metal (100 mg/L) ocurrió a los 50 minutos, a un pH de 1.0 y una temperatura de 28°C. Con respecto a la temperatura, observó que la máxima remoción fue a 60°C, pues a los 12 minutos, el metal (1 g/L) se removió completamente. En las concentraciones de Cromo VI analizadas, la cáscara de mamey mostró gran capacidad de remoción; además, removió eficientemente el metal (95 % de remoción, 7 días de incubación, 5 g de biomasa), y después de 1h de incubación, la biomasa estudiada disminuyó 1.0 g de Cromo VI con la producción simultánea de Cromo III.

Por otra parte, el uso del mucilago del cactus también ha reportado eficacia en la coagulación de contaminantes de aguas residuales. En su investigación (Torres, Carpintheyro-Urban, & Vaca, 2012) y (Torres Bustillos, Carpintheyro-Urban, & Orozco, 2013) usaron el mucilago del cactus por ebullición de cladodios frescos, posteriormente, estos fueron secados y molidos, para conseguir una muestra de cactus en polvo mediante el método de extracción del mucílago, y con dosis de 40 mg / L de mucilago a un pH de 5 se reportó la máxima eliminación con valores de 91% de turbidez y de 88% de la DQO. Por lo tanto, la coagulación de turbidez y de la DQO de las aguas residuales depende en gran medida del método de extracción utilizado para los agentes coagulantes de *O. ficus*. Estos trabajos manifestaron que el mucílago de *O. ficus-indica* fue capaz de tratar aguas residuales industriales de alta carga. Los experimentos con estas aguas residuales mostraron que el método de producción del mucílago específico tuvo un efecto en el rendimiento de la operación de floculación de coagulación.

En su tesis, Bioabsorción de cadmio por biomasa de *Opuntia*. (Rosique Hueso, 2013) estudió la capacidad adsorbente de los cladodios de *Opuntia*, y realizó una serie de disoluciones de cadmio (II) a distintas concentraciones la cual puso en contacto con la biomasa a diferentes dosis y distintos estados de protonación de tal manera que se determinó mediante la técnica de Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo, el porcentaje de eliminación de los iones de cadmio presentes en dichas disoluciones. Además, estudio la manera en que el pH muestra influencia sobre dicha adsorción, así como, la influencia de la concentración inicial de cadmio en disolución. Los resultados obtenidos confirmaron que la biomasa de *Opuntia* se puede considerar como bioadsorbente de bajo coste para la detoxificación de Cd (II) en medios acuosos. Los cladodios de *Opuntia* presentan una óptima capacidad de retención de Cd (II). El proceso de bioadsorción se ve afectado por el pH medio, presentando la mayor capacidad de retención a pH 5. De los factores considerados en la optimización del proceso (dosis de biomasa, concentración inicial de Cd (II) y nivel de protonación de la biomasa) la máxima capacidad de retención se consigue con una dosis de biomasa protonada con HCl 0,1 M de 0,5 g·L⁻¹ y concentración inicial de Cd (II) de 50 mg·L⁻¹.

(Tafur Bravo & Quevedo Salas, 2014) plantearon una alternativa para el tratamiento de aguas residuales cromadas con quitosano extraído del exoesqueleto de camarón. En su estudio, los autores obtuvieron un rendimiento de quitosano del 19.33 %. La calidad del polímero que obtuvieron lo evaluaron utilizando las técnicas de caracterización de prueba de solubilidad, valoración potenciométrica y espectroscopia infrarroja (FT-IR). El índice de

desacetilación obtenido fue de 80.15 %. El quitosano extraído fue empleado para evaluar la coagulación y floculación de muestras de aguas residuales con licor de cromo provenientes del proceso de curtido de una planta de curtiembres. Los autores, además, compararon la eficiencia del quitosano extraído con el quitosano comercial grado analítico y con un coagulante convencional (cloruro férrico). Las aguas residuales con licor de cromo se caracterizaron antes y después de cada tratamiento, para lo cual, evaluaron la turbidez y determinaron la dosis óptima para cada coagulante. De acuerdo a las dosis óptimas se evaluó pH, sólidos suspendidos (SS), sólidos disueltos (SD), sólidos totales (ST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y contenido de cromo (Cr+3). El quitosano extraído fue eficiente para la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales con licor de cromo, los autores obtuvieron remociones superiores al 45% en cada parámetro de estudio.

(Andrade Rivera, 2015) obtuvo quitosano a partir de la cascara de camarón realizando un tratamiento previo que consistió en el lavado, secado, molienda, desmineralización y desacetilización del caparazón de este crustáceo; y se estudió mediante el método directo, las propiedades de adsorción del quitosano en el tratamiento de aguas contaminadas con petróleo. Se concluyó que la máxima capacidad de adsorción del quitosano fue de 344,82 mg hidrocarburo/g adsorbente.

En el estudio sobre biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano, el autor (Buitron Ortega, 2015) obtuvo quitosano de las cascara de camarón mediante un

proceso que incluye lavado, secado, molienda, desmineralización, desacetilación. Diferentes soluciones acuosas fueron preparadas a bajas y altas concentraciones para cromo hexavalente (500 y 5 mg/L), y para níquel (50 y 3 mg/L). El autor evaluó la biosorción en función de las variables, cantidad de quitosano (1, 3 y 5 g) y tiempo de residencia (30, 60 y 90 min). La simulación del agua contaminada lo realizó a nivel laboratorio efectuando soluciones con sales solubles en agua de Ni²⁺ y Cr⁶⁺. Mediante análisis estadístico de varianza se determinó que la cantidad de quitosano fue la variable más influyente del proceso, ya que fue más efectivo en la remoción de níquel que de cromo hexavalente. La capacidad máxima de biosorción para el níquel fue de 108,696 mg Ni²⁺/g quitosano (eficiencia 84.47%) y para el cromo hexavalente fue de 49,019 mg Cr⁶⁺/g quitosano (eficiencia 46.86%).

La elaboración de un hidrogel a base de quitosano como material adsorbente en una muestra acuosa contenedora de cobre llevó a los autores a la conclusión de que el hidrogel pudo ser sintetizado con una mayor concentración de quitosano para así tener mayor adsorción de cobre. Así mismo se analizó vía espectrofotometría de uv-vis concentraciones diferentes de cobre contenido en agua, que, al estar en contacto directo con el hidrogel, este pueda adsorber dicho metal. (Hernandez, Herver, Olivos, & Marquez, 2016)

(Lopez & Maldonado, 2017) evaluaron la factibilidad de usar biomasa de nopal como biosorbente para la remoción de cromo hexavalente. Para ello utilizaron el nopal en dos formas, material muerto y seco; y material fresco. Los autores realizaron tres tratamientos,

el primer tratamiento contenía biomasa muerta triturada y en placas; el segundo tratamiento, biomasa deshidratada en placas y biomasa muerta triturada; el tercer tratamiento, biomasa deshidratada en placas y triturada. Luego prepararon y filtraron una solución de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) para cada tratamiento. Analizaron la solución filtrada mediante colorimetría, observándose una reducción de la concentración de cromo hexavalente del 67.93 %, 39.67 % y 70.71 % respectivamente para cada tratamiento. Los resultados mostraron una mayor reducción de cromo hexavalente en el tercer tratamiento usando biomasa deshidratada. Con esto los autores concluyeron que la biomasa del nopal puede usarse como material biosorbente para la remoción de cromo hexavalente.

(Verdugo Vergara, 2017) evaluó la capacidad de bioabsorción de plomo y cromo mediante la cascara de mandarina, considerada un residuo. El estudio consistió en la preparación de soluciones con los metales pesados, plomo y cromo, a una concentración de 5ppm, con una agitación de 2 horas; el autor determinó que el pH ideal para la eliminación de plomo y cromo fue de 4, con esta cifra obtuvo resultados de eficiencia del 71,9% y 54,4% respectivamente. Mediante el estudio isotérmico el autor calculo la tasa máxima de retención de los metales de los biosorbentes, q_{max} : 39,68 mg plomo/g biosorbente y 20,53 mg cromo/g biosorbente. Finalmente, el autor concluyo que el biosorbente tiene excelente capacidad de biosorción de plomo mientras que para el cromo es un poco menos eficiente.

Por su parte (Bravo Gallardo, 2017) recopiló información sobre coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales

pesados en aguas residuales. El estudio especificó los órganos usados de cada planta, la identificación de los agentes coagulantes activos de dichas especies. El autor resaltó la importancia de tener en cuenta los efectos de algunos factores como el pH del agua, dosis de coagulante y concentración inicial de los contaminantes, para resultados óptimos en la actividad de coagulación y floculación. (Mishra, Agarwal, Bajpai, Rajani, & Mishra, 2002) citado por (Bravo Gallardo, 2017) menciona que, sin embargo, en algunas especies vegetales, el pH no altera significativamente la capacidad coagulante en relación con los coagulantes inorgánicos. Uno de los coagulantes estudiados fue la tuna, encontrando que las capacidades coagulantes del polvo de los cladodios de cactus han sido probadas en la coagulación y floculación de iones de metales pesados como el Pb^{+2} , Zn^{+2} , Cd^{+2} y Cu^{+2} de aguas residuales (Nharingo, Zivurawa, & Guyo, 2015). Las condiciones óptimas fueron dosis de 1,8 g/L de polvo *O. ficus*, 10 mg/L de concentración de iones de metales pesados a un pH de 5 y 35°C. A partir de estas condiciones han obtenido máxima actividad de coagulación de iones Pb (II) con porcentajes de remoción hasta del 100%. Para la reducción de los iones Zn^{+2} , Cd^{+2} y Cu^{+2} se han obtenido valores de 86%, 84% y 93.02%, respectivamente.

1.2.Bases Teóricas

1.2.1. Aguas Residuales

Las aguas residuales son consideradas como las aguas que se utilizan en un proceso productivo y luego son desechadas, existen aguas residuales de origen urbano, agrícola y las aguas residuales de carácter industrial. Tenemos dos panoramas respecto a las

aguas residuales y su tratamiento. Las aguas residuales domésticas o industriales que van al alcantarillado, y, las aguas residuales que debe tratar cada empresa privada o pública, bajo su responsabilidad y cumpliendo los estándares indicados por la ley nacional. Además, las aguas residuales que se generan en la industria tienen contaminantes que son muy difíciles de erradicar, como el cromo VI, en el caso de que se le quiera dar un reúso al agua, o simplemente reinsertarla a los ríos con la menor cantidad de contaminantes posibles. Estas aguas residuales industriales y domesticas que son contaminadas con cromo VI son perjudiciales en los ecosistemas acuáticos, suelos y comunidades debido a que este contaminante es altamente toxico, que al ser vertidas en los cuerpos de agua generan impactos ambientales.

La industria textil genera grandes cantidades de aguas residuales, en el proceso de tintado y agregados químicos que se vierten a los ríos. En este sector se encuentran las fábricas que se dedican a producir ropa, calzado, fibras sintéticas, telas y productos para baños. En Sudamérica, países como Ecuador, Perú, Chile son los más sobresalientes.

El principal factor contaminante de este sector es la enorme cantidad de aguas industriales generadas. Todos los litros de agua contaminada generados en este sector contienen químicos, contaminantes tóxicos, como el cromo hexavalente, que ponen en riesgo la salud de todo lo que esté en contacto con ella. Sin contar que el consumo de agua y energía es bastante, por último, genera ruido, mal olor y emisiones atmosféricas. (Eco-Intellutions Soluciones Sustentables, 2019)

La industria química genera bienes y servicios a las personas, pero la industria química genera aguas residuales de gran contaminación que deben tener un riguroso tratamiento, la industria química realiza productos farmacéuticos, materia prima para otros procesos, fabricación de compuestos, pesticidas, fertilizantes entre otros. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018)

1.2.2. Parametros fisico-quimicos de la calidad de las aguas residuales

Cuando una actividad socioeconómica genera descargas de aguas residuales se debe hacer un control sobre la calidad de estas, con el fin de garantizar la protección al medio ambiente y la salud de las personas. Las aguas residuales presentan diferentes características físico-químicas, las cuales se pueden tener en cuenta para poder tener un manejo del agua para ser tratadas. Se debe tener en cuenta los siguientes parámetros físico-químicos más importantes.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Oxígeno Disuelto (OD)
- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Solidos Disueltos (SD)
- Solidos Suspendidos (SS)
- Solidos Totales (ST)
- Temperatura
- Turbidez

Fuente: Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010); DINAMA (1996); Lapeña (1989); Orozco (2005)

1.2.3. Contaminación del agua por metales pesados

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos cuyos pesos atómicos se encuentran entre 63.55 (cobre) y 200.59 g/mol (mercurio), y sus densidades oscilan entre los 4 y los 7 g/cm³.

La contaminación ambiental con metales pesados aparece cuando la extracción y el uso de estos se intensifica. El desarrollo urbano también ha contribuido a la entrada de metales pesados en el medio ambiente, pues para urbanizar es necesario transformar el suelo y la roca madre que hay debajo. Además, las aguas residuales sin tratar, el lixiviado de vertederos o el abandono de residuos en el medio ambiente también son una fuente de contaminación de metales pesados.

De los 106 elementos conocidos por el hombre, 84 son metales, por lo que no es de extrañar que las posibilidades de contaminación metálica en el ambiente sean numerosas. Hay que tener presente que los metales son materias naturales que han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de las civilizaciones. El problema surge cuando prolifera su uso industrial y su empleo creciente en la vida cotidiana termina por afectar a la salud. De hecho, el crecimiento demográfico en zonas urbanas y

la rápida industrialización han provocado serios problemas de contaminación y deterioro del ambiente, sobre todo, en los países en vías de desarrollo.

Entre los metales más tóxicos destacan el plomo (Pb) y el mercurio (Hg), seguidos por el berilio (Be), el bario (Ba), el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el níquel (Ni), el estaño (Sn), el vanadio (V) y el cinc (Zn). La actividad industrial y minera arroja al ambiente metales tóxicos como plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As) y cromo hexavalente (Cr+6), muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida. Además, los metales originados en las fuentes de emisión generadas por el hombre, incluyendo la combustión de nafta con plomo (Pb), se encuentran en la atmósfera como material suspendido que respiramos. Por otro lado, las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas e industrias, como, por ejemplo, la industria textil, la metalurgia, llegan a los ríos, mientras los desechos contaminan las aguas subterráneas. Cuando se desechan metales tóxicos en el ambiente, contaminan el suelo y se acumulan en las plantas y los tejidos orgánicos.

1.2.4. Metales pesados y salud: Consecuencias

Los metales pesados son poderosos agentes que tienen efectos significativos en los ecosistemas dulceacuícolas. Estos metales se encuentran típicamente en bajas concentraciones, en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb), por lo que son difíciles y caros de detectar.

“Los metales pesados al estar libres en el ambiente circulan entre los ciclos bióticos y abióticos, se acumulan en diferentes partes de la cadena trófica o en el ambiente pudiendo alcanzar concentraciones toxicas para los seres vivos” (Plaza Cazon, 2012)

Los efectos de los metales pesados pueden clasificarse en agudos o en crónicos. Los efectos agudos ocurren en un corto periodo de tiempo y normalmente acaban matando o dañando severamente a los organismos. Por otro lado, los efectos crónicos son aquellos que se producen a largo plazo. Muchos metales son:

- Carcinogénicos: producen cáncer.
- Teratógenicos: tienen efectos negativos en el desarrollo.
- Mutagénicos: dañan el ADN.
- Neurotóxicos: afectan negativamente a las funciones neuronales y cognitivas.
- Disruptores endocrinos: actúan como o interfieren con las hormonas.
- Incluso pueden dañar el sistema inmunológico de los organismos.

1.2.5. Cromo (VI)

Es un elemento químico que se puede encontrar en el suelo, rocas, animales y plantas (Portada, 2016). Además, puede hallarse en distintas formas, sea estado sólido, líquido y gaseoso. El cromo hexavalente es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales como la galvanoplastia, la fabricación de colorantes y pigmentos, la producción de aceros y aleaciones, así como conservantes de la madera, procesado de pieles, manufactura. Su

toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra, siendo de especial importancia la eliminación de cromo hexavalente presente en los sistemas acuosos, por su reconocido carácter cancerígeno (Covarrubias & Peña, 2017).

El cromo se utiliza principalmente en metalurgia para aportar resistencia a la corrosión y un acabado brillante. En aleaciones, por ejemplo, el acero inoxidable es aquel que contiene más de un 12% en cromo, aunque las propiedades antioxidantes del cromo empiezan a notarse a partir del 5% de concentración. También se utiliza en el anodizado del aluminio. En pinturas cromadas como tratamiento antioxidante. Sus cromatos y óxidos se emplean en colorantes y pinturas. En general, sus sales se emplean, debido a sus variados colores, como mordientes.

(Moreno Grau, 2003) menciona que el cromo hexavalente tiene efectos carcinogénicos en animales y mutagénicos en humanos y bacterias. La contaminación del agua por cromo, generalmente, se debe a los efluentes industriales no tratados, generados por la minería, las industrias de curtiembre, galvanoplastia, y en la producción de acero, cemento, colorantes, material fotográfico y pinturas corrosivas (Lavado Meza, Sun Kou, & Recuay Arana, 2012). Siendo el cromo VI considerado tóxico, los efectos por contacto o exposición a este metal, sea a través de la respiración, por la piel, entre otros, van desde intoxicación, pasando por enfermedades no cancerígenas y aquellas que son cancerígenas. En la naturaleza se puede encontrar cromo en el suelo, agua y aire. Las plantas asimilan parte del cromo en bajas cantidades; además, una mayor concentración de cromo en el suelo puede afectar los cultivos (Porrás, 2010).

1.2.6. Parametros fisico-quimicos para analisis y tratamiento de aguas

1.2.6.1. Potencial de hidrogeno

Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Con el pH determinamos la concentración de hidrogeniones en una disolución. Un hidrogenión es un ion positivo de Hidrógeno. Cuando la solución es acida aumenta la concentración de $[H^+]$ y cuando es básica aumenta la concentración de $[OH^-]$ (Orozco Jaramillo, 2005).

La medida del pH tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales. Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.).

El potencial hidrogeno (pH), es un parámetro de suma importancia tanto para aguas naturales como aguas residuales. El rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, está sumamente restringido, por lo cual, si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y/o inhibidos y las consecuencias son adversas. Asimismo, la alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes, sales de bases fuertes y ácidos débiles), lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de

ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de tamponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases (EPA, 1992).

El pH de la solución acuosa es un importante parámetro que controla los procesos de adsorción de metales en diferentes adsorbentes, debido al hecho, de que los iones hidrógeno se constituyen en un adsorbato fuertemente competitivo. La adsorción de iones metálicos depende tanto de la naturaleza de la superficie adsorbente como de la distribución de las especies químicas del metal en la solución acuosa. El valor del pH de la fase acuosa es el factor más importante tanto en la adsorción de cationes como de aniones, siendo el efecto distinto en ambos casos.

1.2.6.2. Oxígeno disuelto (OD)

La demanda bioquímica de oxígeno se propuso en el año de 1912 como un método indirecto para medir la materia orgánica. La demanda bioquímica de oxígeno se define como la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente en el agua residual mediante la acción de bacterias en condiciones aerobias. Esta demanda bioquímica de oxígeno es causada por la materia orgánica arrojada a las masas y corrientes de agua, la cual se constituye en el alimento para las bacterias que se reproducirán rápidamente. Estas bacterias en condiciones aerobias consumirán oxígeno, causando la disminución del oxígeno disuelto. La demanda bioquímica de oxígeno es

causada por la respiración de las bacterias y cesará al agotarse totalmente la materia orgánica. (Orozco Jaramillo, 2005)

1.2.6.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno surgió como una necesidad de medir la demanda de oxígeno de manera rápida y confiable. Esta es otra manera de medir la materia orgánica indirectamente, a través de la demanda de oxígeno de los compuestos orgánicos. La demanda química de oxígeno es un modo de medir la energía contenida en los compuestos, pero inicialmente se pensó como un sustituto más rápido y preciso que la demanda bioquímica de oxígeno. En lugar de descomponer la materia orgánica mediante el metabolismo bacterial, que utiliza la respiración como medio para obtener el oxígeno, en la DQO se utiliza un fuerte agente oxidante en un medio ácido. El agente oxidante más utilizado es el dicromato de Potasio, en presencia del sulfato de Plata como catalizador a alta temperatura. La demanda química de oxígeno de un compuesto es generalmente mayor que la demanda bioquímica de oxígeno debido a que muchos compuestos que pueden ser oxidados químicamente no pueden serlo biológicamente, a través de la biodegradación bacteriana. La relación DQO/DBO determina también la cantidad de materia orgánica no-biodegradable presente en el agua residual. (Orozco Jaramillo, 2005).

1.2.6.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La demanda química de oxígeno surgió como una necesidad de medir la demanda de oxígeno de manera rápida y confiable. Esta es otra manera de medir la materia orgánica indirectamente, a través de la demanda de oxígeno de los compuestos orgánicos. La demanda química de oxígeno es un modo de medir la energía contenida en los compuestos, pero inicialmente se pensó como un sustituto más rápido y preciso que la demanda bioquímica de oxígeno. En lugar de descomponer la materia orgánica mediante el metabolismo bacterial, que utiliza la respiración como medio para obtener el oxígeno, en la DQO se utiliza un fuerte agente oxidante en un medio ácido. El agente oxidante más utilizado es el dicromato de Potasio, en presencia del sulfato de Plata como catalizador a alta temperatura. La demanda química de oxígeno de un compuesto es generalmente mayor que la demanda bioquímica de oxígeno debido a que muchos compuestos que pueden ser oxidados químicamente no pueden serlo biológicamente, a través de la biodegradación bacteriana. La relación DQO/DBO determina también la cantidad de materia orgánica no-biodegradable presente en el agua residual. (Orozco Jaramillo, 2005)

1.2.6.5. Sólidos totales

Otro parámetro de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales son los sólidos. A menudo, la materia orgánica está en forma de partículas en suspensión, por lo que es necesario diferencias en los sólidos suspendidos, SS, y los sólidos disueltos, SD. Los sólidos pueden ser volátiles, además, SV, que indican procedencia orgánica, o fijos que

se presumen como sólidos inorgánicos. La medición de los sólidos se hace gravimétricamente, es decir por peso, y consiste en filtrar la muestra con un filtro seco de peso conocido. Después de secarlos en un horno a 105° C se vuelve a pesar el conjunto filtro y sólidos filtrados, y por diferencia se conoce el peso de los sólidos filtrados de un volumen determinado de muestra, y así su concentración en mg/L. (Orozco Jaramillo, 2005).

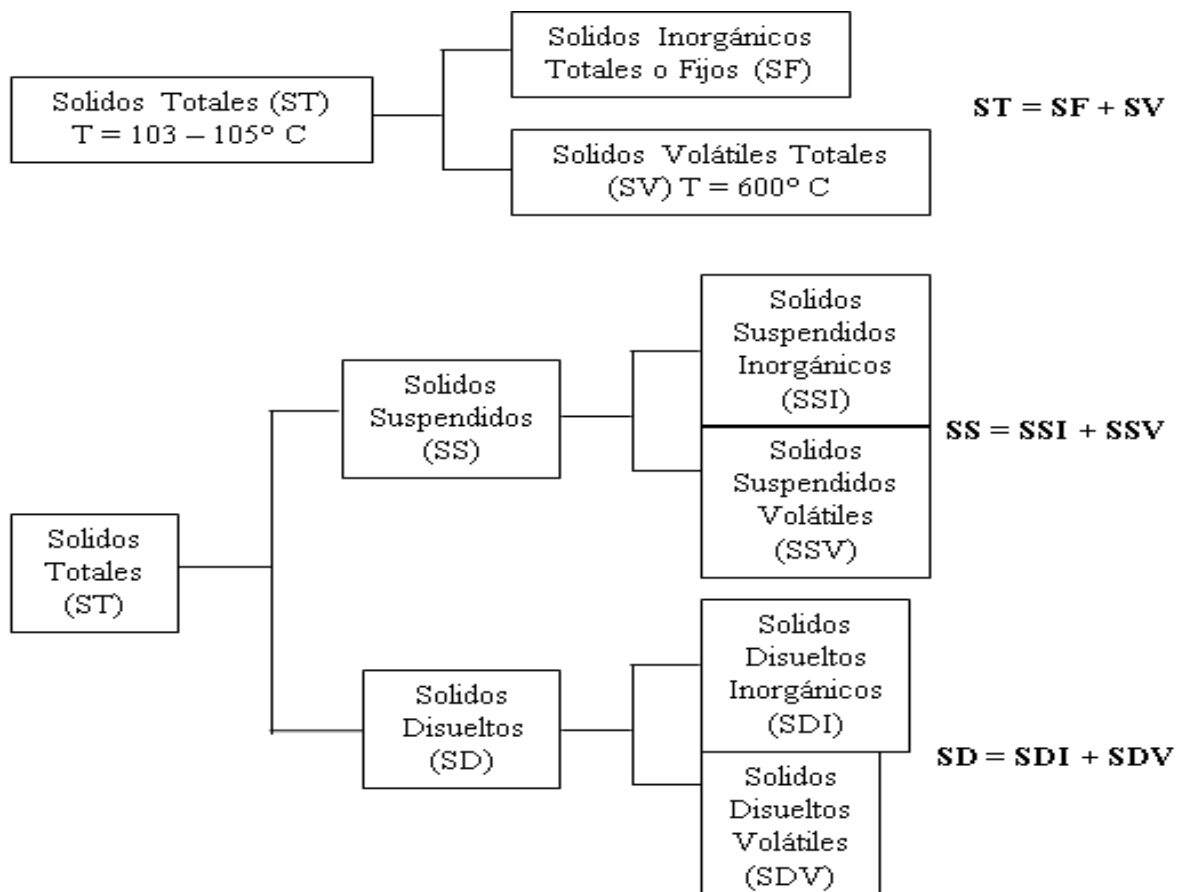


Figura 1 Clasificación de los sólidos totales

1.2.6.6. Turbidez

La turbidez se puede definir como la expresión de la propiedad óptica de una suspensión, que hace que la luz se disperse y no se transmita a través de la suspensión. La turbidez del agua es uno de los parámetros más relevantes en el control de la calidad del agua de consumo. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbiológica y también propician la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas. La turbidez se mide en UNF/NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU. (Baños, 2018).

Los valores de turbidez sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua (Romero, 2002).

1.2.6.7. Temperatura

Este factor es importante, está relacionado con el oxígeno disuelto (OD) y los cambios de metabolismo en los organismos que habitan en el ecosistema acuático. El aumento en temperatura disminuye la solubilidad de gases como el oxígeno y aumenta en general

las sales. A temperaturas altas aumenta la putrefacción y en lugares de descargas de aguas calientes se afectan el área y los organismos. (Chapman, 1996).

1.2.7. Instrumentos de gestión ambiental

En la legislación peruana existen diversos instrumentos de gestión ambiental entre los cuales se encuentran los denominados estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP). Los primeros son de aplicación general, es decir, para la sociedad en su conjunto; en tanto los segundos han sido desarrollados para regular actividades particulares. Ambos instrumentos son indicadores, que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales y correcciones en el accionar de alguna actividad específica.

Tabla 1 Diferencia entre ECA y LMP

Estándares de Calidad Ambiental (ECA)	Límites Máximos Permisibles (LMP)
La medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores (agua, aire, suelo).	La medición de un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento (de las fábricas, instituciones, viviendas, etc.).
Son instrumentos de aplicación general. Es decir, son estándares generales desarrollados para la sociedad en conjunto. Buscan establecer un nivel aceptable de calidad para las emisiones realizadas por todos nosotros.	Son instrumentos desarrollados para regular actividades particulares, es decir miden las emisiones de alguien en particular.
Permiten mantener un nivel aceptable de calidad ambiental en donde se puede desarrollar las sociedades en armonía con el medio ambiente	Regulan las emisiones / descargas de las organizaciones / vecinos a un cuerpo receptor.

1.2.7.1. Estandar de calidad ambiental (ECA)

Los ECA, determinados por el MINAM, garantizan la calidad ambiental en los cuerpos receptores del medio, estableciendo valores máximos permitidos de contaminantes. El objetivo al establecer dichos niveles es que las sustancias vertidas no representen riesgo para la salud humana ni para el ambiente. (Decreto Supremo No 015-2015-MINAM, 2015).

1.2.7.2. Limite maximo permisible (LMP)

Los límites máximos permisibles miden la concentración de ciertos elementos, sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos que se encuentran en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular, pues son a través de ellos que se puede afectar el aire, el agua o el suelo. La fijación de dichos límites tiene como finalidad proteger al ambiente y la salud humana de ciertos elementos y/o sustancias que puedan representar un riesgo para ellas, pero a diferencia de los ECA los LMP establecen un límite aplicable a las emisiones, efluentes o descargas al ambiente, individualizando los límites por actividad productiva. Así, los límites máximos permisibles son exigibles y su cumplimiento es obligatorio para cada una de las personas o empresas de cada sector. Por ese motivo, cada una de las personas o empresas debe realizar las acciones necesarias para que su accionar no implique sobrepasar los LMP establecidos. Entre los sectores para los que se han establecido LMP tenemos: transportes y comunicaciones, minería, hidrocarburos, electricidad, construcción y saneamiento, industria cementera, de curtiembres y papel, así como la industria pesquera, entre otros. (SNMPE, 2015).

1.2.8. Coagulación

La coagulación, se define como la adición de sustancias químicas y la provisión de mezcla, para que las partículas y algunos contaminantes disueltos se aglutinen en partículas más grandes que se puedan retirar mediante procesos de remoción de sólidos, el proceso fisicoquímico de coagulación logra desestabilizar partículas coloidales, precipitar y agrupar sólidos suspendidos, facilitando la extracción, removiendo partículas coloidales y suspendidas del agua, reduciendo la turbidez, el color y en menor medida las bacterias. (Choque Quispe, Choque Quispe, Solano Reynoso, & Ramos Pacheco, 2018)

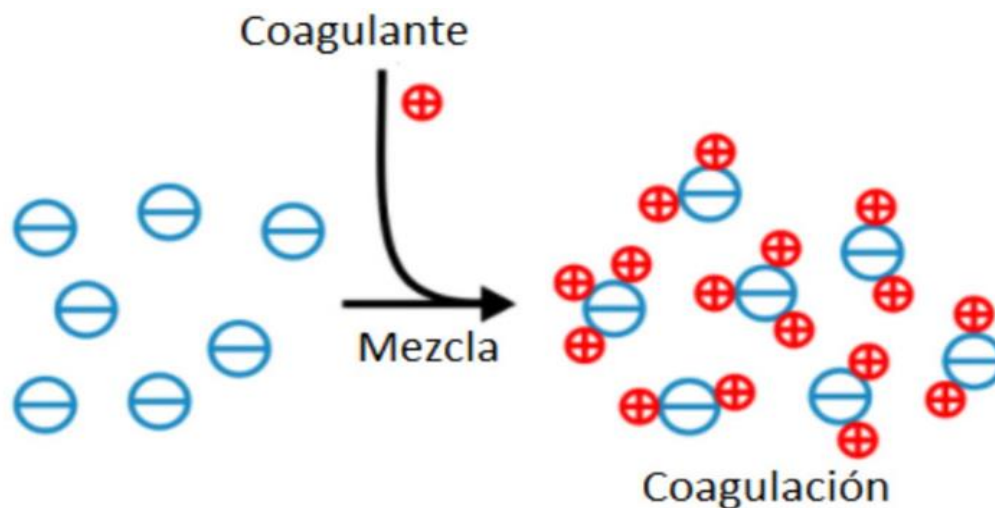


Figura 2 Acción de un coagulante

1.2.9. Floculación

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos

recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar. Los floculantes son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares muy elevados, moléculas orgánicas solubles en agua formadas por bloques denominados monómeros, repetidos en cadenas larga. (Andia Cardenas, 2000).

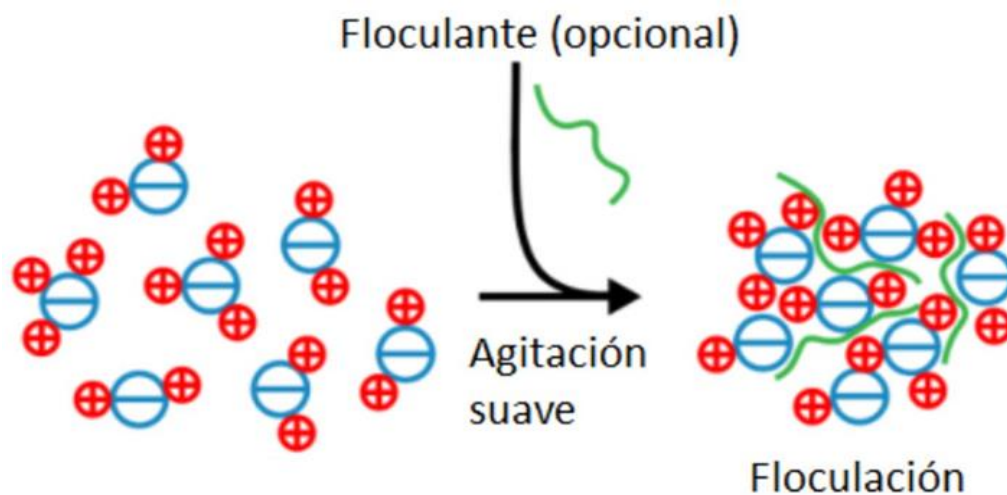


Figura 3 Acción de un floculante

1.2.10. Coagulantes-floculantes inorganicos

Son los más utilizados para el tratamiento de aguas residuales, debido a su rendimiento, disponibilidad, costo y efectividad. Poseen la capacidad de actuar como coagulantes y floculantes, cuando son disueltos estos forman compuestos complejos hidratados. Entre los más utilizados se hallan, sulfato de aluminio, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico y el aluminato de sodio. Aunque estas sales químicas, presentan alta capacidad

de coagulación- floculación, pueden llegar a ser nocivos para la salud humana y el medio ambiente. (Bravo Gallardo, 2017)

1.2.11. Coagulantes-floculantes organicos sinteticos

Los coagulantes orgánicos son polímeros solubles en agua que están basados en unidades repetidas de varios monómeros tales como acrilamida y ácido acrílico. En la mayoría de los casos, se derivan de materias primas basadas de petróleo y no renovables. Generalmente, los polímeros sintéticos se clasifican en catiónico, aniónico, anfótero y no iónico. La capacidad coagulante es principalmente influenciada por parámetros como la naturaleza de las cargas, seguida por el peso molecular y la densidad de carga. Los tipos de floculantes más efectivos son las poliacrilamidas ligeramente aniónicas con masas moleculares muy elevadas que se aplican en muy bajas concentraciones, lo que compensa su alto precio. Actualmente se emplea una gran variedad de polímeros orgánicos sintéticos, sin embargo, la toxicidad de estos productos es un factor de importancia en tanto que en ocasiones los monómeros que los componen pueden ser tóxicos, como lo son los monómeros acrílicos. (Bravo Gallardo, 2017)

1.2.12. Cogulantes-floculantes naturales

Se consideran una fuente alternativa con un gran potencial, debido a que son biodegradables y no generan daños al medio ambiente en comparación con coagulantes inorgánicos y polímeros sintéticos. En su mayoría son de origen vegetal, con presencia de agentes coagulantes activos como carbohidratos, taninos y proteínas. (Bravo Gallardo, 2017)

1.2.13. Prueba de jarras

De acuerdo con Romero, el ensayo de jarras es uno de los más importantes en el control del proceso de coagulación química de aguas. Este proceso requiere como datos previos mínimos los valores de pH, turbiedad, color y alcalinidad del agua cruda. (Romero Rojas, 2002). En la prueba de jarras se utilizan variaciones en la dosis del coagulante y/o floculante en cada jarra (generalmente se usan equipos de seis (6) jarras), permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica a través del proceso de floculación; es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, permitiendo además realizar el ajuste en el pH de cada muestra hasta llegar a los valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados, los cuales dependerán del tipo de reactivo a utilizar, aunque generalmente se maneja un pH entre 7,3 a 7,6. (Navarro, 2015).

La prueba de jarras es un procedimiento común de laboratorio para determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para el agua o el tratamiento de aguas residuales. Este método permite realizar ajustes en el pH, las variaciones en la dosis de coagulante o polímero, alternando velocidades de mezclado, o la prueba de coagulante o diferentes tipos de polímeros, a pequeña escala con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento. Una prueba de jarras simula los procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que puede conducir a problemas de turbidez, olor y sabor.

Las pruebas de Jarras se han creado para 2 fines básicamente:

- Como herramienta para diseñar una Planta de Agua Potable.
- Como SIMULADOR, para determinar en Laboratorio las dosis de insumos químicos que deben aplicarse en una Planta ya existente a fin de lograr cambios favorables en la Calidad del Agua.

Dos puntos muy importantes que plantearse durante dichos estudios previos son:

- Cuál debe ser el tiempo de retención del agua en determinada estación de tratamiento: Esto puede resolverse satisfactoriamente empleando un Equipo de Prueba de Jarras, realizando múltiples e indeterminados test a fin de definir: Cuánto tiempo debe estar retenida el agua en cada estación de tratamiento (Mezcla Rápida, Floculador o Mezcla Lenta y Sedimentador) a fin de que el producto químico a utilizar tenga un excelente rendimiento y mejore la calidad del agua (refiriéndonos al factor de clarificación y disminución de metales u otros elementos no deseados).
- Cuál debe ser la gradiente de velocidad para cada periodo de tiempo de retención: Es decir, definir las revoluciones por minuto (RPM) que deben ser aplicadas para cada estación de tratamiento y que aseguren una reacción completa de los productos químicos antes de pasar a la siguiente etapa.

1.2.14. Analisis estadistico

1.2.14.1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

La prueba Kolmogorov-Smirnov para una muestra compara la función de distribución acumulada observada de una variable con una distribución teórica determinada se

calcula a partir de la diferencia mayor (en valor absoluto) entre las funciones de distribución acumuladas teórica y observada. Esta prueba de bondad de ajuste contrasta si las observaciones podrían razonablemente proceder de la distribución especificada. (IBM, s.f.)

$$D = \max.\{D^+, D^-\}$$

Ecuación 1 Kolmogorov-Smirnov

1.2.14.2. Prueba de Shapiro-Wilks

El test de Shapiro-Wilks plantea la hipótesis nula que una muestra proviene de una distribución normal. Cuando la muestra es como máximo de tamaño 50 se puede contrastar la normalidad. Para efectuarla se calcula la media y la varianza muestral, S^2 , y se ordenan las observaciones de menor a mayor. (Barcelona, s.f.)

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

Ecuación 2 Shapiro-Wilks

1.2.14.3. Prueba T de Student

La prueba "t" de Student es un tipo de estadística deductiva que es utilizada para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Cuando la diferencia entre dos promedios de la población se está investigando, se utiliza una prueba t. Es decir que se utiliza cuando deseamos comparar dos medias (las cuentas se deben

medir en una escala de intervalo o de cociente). (Scientific European Federation Osteopaths)

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Ecuación 3 T de Student

1.2.14.4. Media

La media es el valor promedio de un conjunto de datos numéricos, calculada como la suma del conjunto de valores dividida entre el número total de valores. Resulta al desarrollar una serie fija de operaciones con un grupo de números y que, en ciertas condiciones, puede representar por sí solo a todo el conjunto. (Lopez J. F., Economipedia, s.f.)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Ecuación 4 Media

1.2.14.5. Mediana

La mediana es un estadístico de posición central que parte la distribución en dos, es decir, deja la misma cantidad de valores a un lado que a otro. (Marco Sanjuan, s.f.). Si la serie tiene un número par de puntuaciones la mediana es la media entre las dos puntuaciones centrales.

$$M_e = L_i + \frac{\frac{N}{2} - F_{i-1}}{f_i} \cdot a_i$$

Ecuación 5 Mediana

1.2.14.6. Varianza

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones. (Lopez J. F., Economipedia, s.f.)

$$Var(X) = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{X})^2}{n}$$

Ecuación 6 Varianza

1.2.14.7. Desviacion estandar

La desviación estándar o desviación típica es una medida que ofrece información sobre la dispersión media de una variable. La desviación estándar es siempre mayor o igual que cero. (Lopez J. F., Economipedia, s.f.)

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Ecuación 7 Desviacion estandar

1.2.15. Generalidades de los coagulantes-floculantes utilizados

1.2.15.1. Langostino

Los langostinos son crustáceos de abdomen alargado, de hábitos nocturnos y carnívoros. Estos crustáceos viven en las costas de los mares templados de todo el mundo, generalmente a profundidades entre 1 y 25 metros. En su medio natural se alimentan principalmente de pequeños peces, moluscos, gusanos y animales muertos. A temperaturas de 28-30 °C alcanzan unos 30 cm de largo en 8 a 10 meses. (Mendez, 1981)

Clasificación taxonómica

Como menciona (Reyes Hurtado, 2009), los camarones taxonómicamente se ubican en el Phylum Artrópoda por poseer patas articuladas, dentro de la sub-clase crustácea por que tienen caparazón externo o exoesqueleto y al orden Decápoda porque tienen cinco pares de patas caminadoras.

Tabla 2 Clasificación taxonómica del langostino

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Sub-filo	Crustacea
Clase	Malacostraca
Orden	Decapoda
Sub-orden	Dendrobranchiata
Infra-orden	Caridea
Familia	Penaeidae
Genero	Litopenaeus
Especie	<i>Litopenaeus vannamei</i>

(Boone, 1931)

Fuente: (Reyes Hurtado, 2009)

1.2.15.2. Tuna

Son plantas arborescentes, arbustivas o rastreras, con forma simple o de matorrales. Poseen un tronco leñoso muy definido, con ramificaciones esparcidas o en forma de copa, con tallos y ramas articuladas. Pueden llegar a medir hasta 5 m de alto. Sus partes oblongas llamadas pencas alcanzan los 30 a 50 cm de ancho y 2 cm de espesor, son de color verde opaco. Algunas tienen espinas, cortas, débiles, blancas o amarillas. Poseen flores y frutos, ovalados de color rojo, naranja o amarillo. Además, es una planta que no requiere tierras de gran calidad, pues puede crecer en terrenos poco fértiles y de escasa humedad, los cuidados que necesitan son mínimos, sin embargo, se ven afectadas por las bajas temperaturas. (Villabona Ortiz, Paz Astudillo, & Martinez Garcia, 2013)

La tuna presenta alta capacidad de coagulación, debido a la presencia de carbohidratos complejos almacenados en los cladodios del cactus que tienen buena capacidad de retención de agua. Por lo tanto, las partes del cactus utilizadas en el proceso de coagulación y floculación son generalmente el mucilago y cladodios.

El mucílago es una sustancia pegajosa producida en las células que se encuentran tanto en el clorénquima, como en el parénquima y que ayuda a los cactus a retener agua. Varios grupos han reportado, que el mucílago de *Opuntia* spp., está compuesto de L-arabinosa, galactosa-D, L-ramnosa, D-xilosa y ácido galacturónico, aunque las proporciones

relativas reportadas varían. La proporción de estos monómeros en la molécula varía de acuerdo a diversos factores como: variedad, edad, condiciones ambientales y estructura empleada para la extracción (fruto, cáscara, cladodio), entre otros factores. (Chavez Vasquez & Cholan Minchan, 2018)

Clasificación taxonómica

El primer nombre español es Higo de las Indias, que alude a su origen, las "Nuevas Indias" y de allí su primer nombre científico: *Cactus ficus-indica* L. El nombre *ficus-indica* había sido usado en "frases diagnósticas" ya mucho antes de Linneo, para designar varias especies. (Amaya Robles, 2009)

Tabla 3 Clasificación taxonómica de la tuna

Reino	Plantae
Division	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Sub-familia	Opuntioideae
Tribu	Opuntieae
Genero	Opuntia
Sub-genero	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i> (Linneo)

Fuente: (Saenz, y otros, 2006)

1.3. Justificación

El sector industrial genera descargas con volúmenes de concentrados de metales pesados, entre ellos, el cromo. Este metal es usado, por ejemplo, en la industria de curtiembre como agente de curtido. La dificultad que presenta el uso de sales de cromo en el curtido de pieles se debe a la gran cantidad de curtiente que no se fija y finalmente se descarga al ambiente, en las aguas residuales causando efectos negativos en el ambiente y a la salud humana. Por otro lado, los residuos producidos por las industrias de langostinos producen constituyen un problema sanitario; lo cual incurre en gastos para su disposición final. Actualmente este material es manejado como desecho y solo una pequeña cantidad es aprovechada en alimentos para consumo animal. (Toledo Palomino, 2014)

Es por ello, que la presente investigación se enfoca en la necesidad de buscar alternativas para remover sustancias tóxicas de aguas contaminadas con mayor eficacia y a menor costo. Y así, ofrecer una alternativa como solución a la contaminación de cuerpos de agua por metales pesados, en este caso contaminación por cromo hexavalente, con el uso del exoesqueleto de langostino y el mucilago de la hoja de tuna. Lo que generaría entre otros, el aprovechamiento integral y/o valor agregado a los residuos de la industria. Así mismo, ayudará a orientar posteriores investigaciones encaminadas a estudiar la acción de estas dos especies, langostino y hoja de tuna, en la adsorción de metales pesados.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Formulación del problema general

¿De qué manera el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influyen en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa?

1.4.2. Formulación del problema específicos

- ✓ ¿Cuáles son las características físico-químico iniciales del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) para el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI)?
- ✓ ¿Cuáles serán las dosis de exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) en el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI)?
- ✓ ¿Cuál será el porcentaje de reducción del cromo (VI) en la solución acuosa, utilizando el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) después del tratamiento?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa.

1.5.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar los parámetros físico-químico del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) para el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI)
- ✓ Determinar las dosis optimas de exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) en el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI)
- ✓ Evaluar la reducción del cromo (VI) en la solución acuosa, utilizando exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) después del tratamiento.

1.6. Hipotesis

1.6.1. Hipotesis general

H1. El exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influyen en la reducción del cromo (VI) en la solución acuosa.

1.6.2. Hipotesis específicos

H2. Las características físicas – químicas del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) disminuirán el cromo (VI) presente en la solución acuosa.

H3. La dosis óptima del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influirán en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa.

H4. La reducción del cromo (VI) presente en la solución acuosa será mayor al 50% utilizando el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*).

CAPITULO II. METODOLOGIA

2.1. Tipo de investigacion

Para la presente investigación, el desarrollo es de tipo aplicativo, ya que esta tiene por objeto generar conocimiento, con los métodos aplicados para conseguir cumplir los objetivos que se plantean. El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, ya que se trata de medir con precisión las variables del estudio, a través de la recolección de información y datos, la medición numérica y el análisis estadístico. Esta clase de estudios aporta valor añadido por la implementación del entendimiento que procede de la investigación básica. (Lozada, 2014)

2.2. Diseño de investigacion

En la presente investigación se aplicó el tipo de diseño experimental puro. Este diseño incorpora la administración de prepruebas a los grupos que componen el experimento.

Esta manipula las dos variables, teniéndolas controladas, un grupo recibe el tratamiento experimental y otro no (grupo control); por último, se les administra, también simultáneamente, una posprueba. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014)

El diseño de la investigación se realizó con pre-prueba, post-prueba y grupo de control.

Teniendo el siguiente diagrama:

RG1	O1	X	O2
RG2	O3	-	O4

Donde:

R: Asignación al azar o aleatoria.

G: Grupo de sujetos o casos.

X: Tratamiento, estímulo o condición experimental.

O: Una medición de los sujetos de un grupo.

2.3. Población y muestra (materiales, instrumentos y método)

2.3.1. Población

La población considerada la conforman las aguas contaminadas con cromo (VI), existentes en cuerpos de agua y recursos hídricos, que superan la normativa establecida.

2.3.2. Muestra

La muestra de la presente investigación fue preparada en laboratorio, y contiene una solución acuosa, con una concentración de 2.844 mgCr/L. Dicha concentración fue tomada ya que sobrepasa el LMP de 2.5 mg/L establecido para efluentes de aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre. (Salazar Pinto, y otros, 2016)

2.3.3. Materiales, equipos y materia prima

Tabla 4 Materiales y equipos utilizados en la investigación

<i>Materiales</i>		
<i>Nombre</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>
<i>Plumón indeleble</i>	<i>2 unidades</i>	-
<i>Vasos precipitados 500 ml</i>	<i>9 unidades</i>	-
<i>Matraces de Erlenmeyer de 500 ml</i>	<i>9 unidades</i>	-
<i>Bolsa ziploc</i>	<i>2 paquetes</i>	-
<i>Papel filtro</i>	<i>9 unidades</i>	-
<i>Embudos de vidrio</i>	<i>9 unidades</i>	-
<i>Agua destilada</i>	<i>60 litros</i>	<i>Agua utilizada para la preparación de la solución acuosa</i>
<i>Equipos</i>		
<i>Nombre</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>
<i>Balanza digital</i>	<i>EUROTECH</i>	<i>JF-2204</i>
<i>Multiparámetro</i>	<i>HACH</i>	<i>HQ40d</i>
<i>Materia Prima</i>		
<i>Exoesqueleto de langostino</i>	<i>20 kilos</i>	<i>Residuo obtenido de puestos de comida marina</i>
<i>Mucilago de hoja de tuna</i>	<i>1 cladiolo</i>	<i>Obtenido en parques</i>

2.3.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas de recolección de datos

La técnica implicará elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico, esto a la vez incluirá que:

- Las muestras serán analizadas y poder así responder al planteamiento del problema y dar respuesta a los objetivos planteados.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son los medios materiales que se empleara en el desarrollo de la investigación, pueden ser las fichas que están relacionadas al proceso de la investigación. Los cuales son detallados a continuación:

- ✓ Ficha de caracterización de la solución acuosa con Cromo (VI).
- ✓ Ficha de caracterización del exoesqueleto de langostino.
- ✓ Ficha de caracterización del mucilago de la hoja de tuna.
- ✓ Ficha de reducción del Cromo (VI) en la solución acuosa utilizando exoesqueleto de langostino y el mucilago de la hoja de tuna.

2.3.5. Metodos de analisis de datos

Los parámetros establecidos se analizaron mediante software estadístico IBM SPSS Statistics versión 25, para lo cual se desarrollaron pruebas estadísticas que determinararan la hipótesis general y específicas, así como valores de normalidad, varianza.

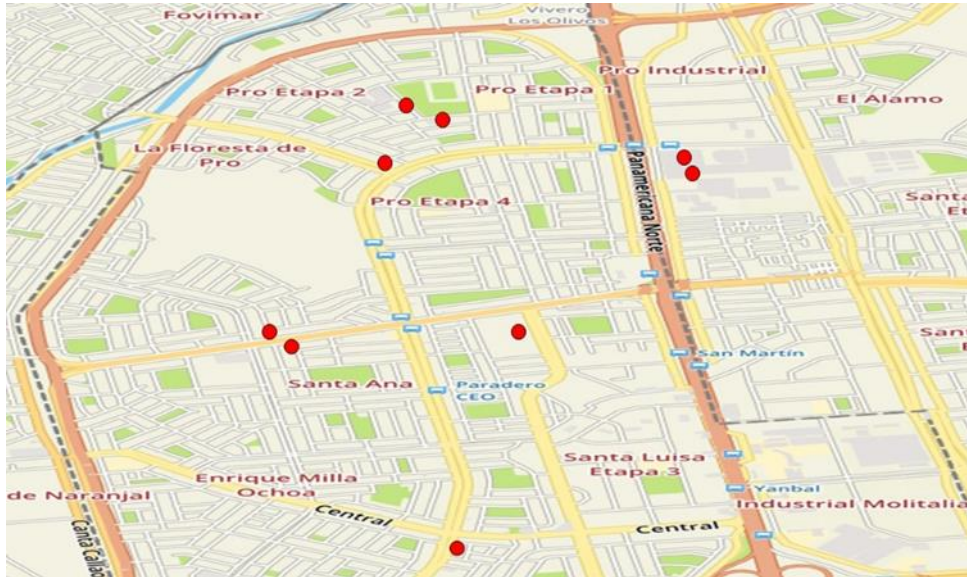
2.4.Procedimiento

2.4.1. Recoleccion de langostinos y hoja de tuna

- La recolección de langostinos fue realizada siguiendo una ruta en mercados y restaurantes, estos fueron obtenidos en diferentes centros de expendio de comida, restaurantes y mercados del distrito de Los Olivos. La cantidad recolectada fue de 20 kg.

- La hoja de tuna fue obtenida en un vivero municipal también del distrito de Los Olivos, donde crecen en abundancia, ambas muestras biológicas fueron llevadas y tratadas en el laboratorio, donde se realizaron los siguientes pasos.

Figura 4 Puntos de recolección de langostino y hoja de tuna



2.4.2. Acondicionamiento del exoesqueleto de langostino y la hoja de tuna

- El exoesqueleto de langostino recolectado se lavó con abundante agua, para luego retirar aquellas partes o restos orgánicos que no se utilizaron, seguidamente se enjuagó con agua destilada, y se dejó secar a temperatura ambiente para evaporar el exceso de agua existente. Se preparó un sistema de invernadero para almacenar mayor calor, protegerlos del polvo, protegerlo de insectos y cualquier otro tipo de contaminación; llevado a cabo en las instalaciones de una consultora. El proceso de secado fue de 15 días, luego del cual se colocaron en una estufa a 35 °C por 12 horas con la finalidad de que se encuentre libre de humedad.



Figura 5 Proceso de secado en estufa del exoesqueleto de langostino

- La hoja de tuna obtenida fue de mediano tamaño, esta fue lavada y luego enjuagada con agua destilada, para acondicionarla se tuvo que colocar en una conservación a 50 °C, con la finalidad de que el mucilago que se obtuviera de él, no pierda sus propiedades, para el tratamiento a realizar con la solución acuosa con cromo (VI).



Figura 6 Acondicionamiento de la hoja de tuna para su posterior tratamiento

2.4.3. Determinación del tamaño de partícula del exoesqueleto de langostino

Acondicionada y secada la muestra del exoesqueleto de langostino, el siguiente paso fue pasarlo a una malla aceptable para su utilización en los tratamientos posteriores, para esto se colocó en una pulverizadora por 5 minutos hasta obtener el máximo ajuste, fue preciso homogenizar la muestra del exoesqueleto de langostino. Se procedió a tamizarlo con una malla ASTM N° 80 (0.180 mm), donde se obtuvo 4.90 kg, que fue rotulado y puesto en bolsa de polietileno o bolsa Ziploc.

2.4.4. Caracterización físico-química del exoesqueleto de langostino

- Para el proceso de caracterización del exoesqueleto de langostino, se preparó un extracto a partir de la muestra pulverizada, se pesó 100 gr de muestra que fue colocado en un frasco con agua destilada en una relación de 1:2, siendo 200 ml de agua destilada con relación a un peso de 1000 gramos.
- Este fue colocado en un agitador rotacional a 30 rpm por un tiempo de 45 minutos, se retiró y se puso a decantar por 2 horas, seguidamente se filtró con filtro de paso rápido para que no existan restos de langostino que pudieran perturbar las mediciones.
- Luego fue llevado a un multiparámetro con agitador magnético marca Eszodo con entrada digital, la que fue calibrado inicialmente con buffer HANNA en pH 4, 7, 10; estándares con vigencia hasta el 2024 según certificado del fabricante, también se tuvo que saber el estado del electrodo que se utilizaría, el cual fue calibrado electrónicamente consiguiendo un resultado del 98%, quedando así el equipo listo para realizar las lecturas.
- Los parámetros medidos fueron: Potencial de Hidrogeno, importante porque nos determinó el estado de la solución si esta era ácido, neutro o básico.
- El parámetro siguiente fue la conductividad eléctrica, que nos determina las sales disueltas en el agua, potencial redox, determino el comportamiento de los aniones con respecto a los cationes del potencial de hidrogeno, y fundamentalmente la temperatura.

2.4.5. Determinación inicial de la humedad del exoesqueleto de langostino

Para determinar la humedad del exoesqueleto de langostino se tomó de la muestra limpia un peso de 10 gramos que fue colocado en una bandeja previamente tarado para luego colocarlo en una estufa a 105 °C por 2 horas, sacarlo a enfriar hasta temperatura ambiente en un desecador y volverlo a pesar y así obtener su humedad. (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, 1997)

$$H[\%] = \frac{W_A - W_B}{W_B - W_t} \times 100$$

Ecuación 8 Porcentaje de humedad

Donde:

H [%]: Porcentaje de humedad

W_A: Peso de la tara + exoesqueleto húmedo en gramos

W_B: Peso de la tara + exoesqueleto seco en gramos

W_t: Peso de la tara en gramos

2.4.6. Caracterización de la hoja de tuna

Para la caracterización de la hoja de tuna se tomó un peso de 50 gramos siendo esta pelada y cortados en trozos para facilitar la molienda, la que fue colocado en una centrifuga de molienda teniendo una extracción solido liquido ya que estuvo en una relación 1:3. Esto fue realizado con 150 ml de agua destilada por un tiempo de 5 minutos, existiendo una extracción solido - líquido, teniendo en consideración la temperatura del

agua, para luego dejar en reposo y finalmente filtrarlo en un embudo buchner y una bomba de vacío obteniéndose así el extracto que fue llevado para realizar sus mediciones de temperatura, potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica y potencial redox.

2.4.7. Determinacion de la humedad de la hoja de tuna

Para obtener la humedad se realizó mediante el método ASTM D2216, este fue realizado cortando la hoja y abriéndolo en su parte central extrayendo todo el mucilago y triturando la hoja superficial para pesarlo en una bandeja previamente tarada, luego se colocó en la estufa a 105 °C por 3 horas para luego ser retirado puesto a enfriar y obtener su peso final.

$$H[\%] = \frac{W_A - W_B}{W_B - W_t} \times 100$$

H [%]: Porcentaje de humedad

W_A: Peso de la tara + exoesqueleto húmedo en gramos

W_B: Peso de la tara + exoesqueleto seco en gramos

W_t: Peso de la tara en gramos

2.4.8. Obtencion del floculante de mucilago de hoja de tuna

La hoja de tuna fue limpiada y sus espinas retiradas, luego fue picada en trozos y cortado por su parte central donde fue rasgado con una espátula en la zona que se encontraba el

mucilago, la que se fue acumulando en un recipiente de vidrio. El peso utilizado fue de 450 gramos obteniéndose 200 gramos de mucilago. Asimismo, se preparó una estándar madre de 1 litro, al 1% de concentración para de esta poder realizar una prueba de jarra y poder determinar las dosis a utilizar.

Tabla 5 Estandar madre de mucilago de hoja de tuna al 1%

Código	Peso del mucilago de la hoja de la tuna gr	Volumen de la solución ml	Porcentaje del mucilago en la solución % p/v
FM -TSA	10	1000	1

Nota:

FM: Flocculante madre

TSA: Tratamiento de solución acuosa

2.4.9. Preparacion de la solucion acuosa con cromo (VI)

En la preparación de la solución acuosa con cromo hexavalente en el laboratorio se tomaron 32 litros de muestra las que se contaminaron con dicromato de potasio reactivo con grado analítico teniendo las siguientes características:

Peso molecular del Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$)

$$PM (K_2Cr_2O_7) = 294.188$$

Pureza: 99.7%

Realizándose los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{PM (K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) & \longleftrightarrow & \text{Cr}^{+6} \\
 294.188 & \longleftrightarrow & 51.9961 \\
 \longleftarrow X & & \longrightarrow 91.008
 \end{array}$$

$$X = 514.9129 \text{ mg (K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$$

Pureza:

$$\begin{array}{ccc}
 99.7 & \longleftrightarrow & 100 \\
 514.9129 & \longleftrightarrow & x \\
 \longleftarrow X = 516.4622 \text{ mg (K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) & & \longrightarrow
 \end{array}$$

Este fue el peso obtenido para preparar la solución acuosa con cromo (VI) en 32 litros de agua que sirvieron para realizar el tratamiento de la muestra mediante el método de espectrofotometría UV-VIS.

2.4.10. Determinación de la concentración de cromo (VI) por espectrofotometría

Una vez obtenida la muestra con cromo (VI) se hizo la valoración analítica del método espectrofotométrico para determinar la concentración de la muestra en mgCr⁺⁶/L. (Severiche Sierra & Gonzalez Garcia, 2013). Para esto se tomó 50 ml de muestra, al que se adicionaron 0.5 ml de ácido sulfúrico y 1 ml de difenilcarbazida, se dejó reposar por 5 minutos para que desarrolle el color; de la misma forma se tuvo que hacer un blanco que debe ser elaborado bajo las mismas condiciones que las muestras, para así leer en el espectrofotómetro UV-VIS, este se trabajó a 540 nm.

2.4.11. Caracterización físico-química de la solución acuosa con cromo (VI)

Para caracterizar la muestra de agua con cromo (VI) se tomaron en un vaso precipitado de 150 ml un volumen de 100 ml la que fue llevado para realizar sus mediciones en un multiparámetro modelo PL – 700ALS, esta fue calibrada con buffer marca HANNA, de pH 4,7,10, con procesamiento digital; entonces se procedió a realizar las lecturas de potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, potencial redox y temperatura para poder realizar el control y seguimiento a los tratamientos que se realizaron.

Sólidos totales (ST: mg/l) (método gravimétrico)

Para obtener los sólidos totales de la muestra con cromo (VI) se procedió a agitar la muestra, de tal forma que se encuentre homogénea para tomar una muestra aleatoria de 100 ml en un vaso precipitado de 150 ml, los que fueron inicialmente lavados, luego fueron secados en una estufa a 105 °C por 60 minutos para enfriarlos en un desecador hasta temperatura ambiente y proceder a pesar en una balanza analítica y así verter la solución acuosa y colocarlo en una plancha de digestión hasta dejar secar por un tiempo de 2 horas; volver a colocarlo a la estufa a 105 °C, enfriar y pesar.

$$ST (mg/L) = \frac{(W_{\text{vaso+muestra}} - W_{\text{vaso seco}}) \times 100}{V_L}$$

Ecuación 9 Sólidos totales

Donde:

ST (mg/l): Sólidos Totales

W_{VASO + MUESTRA}: Peso de la muestra (105 °C) por 45 minutos + peso del vaso

W_{VASO SECO}: Peso del vaso seco a 105 °C por 45 minutos

V_L : Volumen en litros

Sólidos disueltos (SD: mg/l) (método gravimétrico)

Para los sólidos disueltos de la muestra también se tomó 100 ml de muestra de manera aleatoria, la que fue filtrada con filtro Whatman N° 40, también para este parámetro se procede al lavado y secado de vaso precipitado ya que el método es físico y de mucho cuidado para obtener resultados confiables de acuerdo al desarrollo de investigación.

$$SD \text{ (mg/L)} = \frac{(W_{\text{vaso+muestra}} - W_{\text{vaso seco}}) \times 100}{V_L}$$

Ecuación 10 Sólidos disueltos

Donde:

SD (mg/l): Sólidos Disueltos

$W_{\text{VASO + MUESTRA}}$: PESO de la muestra seca (105 °C) por 45 minutos + peso del vaso

$W_{\text{VASO SECO}}$: PESO del vaso seco a 105 °C por 45 minutos

V_L : Volumen en litros filtrado

Sólidos Suspendidos totales (SST: mg/l)

Los sólidos suspendidos totales fueron determinados por fórmula de definición académica la cual fue:

$$SST \text{ (mg/L)} = ST - SD$$

Ecuación 11 Sólidos suspendidos totales

Donde:

SST: Sólidos suspendidos totales (mg/l)

ST: Sólidos totales (mg/l)

SD: Sólidos disueltos (mg/l)

Oxígeno disuelto (OD) (mgO₂/L) (método Winkler)

Para el parámetro de oxígeno disuelto de la muestra se procedió a tomar la muestra en un recipiente de 5 litros con la finalidad de muestrear como indica el estándar método del agua, que es sumergir el frasco Winkler invertido al agua y voltearlo en el interior del recipiente con la finalidad que no se formen burbujas de aire que podrían hacer perder el análisis, donde se utilizaron reactivos QP, como el sulfato de manganeso, álcali yoduro acido y ácido sulfúrico concentrado.

$$OD \text{ (mgO}_2 \text{ /L)} = \frac{\text{Vol. gast} \times N \times 8000 \times \text{Vol. w}}{\text{Vol. m} \times (\text{Vol. w} - 2)}$$

Ecuación 12 Oxigeno disuelto

Donde:

OD: Oxígeno Disuelto

Vol. gast: Volumen gastado de Tiosulfato de Sodio 0.025N

N: Normalidad del Tiosulfato de Sodio 0.025N

Vol. w: Volumen de frasco Winkler

Vol. m: Volumen de muestra

Demanda química del oxígeno (DQO) (mgO₂/L)

Este método utiliza al dicromato de potasio y la elaboración de un blanco para poder realizar los cálculos como especifica el método de la demanda química del oxígeno, esta se coloca en un termoreactor para su digestión por 2 horas, para luego enfriar a temperatura ambiente y titular con sulfato ferroso amoniacal; donde se utilizaron reactivos QP.

$$\text{DQO (mgO}_2\text{/L)} = \frac{(\text{Vol. gast. Blanco} - \text{Vol. gast. Muestra}) \times N \times 8000}{\text{Vol. m.}}$$

Ecuación 13 Demanda química de oxígeno

Donde:

Vol. gast. Blanco: Volumen gastado en el blanco

Vol. gast. Muestra: Volumen gastado en la muestra

N: Normalidad del sulfato ferroso amoniacal 0.25N

Vol. m.: Volumen de la muestra

Demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅) (mgO₂/L) (método Winkler)

La demanda bioquímica del oxígeno se realizó utilizando la técnica Winkler, con el que preparo una solución de dilución con la finalidad de tener una óptima respuesta ante la presencia de organismos vivos en el agua que consumen el oxígeno en un periodo de 5 días de incubación a una temperatura controlada de 20 °C. estos son colocados en cámara oscura las que se titulan en su inicio el oxígeno y final también el oxígeno, titulándose con tiosulfato de sodio, un indicador el almidón.

$$DBO_5 \text{ (mgO}_2 \text{ /L)} = \frac{\text{OD inicial} - \text{OD final}}{\% \text{ Dilucion}}$$

Ecuación 14 Demanda bioquímica de oxígeno

Donde:

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno (mgO₂ /L)

OD_{INICIAL}: Oxígeno disuelto inicial (mgO₂ /L)

OD_{FINAL}: Oxígeno disuelto final (mgO₂ /L)

2.4.12. Diseño experimental del tratamiento

El diseño experimental tuvo un método de tipo 3x3x3, donde se trabajó con 27 muestras en tiempos diferentes y pesos de exoesqueleto de langostino diferentes y una misma concentración de mucilago de tuna que se evaluaron en tres grupos de 9 muestras cada uno.

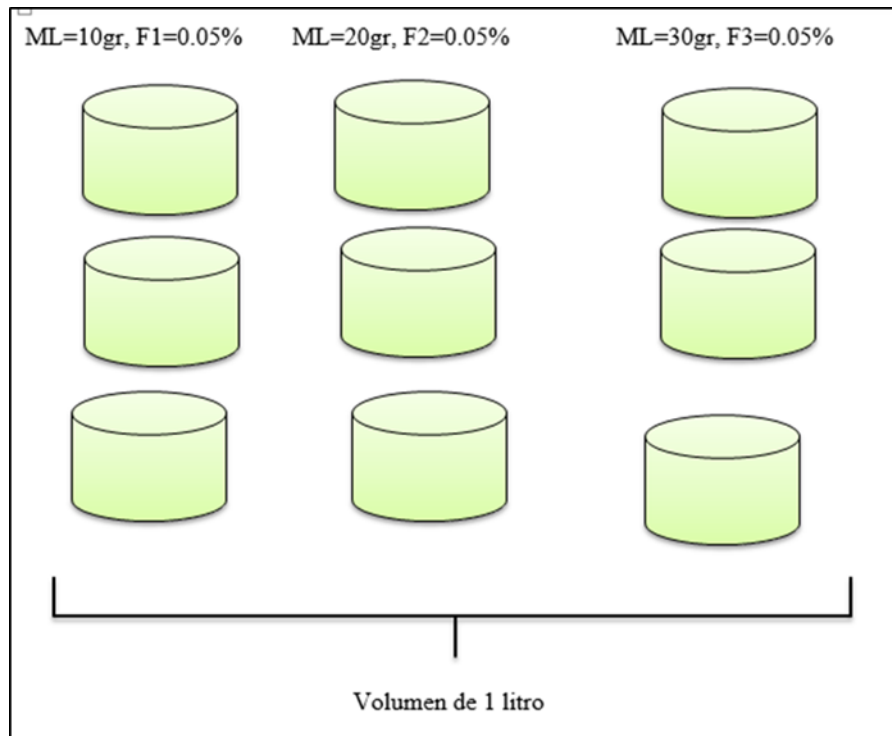


Figura 7 Diseño experimental de la investigación

2.4.13. Dosis optimas utilizados en los tratamientos despues de haber realizado la prueba de indentificacion

Las dosis que se utilizaron para el tratamiento fueron 10, 20, 30 gramos de exoesqueleto de langostino. La concentración del mucilago de la hoja de tuna fue la de 0.05% constante en todo el proceso con un volumen de 50 ml.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Determinación de los parámetros físico-químicos de las muestras orgánicas

3.1.1. Parámetros físico-químicos del exoesqueleto de langostino

Se deseaba conocer el estado inicial del exoesqueleto de langostino, para esto se llevaron a cabo las mediciones para obtener las cifras iniciales y de referencia para el resto de la investigación.

Tabla 6 Parámetros físico-químicos iniciales del exoesqueleto de langostino

Muestra	pH ácido/base	Temperatura (°C)	Conductividad (μS/cm)	Potencial redox (mV)
EXQ-L	8.18	21.0	1785	155

Donde, EXQ-L: Exoesqueleto de langostino.

Así mismo, se pesó el exoesqueleto de langostino, a fin de determinar luego el porcentaje de humedad.

Tabla 7 Humedad inicial del exoesqueleto de langostino

Muestra	Peso tara (g)	Peso tara + muestra húmeda (g)	Peso tara + muestra seca (g)	Humedad (%)
EXQ-L	408	418	412	60

3.1.2. Parametros fisico-quimicos del mucilago de la hoja de tuna

De la hoja de tuna se extrajo el mucilago y de este se dieron a conocer los valores para sus parámetros físico-químicos, mostrados en la tabla adjunta.

Muestra	pH acido/base	Temperatura (°C)	Conductividad (μS/cm)	Potencial redox (mV)
HT-I	5.8	20.0	8500	150

Tabla 8 Parametros fisico-quimicos iniciales de la hoja de tuna

Donde, HT-I: Hoja de tuna inicial. Se aprecia que el pH de la hoja de tuna es de 5.8, correspondiente a una muestra acida.

De la misma forma, se determinó el porcentaje de humedad para la hoja de tuna, cuyo valor se muestra a continuación.

Tabla 9 Humedad inicial de la hoja de tuna

Muestra	Peso tara (g)	Peso tara + muestra húmeda (g)	Peso tara + muestra seca (g)	Humedad (%)
HT - I	418	456	425	81

3.2. Caracterización de la solución con Cromo (VI)

Mediante el equipo de absorción atómica, se efectuó la lectura de la solución, a fin de determinar la concentración inicial de cromo presente en ella; teniendo como resultado una concentración de cromo (VI) en agua de 2.844 mgCr x litro de agua, de tal manera que con dicha concentración se dará inicio a los tratamientos.

Tabla 10 Concentración inicial de cromo (VI) por espectrofotometría UV-VIS

Muestra	Trasmítancia %	Absorbancia	Constante K	Concentración mgCr ⁺⁶ /l
C Cr ⁺⁶ - SI	60.3	0.219	0.0770	2.8440

CCr+6 - IM: Concentración de Cr+6 inicial en la solución del contaminante

Tabla 11 Parámetros físico-químicos de la solución inicial con cromo (VI)

Muestra	pH ácido / base	T °C	Conductividad μS/cm	P. Redox mv
CCr ⁺⁶ -SI	7.5	20	11200	125

Se aprecia que la solución presenta un Ph ligeramente básico

Tabla 12 Parámetros físicos de la solución inicial con cromo (VI)

Muestra	SD (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	Turbidez NTU
CCr ⁺⁶ -SI	785	697	1482	22.1

Tabla 13 Parámetros biológicos de la solución inicial con cromo (VI)

Muestra	DBO ₅ (mgO ₂ /L)	OD (mgO ₂ /L)	DQO (mgO ₂ /L)
CCr ⁺⁶ -SI	945	2.15	1358

Tabla 14 Estándares para hallar constante, Espectrofotometría UV-VIS

Estándar	Trasmítancia %	Absorbancia	Constante K
3 ppm	58.00	0.2313	0.0771
5 ppm	41.2	0.3851	0.0770
		Constante K	0.0770

3.3. Primer tratamiento del agua contaminada por cromo (VI) utilizando exoesqueleto de langostino y mucilago de hoja de tuna (Tiempo 20 minutos)

- Concentración inicial: 2.8440 mg cr⁺⁶/l
- Volumen constante en todos los tratamientos: 1000 ml
- Floculante constante: 50 ml de 0.05

Tabla 15 Primer tratamiento: Parametros fisico-quimicos

Muestra	pH (acido/base)	P. Redox mv	T °C	Conductividad μS/cm	Turbidez NTU
1T-(A-10)20m	7.02	100	20.00	1290	78.00
1T-(B-10)20m	7.05	101	20.00	1284	78.23
1T-(C-10)20m	7.10	112	20.00	1278	78.10
1T-(A-20)20m	7.35	126	20.00	1263	90.12
1T-(B-20)20m	7.39	128	20.00	1258	90.58
1T-(C-20)20m	7.42	139	20.00	1250	90.85
1T-(A-30)20m	7.58	140	20.00	1230	96.56
1T-(B-30)20m	7.68	145	20.00	1243	96.86
1T-(C-30)20m	7.72	152	20.00	1235	96.78

1T (primer tratamiento); repetición (A,B,C); concentración(10,20,30); tiempo (20min). Método potenciométrico

Se observa que el ítem 1T-(A-10)20m correspondiente al tratamiento con un tiempo de 20 minutos y un agregado de 10 gramos de exoesqueleto de langostino molido, es el que presenta un pH de 7.02, siendo este el menor de toda la tabla.

Tabla 16 Primer tratamiento: Reduccion del cromo (VI)

Muestra	Cr ⁺⁶ en lodo (20 minutos) (mg/L)	Cr ⁺⁶ en H ₂ O (20 minutos) (mg/L)	DQO (mgO ₂ /L)	OD (mgO ₂ /L)
1T-(A-10)20m	0.81	2.03	1298	2.56
1T-(B-10)20m	0.83	2.00	1296	2.75
1T-(C-10)20m	0.82	2.01	1293	2.66
1T-(A-20)20m	0.85	1.98	1290	2.54
1T-(B-20)20m	0.84	1.99	1288	2.54
1T-(C-20)20m	0.84	1.99	1285	2.56
1T-(A-30)20m	0.87	1.97	1245	2.58
1T-(B-30)20m	0.87	1.97	1238	2.59
1T-(C-30)20m	0.87	1.96	1234	2.59

Método espectrofotometría UV – Método Winkler

Se aprecia que el ítem 1T-(C-30)20m correspondiente al tratamiento con un tiempo de 20 minutos y un agregado de 30 gramos de exoesqueleto de langostino molido, es el que presenta una concentración de Cr en agua de 1.9695, siendo este el menor de toda la tabla.

3.4. Segundo tratamiento del agua contaminada por cromo (VI) utilizando exoesqueleto de langostino y mucilago de hoja de tuna (Tiempo 40 minutos)

- Concentración inicial: 2.8440 mg cr+6/l
- Volumen constante en todos los tratamientos: 1000 ml
- Floculante constante: 50 ml de 0.05

Tabla 17 Segundo tratamiento: Parametros fisico-quimicos

Muestra	pH (acido/base)	P. Redox mv	T °C	Conductividad μS/cm	Turbidez NTU
2T-(A-10)40m	7.45	135	19.00	1237	45.00
2T-(B-10)40m	7.34	128	19.00	1235	42.53
2T-(C-10)40m	7.40	133	19.00	1240	44.44
2T-(A-20)40m	8.23	145	19.00	1230	50.23
2T-(B-20)40m	8.18	148	19.00	1224	50.12
2T-(C-20)40m	8.19	150	19.00	1221	50.18
2T-(A-30)40m	8.45	170	19.00	1210	51.56
2T-(B-30)40m	8.35	168	19.00	1200	51.65
2T-(C-30)40m	8.55	180	19.00	1220	51.77

2T (Segundo tratamiento); repetición (A, B, C); concentración (10,20,30); tiempo (40min). Método potenciométrico

Se observa que el ítem 2T-(B-10)40m correspondiente al tratamiento con un tiempo de 40 minutos y un agregado de 10 gramos de exoesqueleto de langostino molido, es el que presenta un pH de 7.34, siendo este el menor de toda la tabla.

Tabla 18 Segundo tratamiento: Reduccion del cromo (VI)

Muestra	Cr ⁺⁶ en H ₂ O (40 minutos) (mg/L)	Cr ⁺⁶ en lodo (40 minutos) (mg/L)	DQO (mgO ₂ /L)	OD (mgO ₂ /L)
2T-(A-10)40m	1.32	1.52	956	4.32
2T-(B-10)40m	1.31	1.52	965	4.21
2T-(C-10)40m	1.31	1.52	954	4.29
2T-(A-20)40m	1.26	1.56	920	4.35
2T-(B-20)40m	1.26	1.57	915	4.41
2T-(C-20)40m	1.25	1.58	910	4.38
2T-(A-30)40m	0.94	1.89	900	4.54
2T-(B-30)40m	0.94	1.89	898	4.62
2T-(C-30)40m	0.94	1.89	890	4.69

Método espectrofotometría UV – Método Winkler

Se aprecia que el ítem 2T-(C-30)40m correspondiente al tratamiento con un tiempo de 40 minutos y un agregado de 30 gramos de exoesqueleto de langostino molido, es el que presenta una concentración de Cr en agua de 0.9466, siendo este el menor de toda la tabla.

3.5. Tercer tratamiento del agua contaminada por cromo (VI) utilizando exoesqueleto de langostino y mucilago de hoja de tuna (Tiempo 60 minutos)

- Concentración inicial: 2.8440 mg cr+6/l
- Volumen constante en todos los tratamientos: 1000 ml
- Floculante constante: 50 ml de 0.05

Tabla 19 Tercer tratamiento: Parametros fisico-quimicos

Muestra	pH (acido/base)	P. Redox mv	T °C	Conductividad μS/cm	Turbidez NTU
3T-(A-10)60m	7.85	140	20.00	1000	25.00
3T-(B-10)60m	7.75	139	20.00	1005	25.32
3T-(C-10)60m	7.70	135	20.00	1004	25.48
3T-(A-20)60m	8.45	175	20.00	1075	27.12
3T-(B-20)60m	8.38	169	20.00	1078	27.16
3T-(C-20)60m	8.42	170	20.00	1076	27.10
3T-(A-30)60m	8.75	185	20.00	1085	28.23
3T-(B-30)60m	8.78	187	20.00	1090	28.32
3T-(C-30)60m	8.80	190	20.00	1098	28.40

3T (tercer tratamiento); repetición (A, B, C); concentración (10,20,30); tiempo (60min). Método potenciométrico

Se observa que el ítem T60-(3-10) correspondiente al tratamiento con un tiempo de 60 minutos y un agregado de 10 gramos de exoesqueleto de langostino molido, es el que presenta un pH de 7.70, siendo este el menor de toda la tabla.

Tabla 20 Tercer tratamiento: Reduccion del cromo (VI)

Código	Cr ⁺⁶ en H ₂ O (60 minutos) (mg/L)	Cr ⁺⁶ en el lodo (60 minutos) (mg/L)	DQO (mgO ₂ /L)	OD (mgO ₂ /L)
3T-(A-10)60m	0.91	1.93	935	4.58
3T-(B-10)60m	0.90	1.93	930	4.63
3T-(C-10)60m	0.89	1.94	933	4.51
3T-(A-20)60m	0.85	1.99	920	4.70
3T-(B-20)60m	0.84	1.99	912	4.79
3T-(C-20)60m	0.84	1.99	900	4.82
3T-(A-30)60m	0.61	2.22	865	4.94
3T-(B-30)60m	0.60	2.23	878	4.98
3T-(C-30)60m	0.57	2.26	881	4.97

Método espectrofotometría UV – Método Winkler

Se aprecia que el ítem 3T-(C-30)60m correspondiente al tratamiento con un tiempo de 60 minutos y un agregado de 30 gramos de exoesqueleto de langostino molido, es el que presenta una concentración de Cr en agua de 0.5786, siendo este el menor de toda la tabla.

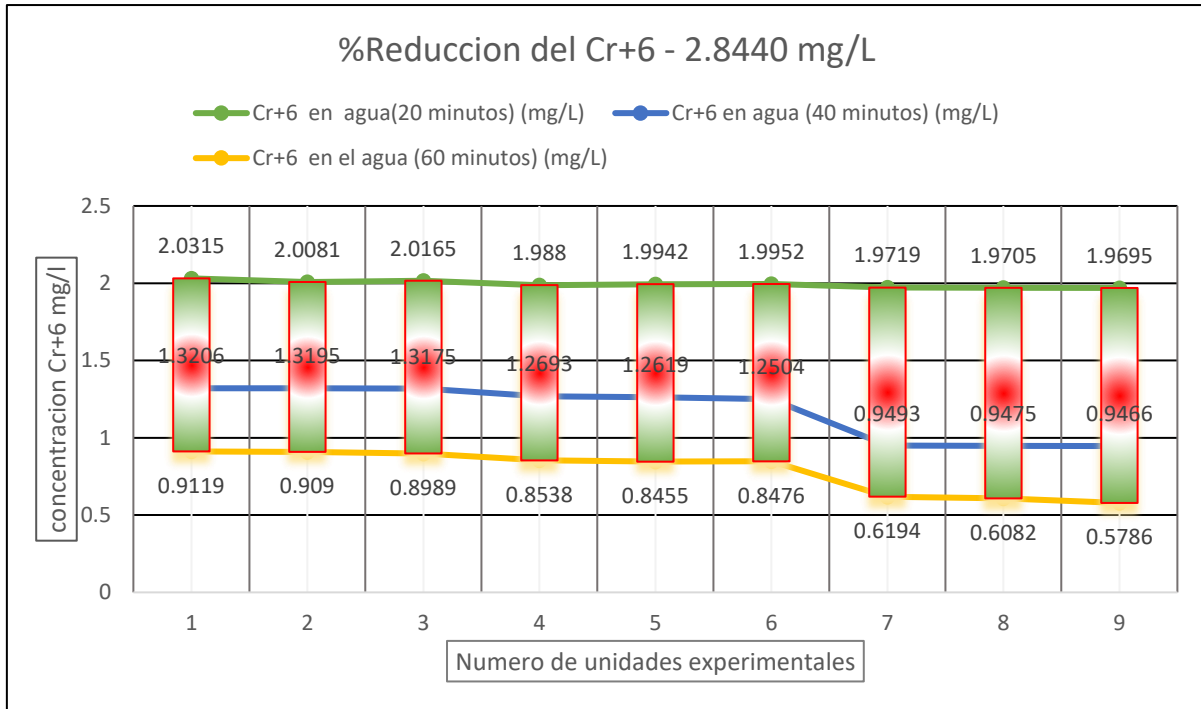


Figura 8 Porcentaje de reduccion del cromo (VI)

Se pudo observar cómo es que en cada tratamiento el cromo hexavalente fue reduciendo hasta llegar a un porcentaje de reducción del 79.66%

Tabla 21 Porcentaje de remocion del cromo (VI) en la solucion acuosa

Cromo VI – 2.8440 Cr ⁺⁶	mg/L
Reduccion = $\frac{Cf - Ci}{CF} \times 100$	%
	79.66

3.6. Analisis estadístico

Estadísticas descriptiva

Tabla 22 Descriptivo de la concentracion de cromo (VI)

Estadísticos

Concentración		
N	Válido	27
	Perdidos	0
Mediana		1,262
Desv. Desviación		,528
Media		1,319
Varianza		,279
Máximo		2,0315
Mínimo		,5786

Se puede observar en la tabla 22 que la media es de 1.319 mg/L, la desv. estándar de 0,528, teniendo como concentración promedio de cromo 1,262 mg/L. El valor máximo es de 2,03 y el menor valor ha sido 0,58.

Tabla 23 Descriptivo sobre parametros del agua contaminada con cromo (VI) despues del tratamiento

		pH	DQO	Turbidez	DBO
N	Válido	27	27	27	27
	Perdidos	0	0	0	0
Desviación		,56341	174,81116	26,45612	143,61378
Mediana		7,7500	933,0000	50,1800	674,0000
Media		7,9011	1034,4074	54,6552	696,9259
Varianza		,317	30558,943	699,926	20624,917
Máximo		8,80	1298,00	96,86	899,00
Mínimo		7,02	865,00	25,00	523,00

Como se observa en la tabla 23 que el pH, DQO, turbidez y DBO, muestran una media de 7,901 pH; 1034,407 mg/L; 54,655 ntu; 696,926 mg/L; respectivamente y en promedio obtiene 7,750 pH; 933,000 mg/L; 50,180 ntu; 674.000 mg/L.

Hipótesis General

Se realizará la prueba de normalidad para saber si la concentración de cromo (VI) presente en la solución presentan o no una distribución normal:

Hipótesis Alternativa: La muestra de cromo (VI) presenta una distribución normal

Hipótesis Nula: La muestra de cromo (VI) no presenta una distribución normal

Tabla 24 Concentración final de cromo (VI) en H₂O

	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración final de cromo en el agua	,225	27	,001	,846	27	,001

En la tabla 24 para el análisis de la muestra se toma en cuenta el valor obtenido en Shapiro-Wilk ya que poseemos 27 datos y dicho test aplica para datos <30, la cual tiene un sig de 0,001 que es menor al p valor ($\alpha < 0.05$), rechazándose de esta manera la hipótesis nula y afirmándose que la variable cromo (VI) en la muestra posee una distribución normal, por lo que es paramétrico.

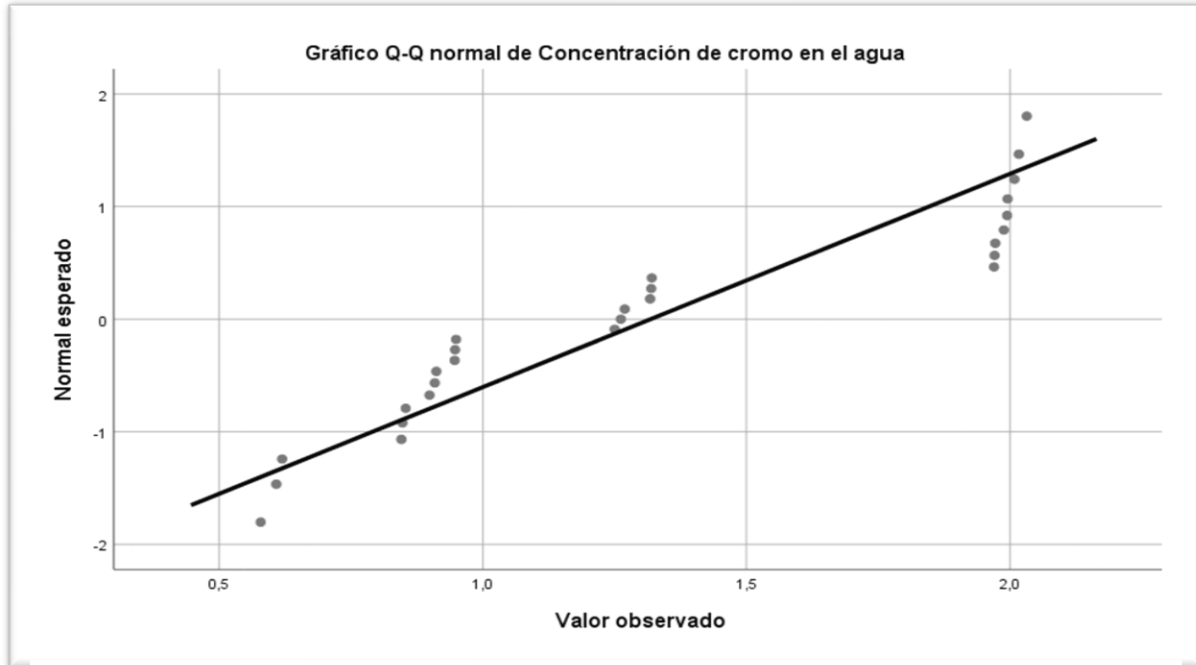


Figura 9 Concentracion de cromo (VI)

Hipótesis Nula: El exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) NO influyen en la reducción del cromo VI en la solución acuosa.

Hipótesis Alternativa: El exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influyen en la reducción del cromo VI en la solución.

Tabla 25 Concentracion de cromo (VI) en el tratamiento

Prueba de T Student

Muestra	Media	Desv. Error promedio	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Concentración Cr VI- Tratamiento 1 - Concentración Cr VI- Tratamiento 3	,0405857	,0405857	,1217570	1,1144648	1,3016463	29,766	8	,000

Se muestra en la anterior tabla (N° 25) las concentraciones de los tratamientos mediante la prueba T Student para poder ver cuál de las dos supuestas hipótesis se aceptan. El P-valor (T de Student) obtenido es de 0, siendo menor al valor de $\alpha < 0.05$, eso quiere significar que se rechazaría la hipótesis nula aceptándose que el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influyen en la reducción del cromo VI en la solución acuosa.

Hipótesis Específicas

De la misma forma que la hipótesis general, se procederá a analizar mediante análisis estadísticos de la siguiente manera:

Hipótesis Nula: Las características físico – químicas del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) NO disminuirán el cromo VI presente en la solución.

Hipótesis Alterna: Las características físico – químicas del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) disminuirán el cromo VI presente en la solución.

Tabla 26 Prueba de Normalidad de parámetros físico-químicos

Prueba de normalidad

Parámetros	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	,321	27	,000	,727	27	,000
pH	,134	27	,200*	,933	27	,081
Turbidez	,210	27	,004	,855	27	,001
OD	,279	27	,000	,761	27	,000
DBO	,182	27	,022	,845	27	,001

La tabla N° 26 se observa que tomando en cuenta los resultados obtenidos con la prueba de Shapiro-Wilk, la mayoría poseen valores menores a $\alpha < 0.05$, dando como resultado que los parámetros de agua contaminada con Cr VI tienen una distribución normal.

Tabla 27 Prueba de parametros fisico-quimicos con la T de Student

Prueba T de Student

Parámetros	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
DQO	30,747	26	,000	1034,40741	965,2544	1103,5604
pH	72,869	26	,000	7,90111	7,6782	8,1240
Turbidez	10,735	26	,000	54,65519	44,1895	65,1209
OD	20,878	26	,000	3,93126	3,5442	4,3183
DBO	25,216	26	,000	696,92593	640,1142	753,7376

En la tabla se aprecia que los parámetros analizados en la prueba T de Student tienen resultados igual a 0, siendo menores al valor de $\alpha < 0.05$, por lo que se niega la hipótesis nula y se confirma que los parámetros físicos – químicas del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) disminuirán el cromo VI presente en la solución acuosa.

Hipótesis Nula: La dosis óptima del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) No influirán en la reducción del cromo VI en una solución.

Hipótesis Alternativa: La dosis óptima del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influirán en la reducción del cromo VI en una solución.

Tabla 28 Prueba de Normalidad de la influencia de la dosis en la concentración de cromo (VI) en agua

	Normalidad			Normalidad		
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosis	,219	27	,002	,796	27	,000
Concentración de cromo en el agua	,225	27	,001	,846	27	,001

En la tabla 28 se observa que el valor mayor de significancia es de 0,001 ($p < 0.05$), rechazándose la hipótesis nula y afirmándose que la dosis con respecto a la concentración de Cromo (VI) presenta una distribución normal.

Tabla 29 Prueba T de Student sobre la influencia de la dosis en la concentración de cromo (VI)

Prueba T de Student

	t	gl	Sig. (bilateral)	Valor de prueba = 0		
				Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior	
Concentración de cromo en el agua	12,981	26	,000	1,3185519	1,109753	1,527350
Dosis	43,715	26	,000	70,00000	66,7085	73,2915

En la tabla 29 se aprecia que la dosis analizada en la prueba de T de Student tiene un resultado igual a 0, siendo el valor menor a $\alpha < 0.05$; por lo que, se niega la hipótesis nula y se confirma que la dosis óptima del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influirán en la reducción del cromo VI en una solución acuosa.

Hipotesis Nula: Los tiempos de tratamiento con el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) NO provocaran efectos de reducción del cromo VI en la solución.

Hipótesis Alternativa: Los tiempos de tratamiento con el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) provocaran efectos de reducción del cromo VI en la solución.

Tabla 30 Prueba con respecto al tiempo de los tratamientos

Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo	,219	27	,002	,796	27	,000
Concentración de cromo en el agua	,225	27	,001	,846	27	,001

En la tabla 30 se observa que se tiene una significancia de 0,001 ($p < 0.05$), negándose la hipótesis nula y confirmándose que los tiempos poseen una distribución normal con respecto a la concentración de Cr (VI).

Tabla 31 Prueba del tiempo analizado en la T de Student

Prueba T de Student

	t	gl	Sig. (bilateral)	Valor de prueba = 0		
				Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior	
Concentración de cromo en el agua	12,981	26	,000	1,3185519	1,109753	1,527350
Tiempo	12,490	26	,000	40,00000	33,4170	46,5830

En la tabla se puede observar que el valor $p=0$ (<0.05); por lo tanto, se niega la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alternativa, la cual afirma que los tiempos de tratamiento con el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) provocaran efectos de reducción del cromo VI en la solución acuosa.

H₀: La reducción del cromo VI presente en la solución acuosa NO será mayor al 50% utilizando el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*)

H₁: La reducción del cromo VI presente en la solución acuosa será mayor al 50% utilizando el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*)

Tabla 32 Porcentaje de reducción - Normalidad

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de Reducción	,225	27	,001	,846	27	,001

En la tabla 32 se observa que se tiene una significancia de 0,001 ($p < 0.05$), negándose la hipótesis nula y confirmando que la reducción de cromo (VI) es superior al 50%.

Tabla 33 Porcentaje de reducción - T de Student
Prueba T de Student

	t	gl	Sig. (bilateral)	Valor de prueba = 0		
				Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior	
Porcentaje de Reducción	15,017	26	,000	53,63741	46,2957	60,9791

De la tabla superior se puede apreciar que el valor $p=0$ (< 0.05); por lo tanto, se niega la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alternativa que afirma que la reducción del cromo (VI) presente en la solución acuosa será mayor al 50% utilizando el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*)

CAPITULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

4.1. Discussion

- A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis general, que establece que el exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) influyen en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa. Estos resultados guardan relación con lo mencionado por (Medina, 2008), (Nieto Orellana & Orellana Ulloa, 2011), (Tafur Bravo & Quevedo Salas, 2014) y (Lopez & Maldonado, 2017), quienes señalan que tanto el exoesqueleto de langostino, como el mucilago de la hoja de tuna, debido a sus propiedades, influyen significativamente en la reducción del metal cromo. Ello es acorde con lo que en esta investigación se halla.
- Sin embargo, en lo que no concuerda el estudio de los mencionados autores con el presente, es que las muestras orgánicas no fueron utilizadas en conjunto, por lo que, el porcentaje de reducción y/o remoción del metal cromo fue variable, no acercándose al 79.76 % de reducción obtenido en esta investigación.
- En lo que respecta a la relación de las características físico – químicas del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*), con la disminución el cromo (VI) presente en la solución acuosa, en este estudio se dio a conocer la influencia significativa de estos. Lo que concuerda con lo dicho por (Bravo Gallardo, 2017), que resaltó la importancia de tener en cuenta los efectos de algunas características como el pH. En cambio, (Nieto Orellana & Orellana Ulloa, 2011) menciona que ciertas características como el pH del exoesqueleto de langostino, cuyos valores fueron de 5, 7 y 9, no incurren significativamente en el rendimiento del proceso.

- Contrariamente (Torres Bustillos, Carpintheyro-Urban, & Orozco, 2013) y (Torres, Carpintheyro-Urban, & Vaca, 2012) encontraron en su estudio que ciertas características físico-químicas como el pH y sus valores, influyen en la reducción del metal pesado cromo, ya que, a pH 5 reportaron la máxima eliminación con valores de 91% de turbidez y de 88% de la DQO.
- En lo que concierne a la influencia de la dosis óptima del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) en la reducción del cromo (VI) en la solución acuosa. Se encontró que (Buitron Ortega, 2015) evaluó la biosorción de cromo hexavalente en función de la cantidad de quitosano (polímero derivado del exoesqueleto de langostino) a diferentes dosis (1,3 y 5 g), de la cual, aquella con 5 g de dosis fue la que obtuvo el mayor grado de remoción, siendo esta su dosis óptima.
- En cuanto al porcentaje de reducción de cromo (VI) mayor a 50% planteado en el presente estudio, esto coincide con lo investigado por (Nieto Orellana & Orellana Ulloa, 2011), que obtuvieron porcentajes de remoción de entre 40 – 90%, siendo los porcentajes de remoción mayores a 50% los más abundantes en sus resultados. Lo mismo con (Tafur Bravo & Quevedo Salas, 2014), quienes obtuvieron remociones superiores al 45% en cada parámetro de su estudio. Caso contrario lo investigado por (Buitron Ortega, 2015), que evaluó la biosorción de cromo hexavalente utilizando quitosano (polímero derivado del exoesqueleto de langostino), y cuyo porcentaje de remoción fue del 46.86%.

4.2. Conclusiones

- En este trabajo se determinó la influencia del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa, la cual fue significativa.
- Se determinó los parámetros físico-químicos del exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) para el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI) que fueron los siguientes: para el exoesqueleto de langostino y el mucilago de la hoja de tuna se determinó un nivel de pH de 8.18 y 5.8 respectivamente. La temperatura varía en 1 °C en el exoesqueleto de langostino respecto de la hoja de tuna. La variación del potencial redox fue de 5 mV para el exoesqueleto de langostino respecto de la hoja de tuna.
- Se halló que el nivel de turbidez de la solución acuosa con cromo (VI) fue de 22.1 NTU, este valor es alto según la organización mundial de la salud, ya que la turbidez del agua no debe superar los 5 NTU.
- Se determinaron las dosis óptimas de exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*) en el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI) para los tres tratamientos, estas dosis fueron las siguientes: para el caso del mucilago de la hoja de tuna, la dosis se mantuvo constante durante los tratamientos, correspondiente a 50 ml. Para el caso del exoesqueleto de langostino, en los tres tratamientos, la dosis óptima fue de 30 gramos, y lo que varió fue el tiempo de estancia.
- Se afirma que el tiempo de contacto de los bioadsorbentes con la solución acuosa para la reducción de cromo hexavalente influye significativamente. Ya que desde los 20 minutos de contacto se lleva a cabo una reducción significativa, siendo que, a los 60

minutos de contacto, la reducción de cromo hexavalente alcanza su máximo para esta investigación.

- Se evaluó la reducción del cromo (VI) en la solución acuosa, utilizando exoesqueleto de langostino (*L. vannamei*) y el mucilago de la hoja de tuna (*O. ficus-indica*), por lo cual se concluye que, a un tiempo de contacto de 60 minutos, con una dosis de 50 ml para el mucilago de la hoja de tuna y 30 gramos para el exoesqueleto de langostino, se alcanza un porcentaje de reducción del 79.66% de cromo hexavalente. De una concentración inicial de 2.8440 mgCr+6/L a una concentración final de 0.5786 mgCr+6/L.

REFERENCIAS

- Acosta, I., Sandoval, P., Bautista, D., Hernandez, N., Cardenas, J., & Martinez, V. (2011). BIOADSORCIÓN DE CROMO (VI) POR LA CASCARA DE MAMEY (*Mammea americana* L.). *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 1-9.
- Amaya Robles, J. E. (2009). *El cultivo de tuna*. Gerencia regional agraria La Libertad, Trujillo. Recuperado el 2021, de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1908157/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf.pdf>
- Andia Cardenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*. Lima: SEDAPAL.
- Andrade Rivera, C. E. (2015). Tratamiento de aguas contaminadas con crudo utilizando quitosano como adsorbente. *Universidad Central del Ecuador*. Ecuador.
- Barcelona, U. d. (s.f.). Obtenido de http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap5-6.htm
- Bravo Gallardo, M. A. (2017). Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Bogotá, Colombia.
- Buitron Ortega, D. E. (2015). Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano. *Universidad Central del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Chavez Vasquez, J. P., & Cholan Minchan, J. M. (2018). Evaluación del mucilago de *Opuntia ficus-indica* en la reducción de metales en drenaje ácido de mina de la quebrada Honda - Colquirrumi S.A. Cajamarca, Peru.
- Choque Quispe, D., Choque Quispe, Y., Solano Reynoso, A., & Ramos Pacheco, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes en el tratamiento de agua. 298-309.
- Cisneros, C. (16 de Marzo de 2016). Recuperado el 2020, de FONDECYT: <https://www.fondecyt.gob.pe>
- Eco-Intellutions Soluciones Sustentables. (12 de Marzo de 2019). Obtenido de <http://www.ecointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/aguas-industriales-por-que-son-tan-peligrosas>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (6 de Enero de 2018). Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/las-aguas-residuales-caracter-industrial-demanda-complejidad/>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. Mexico: McGRAW-HILL.

- Hernandez, I., Herver, R., Olivos, M., & Marquez, C. (2016). Elaboracion de un hidrogel a partir de quitosano para la eliminacion de metales pesados (Cu) en una muestra modelo de agua. *Simulacion y Laboratorio*, 3(9), 16-21.
- IBM. (s.f.). Obtenido de <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/SaaS?topic=tests-one-sample-kolmogorov-smirnov-test>
- Lopez, E., & Maldonado, S. (2017). Determinacion de la factibilidad del uso de Opuntia ficus-indica como material biosorbente para la retencion de cromo hexavalente (Cr+6). *Revista de Energia Quimica y Fisica*, 4(13), 1-11.
- Lopez, J. F. (s.f.). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/media.html>
- Lopez, J. F. (s.f.). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/varianza.html>
- Lopez, J. F. (s.f.). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/desviacion-tipica.html>
- Lozada, J. (2014). Investigacion Aplicada: Definicion, Propiedad Intelectual e Industria. *CIENCIAMERICA*, 34-39.
- Marco Sanjuan, F. J. (s.f.). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/mediana.html>
- Medina, E. C. (2008). Estudio de la adsorcion de cromo hexavalente utilizando como biomaterial la ectodermis de opuntia. *Quivera*, 10(1), 16-31.
- Mendez, M. (Agosto de 1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y rios de la costa del Perú. *Instituto de Mar del Peru*, 5.
- Mishra, A., Agarwal, M., Bajpai, M., Rajani, S., & Mishra, R. P. (Diciembre de 2002). Plantago Psyllium Mucilage For Sewage and Tannery Effluen Treatment. Kanpur, India.
- Nharingo, T., Zivurawa, M., & Guyo, U. (2015). Exploring the use of cactus Opuntia ficus indica in the biocoagulation–flocculation of Pb(II) ions from wastewaters. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3791-3802.
- Nieto Orellana, C. R., & Orellana Ulloa, V. P. (2011). Aplicacion del quitosano como promotor de floculacion para disminuir la carga contaminante. *Universidad Politecnica Salesiana*. Cuenca, Ecuador.
- OMS. (23 de Agosto de 2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. (1997). *PRODUCCIÓN Y MANEJO DE DATOS DE COMPOSICION QUÍMICA DE ALIMENTOS EN NUTRICIÓN*. Santiago.
- Plaza Cazon, J. (2012). Remocion de metales pesados empleando algas marinas. Argentina.

- Reyes Hurtado, G. A. (Octubre de 2009). Evaluación microbiológica del medio acuático y productividad primaria en la producción de larva de camarón marino (*Litopenaeus vannamei*) en laboratorio según estación del año. *Tesis*. Guatemala.
- Rodríguez Martínez, M. L. (2011). Adsorción de metales pesados mediante biocompuestos con base en quitina de diferentes grados de acetilación. *Instituto Potosino de investigación científica y tecnológica*, A.C. San Luis de Potosí, México.
- Rosique Hueso, M. (2013). Bioadsorción de cadmio por biomasa de *Opuntia*. *Universidad Politécnica de Cartagena*. Cartagena, Colombia.
- Saenz, C., Berger, H., Corrales García, J., Galletti, L., García de Cortazar, V., Higuera, I., . . . Varnero, M. T. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*.
- Salazar Pinto, B., Cutipa Luque, J., Ramírez Valverde, G., Juyo Salazar, R., Paredes Fuentes, J., & Villanueva Salas, J. (2016). Estudio de la contaminación por cromo (Cr) en el río Chili y parque industrial de río seco (PIRS), Arequipa - Perú 2015-2016. *Véritas*, 16(1), 43-46.
- Scientific European Federation Osteopaths. (s.f.). Obtenido de <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Prueba-t-de-Student.pdf>
- Severiche Sierra, C. A., & González García, H. (2013). VERIFICACIÓN ANALÍTICA PARA LAS DETERMINACIONES DE CROMO HEXAVALENTE EN AGUAS POR ESPECTROFOTOMETRÍA. *Ing. USBMed*, 4(1), 22-26.
- Tafur Bravo, L. K., & Quevedo Salas, R. K. (2014). Alternativa para el tratamiento de aguas residuales cromadas con quitosano extraído del exoesqueleto de camarón. *Universidad de Tolima*. Ibagué, Tolima, Colombia.
- Toledo Palomino, M. E. (2014). *Obtención y caracterización de quitosano a partir de los residuos sólidos de la industria de langostinos*. Universidad Nacional del Callao, Lima.
- Torres Bustillos, L. G., Carpinteyro-Urban, S., & Orozco, C. (2013). Production and characterization of *Opuntia ficus-indica* mucilage and its use as coagulant-flocculant aid for industrial wastewaters. *International Journal of Biotechnology Research*, 1(3), 38-45.
- Torres, L., Carpinteyro-Urban, S., & Vaca, M. (2012). Use of *Prosopis laevigata* seed gum and *Opuntia ficus-indica* mucilage for the treatment of municipal wastewaters by coagulation-flocculation. *Scientific Research*, 35-41.
- Verdugo Vergara, J. F. (Mayo de 2017). BIOADSORCIÓN DE IONES DE PLOMO Y CROMO PROCEDENTES DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO LA CASCARA DE LA MANDARINA (*Citrus reticulata* var. *clementina*). Cuenca.
- Villabona Ortiz, A., Paz Astudillo, I. C., & Martínez García, J. (Julio de 2013). Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XV, 137-144.

ANEXOS

Anexo 01.

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN ACUOSA (Cr VI)

ELABORADO POR											
CONTAMINANTE			FECHA								
PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS											Concentración de Cr
Oxígeno Disuelto	Demanda Química de Oxígeno	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Sólidos Totales	Sólidos Disueltos Totales	Sólidos Suspendedos Totales	Temperatura	Potencial de Hidrógeno	Conductividad Eléctrica	Potencial Redox	Turbidez	
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	°C	pH	uS/cm	Eh	NTU	
OBSERVACIONES											

Anexo 02.

FICHA DE REDUCCION DEL CROMO (VI) EN LA SOLUCION ACUOSA

ELABORADO POR													
NUMERO DE MUESTRAS		COAGULANTE				FLOCULANTE				FECHA			
Rotulo o codificación de la muestra	Dosis empleada	Concentración final de Cr en agua (mg/L)	PARAMETROS FISICO - QUIMICOS										
			Oxígeno Disuelto (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Solidos Totales (mg/L)	Solidos Disueltos Totales (mg/L)	Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	Temperatura (°C)	Potencial de Hidrógeno (pH)	Conductividad Eléctrica (uS/cm)	Potencial Redox (Eh)	Turbidez (NTU)

Anexo 03.

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DEL EXOESQUELETO DE LANGOSTINO

ELABORADO POR					
MUESTRA					OBSERVACIONES
PARAMETROS DE MEDICION					
Temperatura	Potencial de Hidrogeno	Conductividad Eléctrica	Potencial Redox		
°C	pH	uS/cm	Eh		

Anexo 04.

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA HOJA DE TUNA

ELABORADO POR					
MUESTRA					OBSERVACIONES
PARAMETROS DE MEDICION					
Temperatura	Potencial de Hidrogeno	Conductividad Eléctrica	Potencial Redox		
°C	pH	uS/cm	Eh		

Anexo 05. Analisis de agua contaminada con cromo (VI)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE AGUA CONTAMINADA CON CROMO

Solicitado por: **JOEL SANTIAGO AGUILAR LOYOLA**

Procedencia de la Muestra: Contaminada en laboratorio

Recepción de la Muestra: 28 / 08 / 2020

Caracterización del Agua Inicial

Código	Temperatura °C	pH ácido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mV	Cr (mg/L)
SAI – Cr ⁺⁶	20.00	7.56	11200	125	2.8440

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Turbidez NTU
SAI – Cr ⁺⁶	1482	785	697	22.1

Código	Oxígeno disuelto (mgO ₂ /L)	Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO ₂ /L)
SAI – Cr ⁺⁶	2.15	1358	945.00

Métodos: Potenciométrico, EPA 3050, Gravimétrico, Winkler

Lima, 31 de Agosto del 2020



MSc. Atilio Méndez A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1302 - Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 06. Analisis de los tratamientos con cromo (VI)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE LOS TRATAMIENTOS DE AGUA CON CROMO

Solicitado por: **JOEL SANTIAGO AGUILAR LOYOLA**

Procedencia de la Muestra: Contaminada en laboratorio

Recepción de la Muestra: 07 / 09 / 2020

Primer Tratamiento del Agua con Cr en 20 minutos

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno pH,(ácido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mV	Turbidez NTU
T20-(1-10)	20.00	7.02	1290	100	78.00
T20-(2-10)	20.00	7.05	1284	101	78.23
T20-(3-10)	20.00	7.10	1278	112	78.10
T20-(1-20)	20.00	7.35	1263	126	90.12
T20-(2-20)	20.00	7.39	1258	128	90.58
T20-(3-20)	20.00	7.42	1250	139	90.85
T20-(1-30)	20.00	7.58	1230	140	96.56
T20-(2-30)	20.00	7.68	1243	145	96.86
T20-(3-30)	20.00	7.72	1235	152	96.78

Código	Cromo (VI) en el agua (mg/L)	Cromo (VI) en lodo (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO ₂ /L)	Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)
T20-(1-10)	2.0315	0.8125	2.563	1298
T20-(2-10)	2.0081	0.8359	2.751	1296
T20-(3-10)	2.0165	0.8275	2.660	1293
T20-(1-20)	1.9880	0.8560	2.546	1290
T20-(2-20)	1.9942	0.8498	2.548	1288
T20-(3-20)	1.9952	0.8488	2.568	1285
T20-(1-30)	1.9719	0.8721	2.586	1245
T20-(2-30)	1.9705	0.8735	2.594	1238
T20-(3-30)	1.9695	0.8745	2.598	1234

Métodos: Potenciométrico, Winkler, EPA 3050, Fotométrico

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1302 - Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 07.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Segundo Tratamiento del Agua con Cr en 40 minutos

Código	Cromo (VI) en el agua (mg/L)	Cromo (VI) en lodo (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO ₂ /L)	Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)
T40-(1-10)	1.3206	1.5234	4.32	956
T40-(2-10)	1.3195	1.5245	4.21	965
T40-(3-10)	1.3175	1.5265	4.29	954
T40-(1-20)	1.2693	1.5645	4.35	920
T40-(2-20)	1.2619	1.5721	4.41	915
T40-(3-20)	1.2504	1.5835	4.38	910
T40-(1-30)	0.9493	1.8945	4.54	900
T40-(2-30)	0.9475	1.8965	4.62	898
T40-(3-30)	0.9466	1.8974	4.69	890

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO ₂ /L)
T40-(1-10)	1155	805	350	652
T40-(2-10)	1151	815	336	645
T40-(3-10)	1158	820	338	650
T40-(1-20)	1165	835	330	662
T40-(2-20)	1170	841	329	674
T40-(3-20)	1179	853	326	680
T40-(1-30)	1190	876	314	685
T40-(2-30)	1196	885	311	690
T40-(3-30)	1193	890	303	694

Métodos: EPA 3050, Gravimétrico, Winkler

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1302 - Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 08.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Tercer Tratamiento del Agua con Cr en 60 minutos

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno pH,(ácido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV	Turbidez NTU
T60-(1-10)	20.00	7.85	1000	140	25.00
T60-(2-10)	20.00	7.75	1005	139	25.32
T60-(3-10)	20.00	7.70	1004	135	25.48
T60-(1-20)	20.00	8.45	1075	175	27.12
T60-(2-20)	20.00	8.38	1078	169	27.16
T60-(3-20)	20.00	8.42	1076	170	27.10
T60-(1-30)	20.00	8.75	1085	185	28.23
T60-(2-30)	20.00	8.78	1090	187	28.32
T60-(3-30)	20.00	8.80	1098	190	28.40

Código	Cromo (VI) en el agua (mg/L)	Cromo (VI) en lodo (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO ₂ /L)	Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /L)
T60-(1-10)	0.9119	1.9321	4.58	935
T60-(2-10)	0.9090	1.9350	4.63	930
T60-(3-10)	0.8989	1.9451	4.51	933
T60-(1-20)	0.8538	1.9902	4.70	920
T60-(2-20)	0.8455	1.9985	4.79	912
T60-(3-20)	0.8476	1.9964	4.82	900
T60-(1-30)	0.6194	2.2246	4.94	865
T60-(2-30)	0.6082	2.2358	4.98	878
T60-(3-30)	0.5786	2.2654	4.97	881

Métodos: EPA 3050, Gravimétrico, Winkler, Fotométrico

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1302 - Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 09.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Tercer Tratamiento del Agua con Cr en 60 minutos

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO ₂ /L)
T60-(1-10)	1100	825	275	554
T60-(2-10)	1098	830	268	548
T60-(3-10)	1096	833	263	550
T60-(1-20)	1145	889	256	540
T60-(2-20)	1168	887	281	542
T60-(3-20)	1158	890	268	545
T60-(1-30)	1170	895	275	529
T60-(2-30)	1176	898	278	532
T60-(3-30)	1179	899	280	523

Métodos: Gravimétrico, Winkler

Lima, 11 de Setiembre del 2020


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1302 - Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 10. Cuadro de operacionalizacion de variable dependiente

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida
Reducción del Cromo (VI) en solución acuosa	El cromo es un elemento químico que se puede encontrar en el suelo, rocas, animales y plantas; el cromo hexavalente es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales.	La disminución del cromo (VI) presente en el agua como contaminante fue analizado mediante parámetros físico-químicos del H ₂ O, la concentración y la reducción del mismo.	Análisis fisicoquímicos del con Cromo (VI) en la solución.	Conductividad eléctrica	μS/cm
				Demanda química de oxígeno	mg/L
				Oxígeno disuelto	mgO ₂ /L
				pH	acido/base
				Potencial redox	mV
				Solidos disueltos	mg/L
				Solidos suspendidos totales	mg/L
				Solidos totales	mg/L
				Temperatura	°C
			Turbidez	NTU	
			Concentración	Cromo VI	mg/L
			Reducción	$\text{Reduccion} = \frac{C_f - C_i}{C_i} \times 100$	%

Anexo 11. Cuadro de operacionalización de variable independiente

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida			
Exoesqueleto de langostino y mucilago de la hoja de tuna	Los coagulantes-floculantes naturales se consideran una fuente alternativa con un gran potencial, debido a que son biodegradables y no generan daños al medio ambiente.	El uso del exoesqueleto de langostino y el mucilago de la hoja de tuna como coagulantes-floculantes implica la valoración de su caracterización, la dosis, y el método desarrollado para su tratamiento.	Caracterización del exoesqueleto de langostino y mucilago de la hoja de tuna	Alcalinidad	%			
				CaCO ³	mg/L			
				Concentración del mucilago	%			
				Conductividad eléctrica	μ/cm			
						pH	acido/base	
						Dosis del exoesqueleto de langostino y mucilago de la hoja de tuna	A B C	%
						Reducción	D E F	%

Anexo 12. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué manera el exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) influyen en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Cuáles son las características físico-químico iniciales del exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) para el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI)? ▪ ¿Cuáles serán las dosis de exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) en el tratamiento de 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la influencia del exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar los parámetros físico-químico del exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) para el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI) ▪ Determinar los pesos óptimos de exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) en el tratamiento de la solución acuosa con cromo (VI) 	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>H1. El exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) influyen en la reducción del cromo (VI) en la solución acuosa.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ H2. Las características físicas – químicas del exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) disminuirán el cromo (VI) presente en la solución acuosa. ▪ H3. La dosis óptima del exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) influirán en la reducción del cromo (VI) en una solución acuosa. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Exoesqueleto de langostino y mucilago de la hoja de tuna.</p> <p>Indicadores de la V.I:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Alcalinidad ○ CaCO₃ ○ Concentración del mucilago ○ Conductividad eléctrica ○ pH ○ A ○ B ○ C ○ D ○ E ○ F <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Reducción del Cromo (VI)</p> <p>Indicadores de la V.D:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Conductividad eléctrica ○ DQO ○ OD

<p>la solución acuosa con cromo (VI)?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Cuál será el porcentaje de reducción del cromo (VI) en la solución acuosa, utilizando el exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) después del tratamiento? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluar la reducción del cromo (VI) en la solución acuosa, utilizando exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>) después del tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ H4. La reducción del cromo (VI) presente en la solución acuosa será mayor al 50% utilizando el exoesqueleto de langostino (<i>L. vannamei</i>) y el mucilago de la hoja de tuna (<i>O. ficus-indica</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ○ pH ○ Potencial redox ○ Solidos disueltos ○ Solidos suspendidos totales ○ Solidos totales ○ Temperatura ○ Turbidez ○ Cromo VI ○ $Reduccion = \frac{Cf - Ci}{Ci} \times 100$
--	--	---	---