



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

"Uso del quitosano comercial y el obtenido de pluma de pota (*Dosidicus gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la Cuenca Baja del Río Chillón a nivel laboratorio, Lima 2018"

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

**AUTORA:**

CERCEDO CAJAS, DONNY LUCÍA

**ASESOR:**

DR. ELMER BENITES ALFARO

**LINEA DE INVESTIGACION:**

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

**LIMA - PERÚ**

**2018**

**JURADO**

.....

**Presidente**

**Mg. Haydeé Suarez Alvites**

.....

**Vocal**

**Mg. Carmen Aylas Humareda**

.....

**Secretario**

**Dr. Elmer Benites Alfaro**

### **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis en primer lugar a Dios que ilumina mi camino, a mi familia por todo el apoyo brindado durante mi formación universitaria, a mis amigos que siempre me dan ánimos para continuar con mis metas a realizar. Por último, a la Universidad César Vallejo por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso un profundo agradecimiento a todas las personas que me apoyaron a cumplir esta meta, que será el pilar de muchas metas a lograr en el transcurso de mi vida profesional, a mi casa de estudios “Universidad Cesar Vallejo” por todo el apoyo institucional que me fue brindado en éste proceso universitario, a mi asesor el Dr. Elmer Benites Alfaro por brindarme su tiempo y conocimientos para poder culminar con el desarrollo de mi tesis, a la RUA Nodo UCV que me acogió y me dieron la oportunidad de ser una agente de cambio, a mi familia y amigos cercanos que siempre me dieron fuerza y ánimos para continuar mi formación universitaria.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Donny Lucía Cercedo Cajas, identificada con DNI N° 7444089, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

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

---

Donny Lucía Cercedo Cajas

DNI: 74444089

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la tesis titulada **"Uso del quitosano comercial y el obtenido de pluma de pota (*Dosidicus gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la Cuenca Baja del Río Chillón a nivel laboratorio, Lima 2018"**, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación

## INDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	V
PRESENTACIÓN .....	VI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1 Realidad Problemática.....	3
1.2 Trabajos previos.....	4
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	11
1.4 Formulación del problema .....	22
1.1.1 Problema General .....	22
1.1.2 Problemas Específicos.....	22
1.5 Justificación del estudio .....	23
1.6 Hipótesis .....	23
1.6.1 Hipótesis General.....	23
1.6.2 Hipótesis Específicas .....	24
1.7 Objetivos .....	24
1.7.1 Objetivo General .....	24
1.7.2 Objetivos Específicos.....	24
2. MÉTODO.....	25
2.1 Tipo, Nivel y diseño.....	25
2.1.1 Tipo de investigación .....	25
2.1.2 Nivel de investigación .....	25
2.1.3 Diseño de investigación .....	25
2.2 Variables y Operacionalización .....	28
2.3 Población y muestra .....	29
2.3.1 Población .....	29
2.3.2 Muestra.....	29
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	29
2.4.1 Técnicas .....	29
2.5 Métodos de análisis de datos .....	33

2.6 Aspectos éticos.....	34
3. RESULTADOS.....	34
3.1 Caracterización de la cuenca del río Chillón: .....	34
3.2 Eficiencia de remoción del quitosano comercial y quitosano natural (E%): .....	37
3.3 Dosis óptima en el tratamiento de agua con quitosano comercial y quitosano natural en parámetros físicos y químicos: .....	39
3.4 Capacidad de adsorción de cobre con quitosano comercial y natural (qeq): .....	56
3.5 Análisis Estadístico: .....	58
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	81
5. CONCLUSIONES .....	82
6. RECOMENDACIONES .....	82
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	83
8. ANEXOS .....	86
ANEXO 1: Ubicación del área de estudio .....	86
ANEXO 2: Identificación de los puntos de muestreo .....	87
ANEXO 3: Monitoreo de calidad de agua en la cuenca del Río Chillón.....	88
ANEXO 3.1 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-01 .....	88
ANEXO 3.2 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-02 .....	92
ANEXO 3.3 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-03 .....	94
ANEXO 4: Obtención del quitosano comercial (exoesqueleto de camarón) .....	96
ANEXO 5: Obtención del quitosano natural (plumas de pota) .....	97
ANEXO 6: Tratamiento de agua con quitosano comercial .....	111
ANEXO 7: Tratamiento de agua con quitosano natural .....	113
ANEXO 8: Ficha de campo para el monitoreo de agua en la cuenca del Río Chillón .....	115
ANEXO 9: Ficha de muestra para el monitoreo de agua en la cuenca del Río Chillón....	117
ANEXO 10: Matriz de consistencia .....	119
ANEXO 11: Resultados de cobre en los puntos de muestreo .....	120
ANEXO 12: Resultados finales de cobre con quitosano comercial .....	121
ANEXO 13: Resultados finales de cobre con quitosano natural.....	122
ANEXO 14: Solicitud de laboratorio .....	123
ANEXO 15: Autenticidad de resultados fisicoquímicos obtenidos en el laboratorio .....	124
ANEXO 16: Autenticidad de TURNITIN .....	¡Error! Marcador no definido.



## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Número de muestras a analizar con ambos quitosanos.....	27
Tabla N° 2: Matriz de Operacionalidad .....	28
Tabla N° 3: Datos para realizar el tratamiento de agua.....	33
Tabla N° 4: Datos obtenidos en la cuenca del río Chillón .....	34
Tabla N° 5: Resultados iniciales y finales de cobre (Cu).....	37
Tabla N° 6: Resultados iniciales y finales de eficiencia de remoción (E%).....	38
Tabla N° 7: Resultados iniciales y finales de eficiencia de remoción (E%).....	39
Tabla N° 8: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano comercial.....	40
Tabla N° 9: Resultados finales del tratamiento con quitosano comercial .....	42
Tabla N° 10: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano natural .....	45
Tabla N° 11: Resultados integrales de ambos tratamientos.....	48
Tabla N° 12: Resultados de ambos tratamientos ( $\Delta$ ) .....	49
Tabla N° 13: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano comercial.....	51
Tabla N° 14: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano natural .....	52
Tabla N° 15: Resultados integrales de ambos tratamientos.....	54
Tabla N° 16: Resultados de ambos tratamientos ( $\Delta$ ) .....	55
Tabla N° 17: Resultados iniciales y finales de capacidad de adsorción ( $q_{eq}$ ).....	56
Tabla N° 18: Resultados promedios de capacidad de adsorción ( $q_{eq}$ ) .....	57
Tabla N° 19: Pruebas de normalidad.....	58
Tabla N° 20: Prueba de homogeneidad de varianzas .....	61
Tabla N° 21: ANOVA Unifactorial .....	61
Tabla N° 22: Comparación de diferencias significativas .....	62
Tabla N° 23: Pruebas de normalidad (Dosis).....	65
Tabla N° 24: Pruebas de normalidad (Tiempo).....	68
Tabla N° 25: Prueba de homogeneidad de varianzas (Dosis) .....	69
Tabla N° 26: Prueba de homogeneidad de varianzas (Tiempo).....	70
Tabla N° 27: ANOVA Unifactorial .....	70
Tabla N° 28: Comparación de diferencias significativas .....	71
Tabla N° 29: Pruebas de normalidad.....	74
Tabla N° 30: Prueba de homogeneidad de varianzas .....	77
Tabla N° 31: ANOVA Unifactorial .....	77
Tabla N° 32: Comparación de diferencias significativas .....	78

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Resultados de pH.....	35
Gráfico N° 2: Resultados de Temperatura (°C).....	35
Gráfico N° 3: Resultados de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).....	36
Gráfico N° 4: Resultados de Cobre (mg/l) .....	36
Gráfico N° 5: Resultados de Eficiencia de remoción (E%) Integral .....	39
Gráfico N° 6: Resultados Integrados de Temperatura (°C) – Pre Tratamiento .....	41
Gráfico N° 7: Resultados de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – Pre-tratamiento .....	41

Gráfico N° 8: Resultados Integrados de Temperatura (°C) – Post Tratamiento ....	43
Gráfico N° 9: Resultados de Conductividad Eléctrica (μS/cm) – Post-tratamiento .....	44
Gráfico N° 10: Resultados de Turbidez Promedio (NTU) – Post-Tratamiento.....	44
Gráfico N° 11: Resultados Integrados de Temperatura (°C) – Post Tratamiento ..	46
Gráfico N° 12: Resultados de Conductividad Eléctrica (μS/cm) – Pre-tratamiento .....	47
Gráfico N° 13: Resultados de Turbidez (NTU) – Pre-tratamiento .....	47
Gráfico N° 14: Resultados de Temperatura (°C) Integral.....	49
Gráfico N° 15: Resultados de Conductividad Eléctrica (μS/cm) Integral .....	49
Gráfico N° 16: Resultados de Turbidez (NTU) Integral.....	50
Gráfico N° 17: Resultados de pH promedio - Pre-tratamiento .....	51
Gráfico N° 18: Resultados de pH promedio - Post-tratamiento .....	52
Gráfico N° 19: Resultados de pH promedio - Pre-tratamiento .....	53
Gráfico N° 20: Resultados de pH promedio - Post-tratamiento .....	54
Gráfico N° 21: Resultados de pH Integral .....	55
Gráfico N° 22: Resultados de Capacidad de adsorción (mg.gr <sup>-1</sup> ) Integral .....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Estructura química del quitosano .....	12
Figura N° 2: Desacetilación del quitosano .....	15
Figura N° 3: Camarón de río ( <i>Cryphiops caementarius</i> ).....	16
Figura N° 4: Calamar gigante o pota ( <i>Dosidicus gigas</i> ).....	17
Figura N° 5: Estándares de Calidad del Agua .....	19
Figura N° 6: Equipo de prueba de Jarras (Jar-Test) .....	21
Figura N° 7: Prueba de normalidad de la Hipótesis General .....	60
Figura N° 8: Prueba de normalidad de la Primera Hipótesis Específica (Dosis)...	67
Figura N° 9: Prueba de normalidad de la Primera Hipótesis Específica (Tiempo) 68	
Figura N° 10: Prueba de normalidad de la Segunda Hipótesis Específica .....	76
Figura N° 11: Cuenca Media del Río Chillón en el sector de Yangas .....	88
Figura N° 12: pHmetro y multiparametro .....	88
Figura N° 13: Medición y resultados del pH y temperatura (°C) .....	89
Figura N° 14: Resultado de pH y T° en vaso precipitado.....	89
Figura N° 15: Medición de OD y Conductividad Eléctrica en el río.....	90
Figura N° 16: Recolección de agua en botellas PVC (500 ml y 1 lt).....	90
Figura N° 17: Preservación con HNO <sub>3</sub> en botella de 1 lt. ....	91
Figura N° 18: Cooler utilizado para las muestras de agua.....	91
Figura N° 19: Cuenca Baja del Río Chillón en el sector de Chacra Cerro.....	92
Figura N° 20: Toma de muestra en Chacra Cerro .....	92
Figura N° 21: Toma de muestra (1000 ml.) llevada al laboratorio.....	93
Figura N° 22: Medición de T°, CE y pH .....	93
Figura N° 23: Cuenca Baja del Río Chillón en el AA.HH Márquez.....	94
Figura N° 24: Toma y preservación de muestra en AA.HH. Márquez.....	94

<b>Figura N° 25: Conductimetro y pHmetro</b>	95
<b>Figura N° 26: Medicion de T°, CE y pH</b>	95
<b>Figura N° 27: Quitosano comercial</b>	96
<b>Figura N° 28: Trituración del quitosano comercial</b>	96
<b>Figura N° 29: Pesquero de La Victoria</b>	97
<b>Figura N° 30: Plumaz de pota</b>	97
<b>Figura N° 31: Pesaje de la pluma de pota</b>	98
<b>Figura N° 32: Materiales para realizar la solución de HCl a 2N</b>	98
<b>Figura N° 33: Preparación de HCl a 2N</b>	99
<b>Figura N° 34: Preparación de la solución</b>	99
<b>Figura N° 35: Disperción de la solución en as plumas de pota</b>	100
<b>Figura N° 36: Lavado de las plumas de pota con agua desionizada</b>	100
<b>Figura N° 37: Lavado de las plumas de pota con agua desionizada</b>	101
<b>Figura N° 38: Intercambio de agua para el lavado de las plumas de pota</b>	101
<b>Figura N° 39: Molienda de las plumas de pota</b>	102
<b>Figura N° 40: Materiales para elaborar NaOH al 10%</b>	102
<b>Figura N° 41: Pesaje del NaOH al 10%</b>	103
<b>Figura N° 42: Enrrazamiento del NaOH al 10% en la fiola</b>	103
<b>Figura N° 43: Enrrazamiento del NaOH al 10% con agua de caño</b>	104
<b>Figura N° 44: Materiales para obtención de quitina</b>	104
<b>Figura N° 45: Plumaz de pota en vasos precipitados antes de entrar a estufa</b>	105
<b>Figura N° 46: Plumaz de pota después de estar en la estufa</b>	105
<b>Figura N° 47: Extracción del NaOH de la quina a partir de las plumas de pota</b>	106
<b>Figura N° 48: Pesaje de NaOH al 50%</b>	106
<b>Figura N° 49: Preparacion del NaOH en las plumas de pota antes de usar la estufa</b>	107
<b>Figura N° 50: Quitina obtenida después del calentamiento en estufa</b>	107
<b>Figura N° 51: Materiales de lavado</b>	108
<b>Figura N° 52: Enjuague de la quitina obtenida de plumas de pota y medicion de pH</b>	108
<b>Figura N° 53: Secado en la estufa de la quitina obtenida de plumas de pota</b>	109
<b>Figura N° 54: Reducción de particulas del quitosano natural con articulos de casa</b>	109
<b>Figura N° 55: Tamizado del quitosano de pota</b>	110
<b>Figura N° 56: Pesaje del Sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>)</b>	111
<b>Figura N° 57: Jar Test con las muestras a analizar</b>	111
<b>Figura N° 58: Analisis de una muestra con el multiparametro, pHmetro y turbidimetro</b>	112
<b>Figura N° 59: Uso de papel filtro para recolección de muestra tratada</b>	112
<b>Figura N° 60: Pesaje del Sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>)</b>	113
<b>Figura N° 61: Prueba de coagulación (Jar-Test) con las muestras a analizar</b>	113
<b>Figura N° 62: Analisis de una muestra con el multiparametro, pHmetro y turbidimetro</b>	114
<b>Figura N° 63: Uso de papel filtro para recolección de muestra tratada</b>	114

## RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de ver la eficiencia que existe en el quitosano comercial (exoesqueleto de camarón) y el quitosano natural (plumas de pota) para la adsorción de cobre (Cu), como también para ver el comportamiento de las mismas en parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura (°C), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y turbidez (NTU) siendo aplicadas al tratamiento de aguas residuales que pueden derivar de cualquier effluente industrial (minero, curtiembre, textil, etc.), sin embargo, este estudio se realizó a escala laboratorio.

Para ello, se hizo uso el equipo del Jar-Test (Prueba de jarras) usando diferentes dosis de ambos quitosanos (0,1 gr., 0,25 gr., 0,5 gr. y 0,75 gr.) en diferentes tiempos (10, 15, 20 y 25 minutos, respectivamente) a una constante de 250 r.p.m. en 700 ml de agua desionizada para la medición de los parámetros fisicoquímicos y verificar la reducción del cobre en el agua contaminada. Se obtiene que los parámetros fisicoquímicos y el cobre bajan sus niveles hallados inicialmente. Concluyendo que al comparar ambos quitosanos en cuanto a porcentaje de eficiencia, el quitosano natural (plumas de pota) logra tener mayor potencial para reducir los niveles de los parámetros fisicoquímicos y concentración del cobre con un 95,5% respecto al quitosano comercial de 90,2% a una dosis de 0,10 gr. en ambos casos durante 10 minutos a 250 r.p.m.; sin embargo ambos actúan como buenos biopolímeros que reducen los metales presentes en el agua, fluctuando el rango de eficiencia mayor al 90%.

**Palabras clave:** Quitosano comercial, quitosano natural, prueba de jarras, adsorción de cobre.

## ABSTRACT

This research work was conducted with the purpose of the efficiency that exists in commercial chitosan (shrimp exoskeleton) and natural chitosan (feathers) for the adsorption of copper (Cu), also for the behavior of the physicochemical parameters such as pH , temperature (° C), electrical conductivity ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ ) and turbidity (NTU) being applied to the treatment of wastewater that can be derived from any industrial effluent (mining, tannery, textile, etc.), however, this study performed at laboratory scale

To do this, the Jar-Test equipment was used with different doses of both chitosan (0.1 g, 0.25 g, 0.5 g and 0.75 g) in different times (10, 15, 20 and 25 minutes, respectively) at a constant of 250 rpm in 700 ml of deionized water for the measurement of physicochemical parameters and verification of the reduction of copper in contaminated water. The physicochemical parameters and copper are obtained in intermediate levels found. Concluding that when comparing both chitosans in terms of efficiency percentage, natural chitosan achieved a greater potential to reduce the physicochemical levels and concentration of copper with 95.5% compared to commercial chitosan of 90.2% at a dose of 0,10 gr. in both cases for 10 minutes at 250 r.p.m.; however, both act as good biopolymers that reduce the metals present in the water, fluctuating the efficiency range of more than 90%.

**Key words:** Commercial chitosan, natural chitosan, jar test, copper adsorption

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Realidad Problemática

Desde años atrás, toda persona para satisfacer sus necesidades debe de adquirir ciertos recursos; los cuales se ven reflejados en acciones como el consumo de alimentos, hogar, vestimenta, etc., pero un punto esencial es el consumo del agua, la cual requiere en la actualidad de ciertos tratamientos para que pueda ser apta al consumirse, y así se pueda controlar la propagación de enfermedades por la mala calidad que el agua posee, puesto que la contaminación ambiental afecta a este recurso y se convierte en un problema severo que se refleja en nuestro país actualmente.

No obstante, para que el agua pueda ser bebida por el ser humano o ser usada en riego de plantas y/o bebida de animales esta tiene que tratarse, puesto que por diferentes actividades antrópicas que se realizan terminan alterando la calidad del agua. Es por ello que intervienen procesos como la coagulación que elimina la suspensión de las partículas en el agua (Tejero, *et al.*, 2016) y por otro lado, la floculación basada en unir las partículas que se dispersaron en la coagulación hasta que obtengan un diámetro y peso mayor al inicial (Restrepo, 2009, pp.10).

En los procesos ya mencionados se aplica el uso de coagulantes y/o floculantes que van a ayudar a mejorar los parámetros físico-químicos del agua, en la sedimentación de las partículas, en la clarificación de agua y en la adsorción de metales pesados que se encuentren presentes. Por ejemplo, el Sulfato de Aluminio es más accesible en cuanto al precio y los flóculos que se forman en el proceso son incoloros (AIDIS, *s.f.*, pp.3). Sin embargo, estudios confirman que éste origina enfermedades en el sistema nervioso (Mendoza, *et al.*, 2000, pp. 2).

Para tal problemática se buscaron soluciones, de las cuales existe otro tipo de alternativa más sostenible para mejorar la calidad del agua que son los coagulantes naturales provenientes de almidón, de esqueletos y/o caparazones de especies marinas. Tal caso se presenta en el quitosano que otorga mayores beneficios que los coagulantes químicos y se obtiene a partir

de la desacetilación de la quitina extraída de los cefalópodos y crustáceos (en caso de animales); siendo una alternativa con mayor rentabilidad y sostenibilidad para el tratamiento de aguas (Rodríguez, *et al.*, 2015, pp.2).

Este problema se ve reflejado en la cuenca baja del Río Chillón por la alteración fisicoquímica e inorgánica del recurso hídrico a causa de metales pesados como el cobre (Cu); por ello, se va a emplear el quitosano comercial y el quitosano obtenido de la pluma de pota (*Dosidicus gigas*) para la mejoría de la calidad del agua (Chui, 2009, pp. 5).

## 1.2 Trabajos previos

✚ **Villalobos, W. presentó en su tesis: “Eliminación de Metales Pesados de Aguas Residuales con Membranas de quitosano”** relata que para reducir los metales pesados: Cobre (Cu), Cadmio (Cd) y Cromo (Cr) de provenientes de las industrias de curtiembre, eléctrica y pintura; mediante las membranas del quitosano junto con el glutaraldehído y las otras membranas sin este compuesto, las cuales fueron sometidas a diferentes concentraciones para adquirir una estructura homogénea, se optó por utilizar la absorción atómica para ver la eficiencia que tienen éstos coagulantes naturales como absorbentes de metales. Dando por resultados que la eficiencia al utilizar las membranas del quitosano entrecruzadas con el glutaraldehído son: cromo (23.05%), cadmio (14.10%) y cobre (16.09%), mientras que utilizando solo las membranas se obtienen los siguientes datos: cromo (20.52%), cadmio (15.37%) y cobre (13.63%). Por consiguiente, los resultados demuestran que existe efectividad al emplear el quitosano para la absorción de metales pesados en aguas contaminadas por éstos (VILLALOBOS, 2009, pp.11).

✚ **Duarte, E. et al. en su artículo científico: “Remoción de Cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón”** dan a conocer que éste coagulante obtenido del exoesqueleto del camarón (*Litopenaus vanamei*) es un indicador que aporta a la reducción del Cromo (Cr) proveniente de los efluentes de una industria de curtiembre ubicada en la ciudad de Cartagena (Bolívar). Puesto que, los

residuos propios del camarón usados (10 kg) que fueron adquiridos de OCEANOS S.A. al ser sometidos para la obtención de la quitina y posteriormente del quitosano se logra tener el producto en forma de pastillas. En cuanto a la metodología aplicada se usó la espectroscopia infrarroja para analizar las muestras antes y después de emplear el coagulante natural. Los resultados brindados fueron que el quitosano logró absorber 52 mg de Cr, y su rendimiento llegó al 29% de remoción (DUARTE, *et al.*, 2009).

✚ **Nieto, C. y Orellana, V. en su tesis: “Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante”** afirman que el exoesqueleto de camarón pueden ser re aprovechable, como en la generación del quitosano en forma de polvo, el cual ayudó a tratar el agua potable disminuyendo el cromo hexavalente (VI) en 27 muestras de agua empleando el test de jarras, que también aportó en la coagulación y floculación del agua reduciendo niveles de pH y turbiedad. A su vez se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurión para obtener datos más reales sobre la disminución de los parámetros evaluados. Los resultados que se obtuvieron fueron gratificantes ya que el quitosano sirvió en un 53% en efectividad para la disminución del cromo hexavalente y parámetros fisicoquímicos (NIETO Y ORELLANA, 2011, pp. 72-86).

✚ **Altamirano, M. en su tesis: “Remoción de Pb<sup>+2</sup> por medio de adsorción de quitosano”** anuncia que para emplear la adsorción de metales pesados (en éste caso es el Pb<sup>+2</sup>) utilizó quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón, siendo sometido a concentraciones de 5, 25, 50, 70, 100 y 120 mg/lit con temperaturas de 25, 35 y 50°C usando el “Modelo de Langmuir” que consiste en identificar la relación de adsorción del Pb<sup>+2</sup> y las concentraciones del quitosano mediante propiedades físico-químicas (isotermas, temperatura y concentraciones) que fue adsorbido logrando por resultados que las concentraciones finales sean de 4, 20, 45, 60, 80 y 90 mg/lit manteniendo el orden respectivo, reduciéndose éste metal por cada concentración en un 80% mostrando su efectividad de adsorción frente a la contaminación en aguas residuales (ALTAMIRANO, 2015, pp. 27-42).



✚ **Garcés, L. y Coavas, S. en su tesis: “Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) modificada con quitosano para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales”** afirman sobre el uso de la cascara de naranja junto a la modificada con quitosano para la adsorción de Cromo (VI) tomando en cuenta otras variables como el pH, la concentración del bioadsorbente, el tamaño de la partícula y la temperatura, para ello consignaron a usar 18 muestras en el caso de la cascara de naranja y para la modificada con quitosano 27 muestras; teniendo 54 muestras totales con diferentes concentraciones que varían entre 25, 50, 75 y 100 mg/lit de Cr (VI) aplicándose también reactivos químicos como: Hidróxido de Sodio (NaOH) y Ácido Clorhídrico (HCl). No obstante, en la metodología se usó el Modelo cinético Pseudo primer y segundo orden, los cuales consisten en modelos matemáticos que demuestran que por cada ion metálico se le designa un sitio de adsorción del material adsorbente. Al emplear dichos modelos, por resultados se lograron obtener que la cascara de naranja tiene ligeramente mayor efectividad que la modificada fluctuando entre 5% de diferencia, pero aun así ambos pueden ser considerados como buenos bioadsorbentes de metales para el tratamiento de aguas residuales (GARCÉS Y COAVAS, 2012, pp. 43-100).

✚ **Sala, L., et al. en su artículo científico “Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho”** en éste documento los autores abarcan un mayor conocimiento sobre la biosorción, tomando en cuenta que el quitosano junto a la quitina no solo se adquieren de especies marinas como los exoesqueletos de crustáceos y cefalópodos, sino también éstos se pueden ser adquiridos a partir de hongos y levaduras para la biosorción principalmente del uranio y otros metales como el titanio, zirconio, hafnio, mercurio y cobre que reducen los iones metálicos que hay en las aguas acuosas (SALA, et al., 2010, pp.114-117).

✚ **Pájaro, Y. y Díaz, F. en su artículo científico: “Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón”** los autores nos demuestran que el quitosano y quitina que se obtienen de exoesqueleto del camarón sirvieron para la

remoción de cromo hexavalente (Cr VI), cobre, níquel y zinc provenientes de aguas residuales de una industria de Cartagena, Colombia. Para ello se tuvo que preparar la quitina y quitosano junto con reactivos como el hidróxido de sodio (NaOH), ácido clorhídrico (HCl), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) junto con agua desionizada a diferentes concentraciones y la fabricación de pastillas de quitosano a partir de 10 kg de exoesqueleto de camarón. Dentro de la metodología para hacer caracterización fisicoquímica del agua emplearon la absorción atómica y espectroscopia infrarroja, tomando en cuenta parámetros como el pH de las aguas previamente tratadas y la variación en las isothermas se obtuvo un 7.08% de remoción del Cr (VI) (PÁJARO Y DÍAZ, 2012, pp. 286-294).

✚ **Cruz, G., et al. en el artículo científico: “Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual”** los autores demostraron que el quitosano puede ser un complemento útil para comprobar la eficiencia que tienen los filtros de carbón activado elaborados a partir de la coronta del maíz para el tratamiento de agua para consumo humano en la región de Tumbes. Tomando en cuenta que para la generación del carbón debió ser sometida a temperatura de 600°C durante 2 horas y el quitosano en condiciones húmedas por 4 horas siendo agitado constantemente para que 30 gr del material fuese colocado en un soporte de plástico PVC de 1,5” para la elaboración del filtro reduciendo los niveles de turbidez y cloro residual en un 40 a 60% del caudal que equivalía e promedio a 0,20 lt/min (CRUZ, et al., 2016, pp. 4-5).

✚ **Bonilla, P. y Monte, G. en su artículo científico: “Optimización en el proceso de adsorción de plomo con quitosano modificado para ser utilizado en el tratamiento de aguas”** los autores confirman que el utilizar quitosano obtenido de caparazones de camarón *Penaeus Vannamei* funciona como adsorbente de metales pesados como es el caso del plomo (Pb). Asimismo, estos pueden mejorar su eficiencia con otros agregados como el quitosano-glutaraldehído (QGD) y el quitosano-nitrato férrico (QFe). Para realizar este trabajo se utilizó un espectrómetro de absorción atómica

para la determinación de plomo en las soluciones acuosas ensayadas con concentraciones de 10 a 100 ppm de Pb, las cuales también fueron sometidas a análisis estadísticos con el software Minitab, donde también realizaron la comparación del quitosano con la zeolita (adsorbente eficiente para plomo) realizando 18 muestras y mediante softwares matemáticos se realizó el diseño del experimento como el Plackett-Burman y Box-Behnken, requiriendo datos comparativos como: pH, dosificación del adsorbente, temperatura y tiempo de contacto para ser visualizados en 24 muestras. Al final se obtuvo que el quitosano de mayor eficiencia fue con glutaraldehído donde se obtuvo 98,40% y la capacidad adsorbente de este material es de 282,61 mg Pb<sup>2+</sup>/g QGD (BONILLA Y MONTE, 2017, pp. 20-24).

✚ **Cañi, M. en su tesis “Estudio de quitosano modificado para la remoción de metales pesados”** sustenta que existe efectividad en cuanto a la remoción de metales pesados como el cobre (Cu), plomo (Pb) y cadmio (Cd) utilizando el quitosano, sin embargo, al modificarlo químicamente mediante radiación ultravioleta donde tenemos algunos agentes como el glutaraldehído (GLA), éter diglicidílico de etilenglicol (EGDE), epiclorhidrina (EPI), benzoquinona, etc.; se obtienen mayores beneficios de las propiedades que éste posee, tales como la mejoría de solubilidad del quitosano en un medio ácido y mejoría en la capacidad de adsorción de metales, formulando nuevas combinaciones para que el quitosano reemplace a los adsorbentes que son usados hoy en día como carbón activo en pleno tratamiento de agua antes de su vertimiento a los cuerpos hídricos (CAÑI, 2014, pp. 22-30).

✚ **Ángeles, L. en su tesis “Adsorbentes sólidos de origen natural para metales pesados en solución acuosa”** afirma que uno de los adsorbentes biodegradables de origen animal es el quitosano, que se obtiene de los capazones de crustáceos o de la pluma del pota; el cual fue utilizado como tal y con modificaciones del mismo para la adsorción del cadmio (Cd), cobre (Cu) y plomo (Pb); como también, para obtener la cantidad de masa adsorbida por el bioadsorbente se realiza mediante modelos matemáticos enfocados a isothermas (igual temperatura) como es el caso del Isotherma de

Langmuir e Isoterma de Freundlich, teniendo por explicación que estos modelos se usan para adsorber sólidos de superficie heterogénea con variada afinidad, que también incluyen procesos de fisorción y quimisorción, teniendo por finalidad la disminución de metales pesados en el agua (ÁNGELES, 2013, pp. 23-39).

✚ **Ravelo, B. en su tesis “Adsorción de boro en agua”** realizó su investigación con la finalidad de tratar aguas contaminadas en base a la propiedad de adsorción que posee el quitosano para reducir concentraciones de boro (Br). En su metodología se hicieron pruebas en solución acuosa de 5 y 50 ppm mediante dos fases: primero se puso en contacto la solución con perlas de quitosano-níquel y después la solución acuosa entró en contacto con perlas de alginato de calcio, a su vez, para obtener el porcentaje (%) de remoción se utilizó métodos como la espectrofotometría de absorción molecular (remoción de boro) y espectrofotometría de absorción atómica (remoción de níquel), concluyendo que ambos adsorbentes remueven al boro, pero en diferentes %de efectividad, puesto que, el quitosano-níquel removió al contaminante en un 90% y el alginato de calcio fue efectivo al 100% para remover el Br concentrado (RAVELO, 2012, pp. 03).

✚ **Encarnación, N. en su tesis: “Evaluación de reactivos alternativos (Quitosano y Magnafloc) al Sulfato de Aluminio para la reducción de la turbidez de las aguas del río de la quebrada de Jicamarca 2016”** presentó dos posibles reemplazos para el Sulfato de Aluminio, los cuales son el quitosano y el Magnafloc, debido a que, éste coagulante causa problemas en el sistema nervioso. También el objetivo de ésta tesis fue identificar cuál de los dos reactivos es más eficiente para disminuir la turbidez (510 NTU) en una muestra de 40 lt. de agua de la Quebrada Jicamarca, en la cual se realizó a escala de laboratorio utilizando el método de Jar-Test (procesos de floculación y coagulación) comparando así el uso del quitosano, Magnafloc y el sulfato de aluminio y obteniendo resultados del volumen, masa y porcentaje de eficiencia de los lodos removidos, donde se obtuvo los siguientes datos: 93 ml., 39,70 gr. Y 97,54% de lodo con el sulfato de aluminio; 84 ml., 36,70 gr y 92,04% usando quitosano y 87 ml., 33,71 gr. y

un 94,3 % de remoción de lodo con el Magnafloc. Concluyendo que, el Sulfato de Aluminio remueve más que los dos coagulantes biodegradables, pero éstos tienen la misma capacidad del reactivo para disminuir la carga de lodos en un determinado cuerpo hídrico (ENCARNACIÓN, 2016, pp. 14).

✚ **Díaz, C., et al. en su artículo científico denominado “Estudio de la biosorción de Cromo (VI) con quitosano cuaternario reticulado para su aplicación en biorremediación de aguas contaminadas”** tiene por objetivo la reducción del cromo hexavalente (Cr VI) utilizando dos reactivos: quitosano cuaternario (QC<sub>1</sub>) y quitosano cuaternario con glutaraldehído (QC<sub>2</sub>) evaluando diferentes características de ambos reactivos como la capacidad de adsorción del ion, el adsorbente, pH, masa de adsorbente, concentración del ion, cinética de adsorción, y fuerza iónica; donde el método de laboratorio empleado fue espectrofotometría de adsorción atómica durante 18 horas en una agitación constante de 200 rpm a temperatura ambiente separando el adsorbente de la solución y el adsorbato (ion cromo VI), como también modelos matemáticos de Langmuir y Freundlich para determinar la capacidad de adsorción de ambos reactivos. Se obtuvo por resultados que el quitosano cuaternario con glutaraldehído tiene mayor eficiencia por adsorber 208,3 mg equivalente a un 68,2%, debido a que a menor cantidad de adsorbente influye en la capacidad de adsorción (QC<sub>2</sub> > QC<sub>1</sub> en gr). (DÍAZ, 2013, pp. 13).

✚ **Gilani, et al. demonstrated in their study “Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage”** the effect of an edible coating made from the juice of pomegranate (PJ) chitosan (CH) enriched with thyme essential oil (Z) in the storage time of chicken breast stored in refrigeration 04 samples were worked: control of sample (MC), coating with edible chitosan - pomegranate juice (M1), pomegranate juice - chitosan coating - thyme (PJ-CH-Z1%) and pomegranate juice - chitosan-thyme coating (PJ-CH-Z2 %). The samples were evaluated during 20 days and all the related treatments were studied in a range of 5 days: Lactic Acid Bacteria (BAL), Pseudomonas spp., Total

viable counts, psychrotrophic bacteria and yeasts. However, the peroxide index, protein oxidation and thiobarbituric acid reactive substances reported lower results than the control reported by pomegranate juice (PJ), which is indicated as a replacement for synthetic preservative, and it's as a synthetic flavoring in chicken breast meat (GILANI, *et al.*, 2015, pp.11-12).

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### – Coagulación – Floculación

La coagulación consiste en deslindar las partículas en suspensión para disminuir sus cargas eléctricas y posterior a ello se sedimenten en el agua. Por otro lado, la floculación es el proceso por el cual las partículas que se encuentran suspendidas puedan formar enlaces y adherirse a un floculo (Tejero, 2016, pp.3).

#### ***Tipos de coagulación***

El proceso de coagulación se puede realizar de 02 formas:

La coagulación por adsorción consiste en que los coagulantes se adicionan a aguas turbias cuando el agua muestra altas concentraciones de partículas en suspensión y éstas son absorbidas por coloides formando flóculos inmediatos (Andía, 2000, pp.26).

La coagulación por barrido explica que cuando el agua presenta baja turbidez y la cantidad de partículas son pequeñas, éstas son encapsuladas por un exceso de saturación del precipitado, que son los coagulantes más usados como sulfato de aluminio o cloruro férrico (Andía, 2000, pp.26).

#### ***Tipos de floculación***

El proceso de floculación se puede realizar de 02 formas:

La floculación pericinética se da cuando hay movimiento natural del agua y es inducida por energía térmica. Mientras que la floculación ortocinética consiste en el choque de las partículas del agua que es impulsado por una energía externa al cuerpo de agua (Castillo, 2011, pp.14).

## – Coagulante

Sustancia que reacciona con la alcalinidad de un cuerpo hídrico, para producir flóculos y se adhiere a las partículas dispersas.

### ***Tipos de coagulantes***

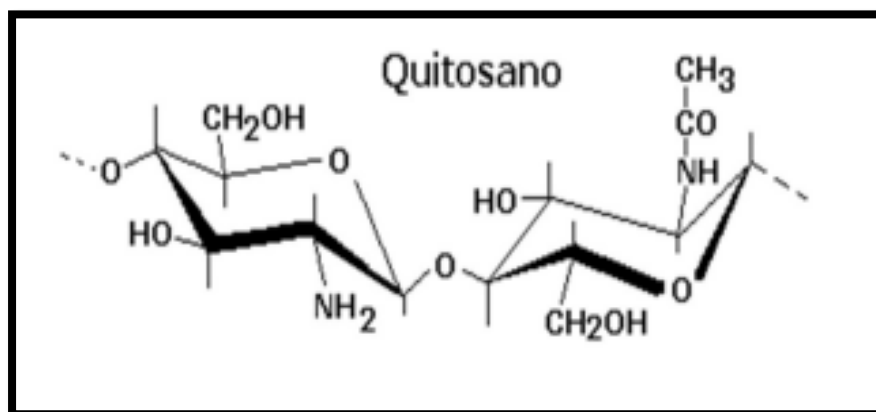
Existen 2 tipos de coagulantes para tratar el agua contaminada:

Los coagulantes Inorgánicos son los más usados para el tratamiento de aguas previo a su consumo, de los cuales sobresalen el Sulfato de Aluminio, Cloruro de Sodio, Cloruro Férrico, Sulfato Ferroso y Aluminato de Sodio (Andía, 2000, pp.14).

Los coagulantes naturales provienen de diferentes partes de una planta, como las hojas, raíces, frutos, semillas, almidón como también provienen de los exoesqueletos de diversos artrópodos, siendo así una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas (Pritchard, *et al.*, 2009).

## – Quitosano

“El quitosano es un polímero natural que se adquiere mediante un proceso biológico, se utiliza como coagulante y floculante a la vez para el tratamiento que se dan a las aguas para ser potabilizadas [...] y no genera daños a la salud humana” (Fuentes, *et al.*, 2008).



Fuente: Mármol, *et al.* (2011). Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones.

**Figura N° 1: Estructura química del quitosano**

## ***Propiedades del quitosano***

### **a) Grado de desacetilación.-**

El grado de desacetilación (GD) realiza la diferenciación entre el quitosano de la quitina, como también puede determinar las propiedades químicas, físicas y biológicas que tiene el quitosano. Es común que el quitosano comercial tenga un grado de desacetilación del 70 al 90%, no obstante, para aplicaciones biomédicas se utiliza con un grado de desacetilación mayor al 95% (Khor y Yong, 2003).

### **b) Peso Molecular.-**

El peso molecular es una propiedad fundamental del quitosano, puesto que, la solubilidad y la viscosidad dependen de ello. No obstante, el efecto de esta propiedad se extiende a sus propiedades biológicas. Para hallar el peso molecular existen diversos métodos como se mencionan a continuación: viscosimetría, ozonometría de membrana, cromatografía de exclusión molecular SEC o GPC (GPC del inglés Gel permeation chromatography) y dispersión de luz (Kasaai, 2007).

### **c) Solubilidad.-**

Cuando se habla de solubilidad del quitosano se hace alusión que al introducir el quitosano en estado sólido en una solución ácida se ionizan sus grupos amino con los iones  $H_3O^+$  disponibles en la solución. Donde se puede decir que el quitosano es normalmente soluble a un pH menor de 6, como también hay que tener en cuenta factores como: el grado de desacetilación y la distribución de los grupos acetilos y aminos a lo largo de la cadena.

Por otro lado, para solubilizar el quitosano existen compuestos como el ácido fórmico, ácido acético, ácido clorhídrico, ácido nítrico y ácido cítrico. Por otro lado, para ver la insolubilidad del quitosano se hace empleo del ácido sulfúrico y fosfórico (Ravindra *et al.*, 1998).



#### **d) Toxicidad.-**

El quitosano no es tóxico, ya que es un polímero biológicamente compatible con los seres vivos. No obstante, el quitosano no puede ser digerido por los humanos, por lo que se considera como una fibra con cero calorías (Goycoolea, *et al.* 2000).

#### **Proceso de obtención del quitosano**

##### **a) Descarnado.-**

En este proceso se realiza la disminución de olores, expulsión de las proteínas o carnosidades que se encuentran adheridas en la materia prima a través de la limpieza de la misma utilizando el Hidróxido de Sodio (NaOH) que funciona como agente corrosivo y neutraliza los olores.

##### **b) Molienda y Tamizado.-**

Para tener mayor facilidad entre el contacto de la materia prima con los reactivos se debe aumentar su área superficial moliéndolos hasta llegar a un tamaño entre 300 y 500  $\mu\text{m}$ . Luego de obtenida la quitina o el quitosano será opcional si se realiza una segunda molienda, siempre y cuando se tenga establecido el uso que se va a dar al polímero.

##### **c) Desproteínización.-**

Para esta etapa se usa NaOH para retirar las proteínas persistentes que interfieren con la pureza de la quitina. A diferencia de la primera etapa, aquí se realiza a altas temperaturas y en un menor lapso de tiempo para evitar la despolimerización de las cadenas polisacáridas.

##### **d) Desmineralización.-**

La desmineralización con Ácido Clorhídrico (HCl) se realiza para retirar el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) presente en los exoesqueletos de camarón, debido a que el  $\text{CaCO}_3$  reacciona con los iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  y Cl disociados en la solución presentándose la siguiente reacción:



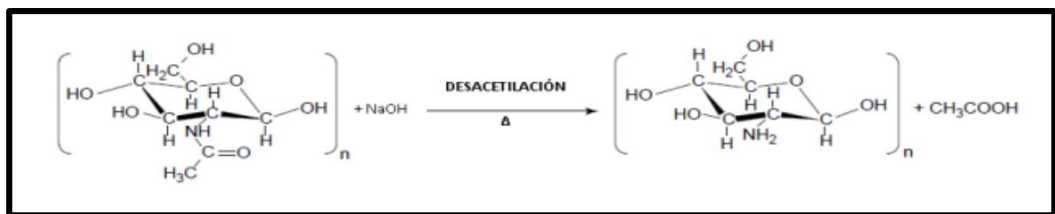
Debido a que este tipo de reacción desprende gran cantidad de calor, es recomendable llevarla a cabo a 25°C como también el tiempo debe ser breve evitando la despolimerización.

#### e) Segunda desproteinización.-

Aquí se desea obtener la quitina y después un quitosano de mayor pureza, aunque este proceso es opcional, se recomienda ejecutarlo debido a que se logra un porcentaje de desacetilación mayor.

#### f) Desacetilación.-

Este proceso se puede llevar a cabo de dos maneras: desacetilación homogénea y heterogénea; este proceso consiste en convertir los grupos acetilo en grupos amino.



Fuente: Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano

Figura N° 2: Desacetilación del quitosano

- **Reacción homogénea.-** Implica la suspensión de la quitina en un medio alcalino o básico a temperaturas menores de 4°C para solubilizar la quitina, luego se somete a temperatura ambiente durante largos periodos de tiempo.
- **Reacción heterogénea.-** Consiste en esparcir la quitina en una solución alcalina caliente en periodos cortos evitando la despolimerización.

#### g) Decoloración.-

Es un proceso opcional que se aplica a la quitina o al quitosano, el cual consiste en retirar los pigmentos por un medio químico, normalmente se realiza utilizando peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) o etanol (Chávez. et al 2012).

### *Aplicaciones del quitosano*

“El quitosano tiene diversas aplicaciones en la biomedicina, agricultura y ganadería, cosméticos, dietéticos, industria. Pero, éste coagulante se usa principalmente en lo que engloba al tratamiento de aguas como coagulante, floculante, remoción de metales, para tratar el agua que posee su calidad alterada por la dispersión de aceite de pescado y como filtrador para lugares recreacionales como piscinas y spas” (Cristóbal, 2003, pp.3).

#### – **Camarón de río (*Cryphiops caementarius*)**

Es un artrópodo que vive en aguas dulces, ya sean éstas ríos, riachuelos, lagunas y crenótopos occidentales de los Andes Peruanos, pero, su hábitat principal se encuentra en los reótopos de agua dulce, donde durante el día se halla en las partes profundas entre las piedras (Instituto del Mar Peruano, 2013, pp.1).

El camarón de río, especie endémica de los ríos de la Vertiente Occidental, habita los cuerpos de agua loticos costeros del Perú al sur del río Chancay-Lambayeque y los del litoral norte chileno.



Fuente: Diario Correo (2015)

**Figura N° 3: Camarón de río (*Cryphiops caementarius*)**

– **Calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*)**

*Dosidicus gigas* es el nombre científico de la pota, llamado también calamar gigante, es un molusco cefalópodo que habita en aguas cálidas y frías, que se encuentra disponible en el litoral de México, Costa Rica, Perú y el norte de Chile (Valenzuela y Terán, 2013, pp. 23).

En el Perú, la pota es uno de los principales productos de exportación no tradicional. Según la Comisión de Promoción para la Exportación y Turismo (Prómpex), el volumen de exportación de pota se ha incrementado en forma notable en los últimos años debido a los bajos precios y la gran variedad de presentaciones que impulsan una demanda internacional cada vez mayor (Chirinos, *et.al.*, 2009, pp.10).



Fuente: Nutrición a las 6. (2015)

**Figura N° 4: Calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*)**

– **Contaminación del agua**

Alteración de los parámetros encontrados en el agua debido a actividades antrópicas que genera el ser humano por la industrialización y naturales originadas por las condiciones climáticas y geológicas en donde se encuentre el cuerpo receptor (Barba, 2002, pp. 16).

Contaminantes del agua

Los microorganismos que hacen daño a la salud son localizados en su mayoría en las excretas y estas tienen contacto con los cuerpos hídricos. Para ello, se reducen las concentraciones en las primeras etapas que se hace en el tratamiento al agua, evitando enfermedades como cólera, hepatitis, entre otros (Masón, 2002, pp.1).

Los residuos sólidos también representan como contaminantes que exponen en peligro la alteración del cuerpo de agua en donde van a ser recepcionados éstos mismos, afectando directamente a la fauna marina, el paisaje y la salud humana (Carranza, 2010).

Los sedimentos mediante su transporte desde su punto de origen hacia su punto de depósito originan cambios en la calidad del agua (Panamá, 2010).

Se considera a la contaminación térmica como contaminante debido al cambio del calor en alguna parte del ambiente que sea resultado de la actividad humana, principalmente las industrias metalúrgicas y plantas que generan energía (Galindo, 1988).

#### Fuentes de contaminación

Son de dos maneras: Las fuentes naturales se van a dar mediante los lugares que atravesase el agua, ya que pueden tener componentes naturales que tienen contacto con la atmósfera y el suelo, como las sales minerales, calcio, etc. No obstante, también existen las fuentes artificiales que son a causa del desarrollo de compuestos que exponen la salud humana y deterioran la calidad ambiental mediante la industrialización (García, 2002, pp. 2).

#### – **Estándar de Calidad Ambiental**

Instrumento de gestión ambiental que contiene los parámetros del agua con sus respectivas concentraciones, para que toda entidad que contamine a dicho cuerpo hídrico pueda tomar acciones correctivas con el fin de reducir las concentraciones resultantes y no generen impactos en la salud, ni al ambiente (MINAM, 2008).

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

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

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30

**Figura N° 5: Estándares de Calidad del Agua**

– **Potencial de Hidrogeno (pH)**

“El potencial de hidrogeno proviene de la determinación del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia, determinando el número de protones (H+) y el número de iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>), indicando que cuando ambos igualan en cantidad el pH del agua es neutra” (Torres y Callisaya, 2014, pp. 3). A su vez, el agua al ser un electrolito débil, sólo una pequeña fracción de ésta se disocia en los iones que componen la molécula: H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (ión ácido) y OH<sup>-</sup> (ión básico).

– **Temperatura**

Es un indicador del grado de calor que posee un cuerpo, teniendo por unidad el grado centígrado y es medida mediante el termómetro (°C) (Zhen, 2009).

– **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica en las sustancias líquidas tiene relación mediante la existencia de sales en las sustancias y en su composición de

iones positivos y negativos (átomos de carga positiva o negativa), capaces de transportar energía eléctrica. También este parámetro dependerá del número de iones disueltos en el líquido, de la carga y movilidad de los iones y también de la densidad de la sustancia.

– **Turbidez**

La turbidez es una medida de grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión en los cuerpos hídricos. Para medir la turbidez se hace mediante un aparato denominado nefelómetro o turbidímetro y sus unidades es en NTU.

– **Metales Pesados**

Aquellas sustancias encontradas en la naturaleza que poseen peso molecular elevado, y se pueden usar de diferentes maneras en beneficio a la actividad humana y las necesidades del hombre, aunque a la vez presenten efectos negativos como la toxicidad y perjudiquen la salud humana (Romero, 2012, pp.1).

***Desventajas***

Una característica distintiva de los metales pesados es que cuando se encuentran a altas concentraciones tienen efectos tóxicos sobre las células, por lo que conlleva a la alteración de proteínas. De todos los metales pesados los más tóxicos son el plomo, mercurio y cadmio, para los cuales no se ha encontrado función biológica alguna (Plaza, 2012, pp.19).

– **Cobre (Cu)**

Metal rojizo que da su origen natural en las rocas y suelo, como también se encuentra en la flora y fauna. No obstante; el cobre pre-fabricado también es hallado en alambres, cables eléctricos y en aleaciones con otros metales (ATSDR, 2002).

– **Ensayo de coagulación (Jar-Test)**

Esta metodología tiene por objetivo la adición de diferentes dosis de coagulantes y/o floculantes a distintos volúmenes de agua, determinando después de un período de agitación adecuado, las características del

coágulo y algunas propiedades fisicoquímicas en las porciones tratadas, que permiten establecer las dosis óptimas de coagulante y/o floculante que deben añadirse al agua para su posterior tratamiento (Consultora de aguas, 2003, pp. 01).



Fuente: Indiamart, Jar Test Apparatus

**Figura N° 6: Equipo de prueba de Jarras (Jar-Test)**

- **Normalidad (N)**

La Normalidad (N) es el número de Equivalentes Químicos (EQ) o equivalentes-gramo de soluto por litro de disolución, es decir:

$$\text{Normalidad (N)} = \frac{\text{n}^\circ \text{EQ (equivalentes-gramo)}}{\text{Litros de disolución}}$$

Como también si se desea hallar más datos a partir de la normalidad se puede hacer uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Normalidad (N)} = \frac{m \times \theta}{M \times V}$$

Donde:

- **m**: masa del soluto a utilizar (gr.)
- **θ**: parámetro (hidróxidos "OH", ácidos "H" y sales "carga neta").
- **M**: peso molecular del soluto (gr.)
- **V**: volumen de disolución (lt.)



- **Porcentaje Peso a Peso (%P/P)**

El porcentaje peso a peso (% P/P), es una medida de la concentración que indica el peso de soluto por cada 100 unidades de peso de la solución, tal como se indica en la siguiente fórmula:

$$\% (P/P) = \frac{\text{Peso de soluto}}{\text{Peso de la disolución}} \times 100$$

- **Capacidad de adsorción [ $q_{eq}$ ]:**

Según la investigación de Duarte, E. (2009) para calcular el porcentaje de adsorción de cualquier metal se realiza mediante la diferencia entre la cantidad presente en la solución inicial y la cantidad obtenida en la solución final después del tiempo de equilibrio con el quitosano, usando la siguiente formula:

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

Donde:

- **$q_{eq}$** : Cantidad del metal adsorbido (mg.g<sup>-1</sup>).
- **$C_o$  y  $C_{eq}$** : Concentración del metal en la solución al inicio y al final del proceso de adsorción (mg).
- **$V$** : Volumen de la solución (lt).
- **$M$** : Masa de quitosano utilizado (gr).

## 1.4 Formulación del problema

### 1.1.1 Problema General

- ¿Cuál de los dos tipos de quitosano (comercial o natural) tendrá mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón a escala laboratorio para la adsorción de cobre (Cu)?

### 1.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál será la dosis óptima y el tiempo adecuado de usar el quitosano natural frente al comercial para mejorar la calidad del agua (parámetros físicos y químicos)?

- ¿Cuál de los dos tipos de quitosano tiene mayor capacidad de adsorción para cobre (Cu)?

## 1.5 Justificación del estudio

Éste tipo de investigación es considerado de gran importancia y se justifica por los siguientes motivos:

**Ambiental:** Ambos tipos de quitosanos brindarán nuevas alternativas de solución para la potabilización del agua, reducción de las concentraciones de los metales pesados que persisten en cualquier cuerpo hídrico, en la disminución de los residuos generados por coagulantes inorgánicos, y reaprovechamiento de residuos biodegradables.

**Social:** En la actualidad, al existir contaminación del agua por metales pesados es un problema grave en la sociedad, puesto que afectan directamente la flora y fauna de un lugar específico; como también puede afectar comunidades, caseríos, centros poblados, distritos que acceden al abastecimiento de este recurso sin un previo tratamiento; influenciando en enfermedades como intoxicaciones hasta la muerte.

**Económico:** Debido al reaprovechamiento de la pluma de pota, ya que en todos los puestos comerciales que venden estos animales marinos se deshacen de los restos que ya no sirven, sin darse cuenta que pueden obtener mayores ingresos económicos. A su vez, es de mayor conveniencia para toda empresa que emita efluentes con carga contaminante de metales pesados, puesto que estos son rentables económicamente.

**Técnico:** Permitirá la aplicación de otros métodos existentes sobre el tratamiento de aguas con coagulantes naturales.

## 1.6 Hipótesis

### 1.6.1 Hipótesis General

**¿Cuál de los dos tipos de quitosano (comercial o natural) tendrá mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón a escala laboratorio para la adsorción de cobre (Cu)?**

- Ha: El quitosano natural tiene mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón a escala laboratorio para la adsorción de cobre frente al quitosano comercial.
- Ho: El quitosano natural tiene mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón a escala laboratorio para la adsorción de cobre frente al quitosano comercial.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

**¿Cuál será la dosis óptima y el tiempo adecuado de usar el quitosano natural frente al comercial para mejorar la calidad del agua (parámetros físicos y químicos)?**

- Ha: El quitosano natural con menor dosis y menor tiempo mejora la calidad del agua más frente al quitosano comercial.
- Ho: El quitosano natural con menor dosis y menor tiempo no mejora la calidad del agua frente al quitosano comercial.

**¿Cuál de los dos tipos de quitosano tiene mayor capacidad de adsorción para cobre (Cu)?**

- Ha: El quitosano natural tiene mayor capacidad de adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial.
- Ho: El quitosano natural no tiene mayor capacidad de adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

- Determinar la mayor eficiencia en la adsorción de cobre del quitosano natural frente al quitosano comercial al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón a escala laboratorio.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la dosis óptima y el tiempo adecuado de usar el quitosano natural frente al comercial para mejorar la calidad del agua (parámetros físicos y químicos).

- Determinar la capacidad de adsorción óptima del quitosano comercial frente al natural para adsorber el cobre (Cu).

## 2. MÉTODO

### 2.1 Tipo, Nivel y diseño

#### 2.1.1 Tipo de investigación

Corresponde a un estudio aplicativo, visto que la metodología que se usara a partir de ambos tipos de quitosano tiene por finalidad la reducción de cobre en la cuenca baja del río Chillón (Carrasco, 2009).

#### 2.1.2 Nivel de investigación

Es explicativo, puesto que se obtendrá mayor sapiencia sobre el comportamiento de la adsorción de los metales pesados de las aguas provenientes de la cuenca baja del río Chillón con la finalidad de ser controlado mediante el quitosano natural y comercial (Vásquez, 2017).

#### 2.1.3 Diseño de investigación

Según Martínez (2010) es de diseño pre-experimental, porque se analizará la calidad del agua antes y después de su tratamiento a través de los dos tipos de quitosano para la adsorción de cobre y seguirá el siguiente esquema:

**Esquema:**

G: O<sub>1</sub> - X - O<sub>2</sub>

**Dónde:**

✚ O<sub>1</sub>: Pre-Tratamiento

✚ X: Tratamiento.

✚ O<sub>2</sub>: Post-Tratamiento

Con la finalidad de realizar el tratamiento con ambos quitosanos (comercial y natural) se tendrá cuatro (04) tratamientos, los cuales se detallan a continuación:

### **Quitosano comercial (exoesqueleto de camarón)**

- **Tratamiento N° 01.-** Está compuesta por 0,1 gr. de quitosano comercial con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 10 minutos a 250 revoluciones por minuto (r.p.m.).
- **Tratamiento N° 02.-** Está compuesta por 0,25 gr. de quitosano comercial con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 15 minutos a 250 r.p.m.
- **Tratamiento N° 03.-** Está compuesta por 0,5 gr. de quitosano comercial con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 20 minutos a 250 r.p.m.
- **Tratamiento N° 04.-** Está compuesta por 0,75 gr. de quitosano comercial con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 20 minutos a 250 r.p.m.

### **Quitosano natural (plumas de pota)**

- **Tratamiento N° 05.-** Está compuesta por 0,1 gr. de quitosano natural con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 10 minutos a 250 r.p.m.
- **Tratamiento N° 06.-** Está compuesta por 0,25 gr. de quitosano natural con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 15 minutos a 250 r.p.m.
- **Tratamiento N° 07.-** Está compuesta por 0,5 gr. de quitosano natural con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 20 minutos a 250 r.p.m.
- **Tratamiento N° 08.-** Está compuesta por 0,75 gr. de quitosano natural con 700 ml de agua desionizada con 0,035 gr de Sulfato de Cobre en un tiempo de 20 minutos a 250 r.p.m.

A continuación, se representará la cantidad de muestras a analizar:

**Tabla N° 1: Número de muestras a analizar con ambos quitosanos**

Número de repeticiones	Metal de Cobre (Cu)		Número de repeticiones
	Quitosano Comercial (Q.C.)	Quitosano Natural (Q.N.)	
A	A1	A1'	A'
	A2	A2'	
	A3	A3'	
B	B1	B1'	B'
	B2	B2'	
	B3	B3'	
C	C1	C1'	C'
	C2	C2'	
	C3	C3'	
D	D1	D1'	D'
	D2	D2'	
	D3	D3'	
$\sum_{(A,B,C,D)}$	<b>12</b>	<b>12</b>	$\sum_{(A',B',C',D')}$
<b><math>\sum_{TOTAL} = 24</math> muestras</b>			

Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Variables y Operacionalización

Tabla N° 2: Matriz de Operacionalidad

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN (TIPOS)	INDICADORES	ESCALA
<b>USO DE QUITOSANO</b>	“El quitosano es un polímero natural que se adquiere mediante un proceso biológico, se utiliza como coagulante y floculante a la vez para el tratamiento que se dan a las aguas para ser potabilizadas [...] y no genera daños a la salud humana” (Fuentes, <i>et al.</i> , 2008).	Se comparará el quitosano comercial y el obtenido a partir de pluma de pota en el tratamiento para las muestras obtenidas de la cuenca baja del Río Chillón.	Dosis de quitosano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosis de quitosano comercial.</li> <li>• Dosis de quitosano natural (pluma de pota).</li> </ul>	gr. de la dosis para aplicar en el tratamiento
			Capacidad de adsorción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de adsorción con quitosano comercial.</li> <li>• Capacidad de adsorción con quitosano natural.</li> </ul>	mg.gr <sup>-1</sup>
<b>CALIDAD DEL AGUA</b>	“El recurso hídrico es sustancial para nuestra supervivencia, tanto del ser humano como de planta y animales” (Vílchez, 2005).	Se realizara una caracterización de la muestra extraída de la cuenca baja del río Chillón, para identificar la alteración de los parámetros fisicoquímicos.	Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Conductividad E.</li> </ul>	C° NTU μS/cm
			Propiedades químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH*</li> </ul>	[1-14]

\*pH = Puente de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia

## **2.3 Población y muestra**

### **2.3.1 Población**

Será infinita por las dimensiones que comprende el caudal de agua que atraviesa por la cuenca baja del Río Chillón (Wigodski, 2010).

### **2.3.2 Muestra**

En la presente investigación la muestra se tomó por conveniencia, ya que la población es infinita, utilizando 30 litros del agua de la cuenca baja del Río Chillón, para el análisis e identificación de la calidad del agua y la realización de su tratamiento. (López, 2004).

#### **2.3.2.1. Muestreo**

Como método de referencia a emplear fue el Protocolo Nacional del Monitoreo de la Calidad del Agua (R.J N° 010-2016-ANA) para seguir las pautas secuencialmente y así poder determinar las concentraciones de los parámetros junto a los requerimientos para el volumen del agua a ser tratada por el quitosano comercial y el obtenido de pluma de pota. También se utilizó el D.S. N° 004-2017-MINAM “Estándares de Calidad Ambiental del Agua” Categoría 3-D1 para hacer las respectivas comparaciones entre los datos obtenidos y poder generar discusión de resultados.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnicas**

Se aplicó la observación experimental, ya que se elaboró un registro de datos mediante 03 instrumentos: la ficha de campo para determinar las concentraciones de los parámetros físico-químicos que hay en el agua, ficha de muestra para determinar datos adicionales para el pre tratamiento como el volumen del agua a usar, cantidad de botellas Policloruro de Vinilo (PVC) esterilizadas, etc. y por último la cadena de custodia que brindó el laboratorio donde se mandó a realizar los respectivos análisis del agua de la cuenca baja del Río Chillón (Tamayo y Silva, *s.f.*).



### **Etapa 1: Delimitación del área de estudio.**

El área de estudio fue en la cuenca baja del Río Chillón, dando por prioridad a la zona aledaña del Asentamiento Humano (AA.HH) Márquez, perteneciente al distrito constitucional de Callao; debido a que existen industrias que al emitir sus efluentes, estos sobrepasan las concentraciones de cobre según los estándares establecidos por la autoridad competente (MINAM) en la zona. **(Ver anexo 1)**

### **Etapa 2: Identificación de los puntos de muestreo**

El establecimiento de la red de puntos de monitoreo de un recurso hídrico superficial se realiza de manera preliminar en gabinete. Para ello, es necesario contar con un mapa hidrográfico de la cuenca hidrográfica e intercuenca. La recopilación e integración de información se realizó desde la georreferenciación de los puntos de muestreo hasta el mapa final a través de herramientas informáticas como ArcGis, entre otros (Protocolo Nacional del Monitoreo de la Calidad del Agua, 2016). **(Ver Anexo 2)**

### **Etapa 3: Muestreo y análisis de la calidad del agua**

Se hizo un muestreo simple en tres (03) puntos identificados, que deben de tener accesibilidad y procedente a ello se realizó a seguir los pasos del Protocolo Nacional del Monitoreo de la Calidad del Agua brindado por la Autoridad Nacional del Agua, desde el muestreo hasta la conservación de las muestras, analizando los parámetros de campo (T°, pH, Conductividad Eléctrica, OD) para su posterior análisis en el laboratorio de los metales pesados por el método ICP-MS (barrido).

#### ***Materiales:***

Se utilizaron 05 Botellas de PVC desesterilizadas de 1 000 ml. y 500 ml., GPS, vaso precipitado de 100 mL, guantes, cooler, cadena de custodia, rotuladores y etiquetas.

#### ***Reactivos:***

Se usó del Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>) para la preservación de la muestra en cuanto a metales pesados previo a su análisis (Barrido ICP).

**Equipos:**

Se hizo uso del pHmetro para medición de pH (insitu y exsitu) y multiparametro para la medición de conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbidez (insitu y exsitu).

El procedimiento de obtención de datos por cada punto se encontrará en el **Anexo 3 “Monitoreo de calidad de agua en la cuenca del Río Chillón”**, con referencia de los siguientes anexos:

- Anexo 3.1 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-01.
- Anexo 3.2 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-02.
- Anexo 3.3 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-03.

**Etapas 4: Obtención del quitosano comercial**

Para realizar este paso se tuvo que recopilar información de posibles tiendas que permitan la venta del quitosano; desde un punto de vista comercial su demanda es regularmente alta y este producto se encuentra fabricado por exoesqueletos de camarones. **(Ver Anexo 4)**

**Etapas 5: Elaboración del quitosano natural**

Siguiendo la metodología de Valenzuela (2006), para la elaboración del quitosano de pota (*Dosidicus gigas*) se empleó los siguientes pasos:

- 1) Se trató aproximadamente 800 gr de plumas de pota (previamente lavadas y cortadas) con HCl 2N a temperatura ambiente durante una noche.
- 2) Posteriormente se lavó el material con abundante agua desionizada hasta obtener un pH neutro y se redujo a tamaño más pequeño con la ayuda de un molino de cocina.
- 3) El material resultante se procedió a tratar con NaOH 10% a temperatura ambiente por 24h.
- 4) Posteriormente se procedió a lavar el material con abundante agua desionizada hasta pH 7.0 y se trató con NaOH 2N, se deja en calentamiento por 4hrs. a 100 °C para obtener Quitina.

- 5) Del producto obtenido se trató con NaOH 50% y se dejó en calentamiento aproximadamente por 8h a 100 °C, para obtener quitosano.
- 6) Finalmente se lava con abundante agua desionizada hasta pH 7.0, se procedió a reducir el tamaño del producto obtenido, con una licuadora para obtener un grano más fino y posteriormente se deja en la estufa por 24 h. a 50°C.

El procedimiento de cada etapa para la obtención del quitosano a partir de las plumas (cartílago) de pota se visualiza en el **Anexo 5**.

#### **Etapa 6: Tratamiento del agua con quitosano.**

En ésta etapa se procedió a tratar el agua que contiene concentraciones de cobre (Cu) a partir del quitosano comercial (caparazones de camarón) y el quitosano natural (pluma de pota) mediante el Ensayo de Coagulación (Jar Test) a escala laboratorio, es decir, se utilizará agua desionizada para así obtener los resultados que ayudarán en la discusión de resultados y en la comparación de la eficiencia de ambos tipos de quitosano mediante la capacidad de adsorción de cobre por ambos biopolímeros.

Para realizar este tratamiento de adsorción de cobre se trabajó con 04 dosis de quitosano comercial: 0,1 gr., 0,25 gr., 0,5 gr. y 0,75 gr.; y se empleó 0,035 gr de Cu por cada vaso precipitado de 2000 mL; realizándose 03 repeticiones por cada dosis obteniéndose 12 resultados diferentes, tal como se muestra en la Tabla N° 03 de la presente investigación. A su vez, se midieron parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad eléctrica y turbidez en todas las muestras para detectar si en efecto hay una mejoría en las muestras.

**Tabla N° 3: Datos para realizar el tratamiento de agua**

Codificación de muestra	Dosis de quitosano comercial (gr.)	Tiempo (min)	Dosis de cobre inicial (gr.)	Cantidad de revoluciones (rpm)	Volumen de agua (ml)
A1	0,1	10	0,035	250	700
A2					
A3					
B1	0,25	15			
B2					
B3					
C1	0,5	20			
C2					
C3					
D1	0,75	25			
D2					
D3					

Fuente: Elaboración propia

Para identificar los pasos a seguir en cuanto al tratamiento de agua con quitosano natural y comercial, se va a identificar en el **Anexo 6**, que está subdividido de la siguiente manera:

- Anexo 6.1 – Tratamiento de agua con quitosano comercial
- Anexo 6.2 – Tratamiento de agua con quitosano natural

#### **2.4.2 Validación y confiabilidad del instrumento**

Se hizo la validación y evaluación de los instrumentos por juicio de 3 ingenieros y 1 magistrado con sus firmas. Estos instrumentos son:

- 1) Ficha de campo para el monitoreo de agua (**Ver Anexo 7**)
- 2) Ficha de muestra para el monitoreo de agua (**Ver Anexo 8**)
- 3) Cadena de custodia (brindada por el laboratorio).

#### **2.5 Métodos de análisis de datos**

Para el análisis de datos se tomó en cuenta que las variables al ser cuantitativas deben indicar promedios numéricos expresados en diferentes unidades (gr/lit, %, lit.) junto con sus respectivos gráficos estadísticos. Se hará el proceso de recolección y análisis mediante dos (02) programas de Microsoft Office Excel 2013 e IBM SPSS.

## 2.6 Aspectos éticos

El proyecto de investigación “Comparación entre el quitosano comercial y el obtenido de pluma de pota (*Dosidicus gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la Cuenca Baja del Río Chillón a nivel laboratorio” se hará con información recolectada de bibliografía virtual respetando los derechos del autor y/o entidades.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Caracterización de la cuenca del río Chillón:

Se establecieron tres (03) puntos de muestreo para obtener datos de parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad eléctrica y pH, como también metales pesados (cobre) en la cuenca alta, media y baja del río Chillón, los cuales se muestran a continuación:

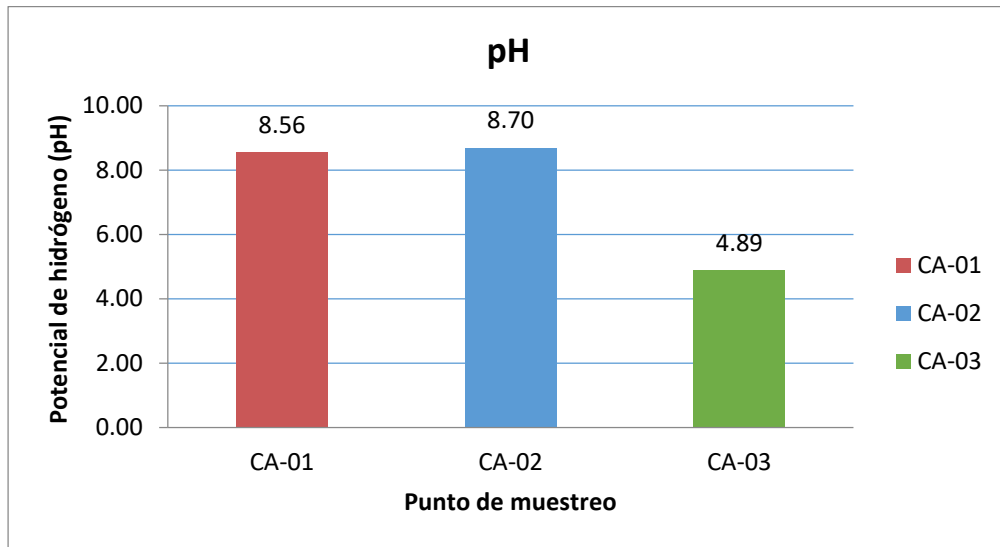
Tabla N° 4: Datos obtenidos en la cuenca del río Chillón

Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18S)				Parámetros	Resultados obtenidos
	Norte	Este	Altitud	Fecha y hora		
CA-01	8 783 838	390 750	598 m.s.n.m.	09/10/17 11:10 a.m.	pH	8,56
					T°	20,6 °C
					C.E.	783 µS/cm
					Cu	0,0022 mg/lit
CA-02	8 683 198	275 011	137 m.s.n.m.	26/10/17 10:15 a.m.	pH	8,70
					T°	23,3°C
					C.E.	706 µS/cm
					Cu	0,0264 mg/lit
CA-03	8 679 313	267 509	8 m.s.n.m.	01/05/18 12:00 p.m.	pH	4,89
					T°	22,3 °C
					C.E.	755 µS/cm
					Cu	0,2580 mg/lit

Fuente: Elaboración propia

Para dar una mejor interpretación de los datos fisicoquímicos y de metales pesados (Cu) se realizará gráficos de barras, tal como se muestra a continuación.

### Potencial de hidrógeno:

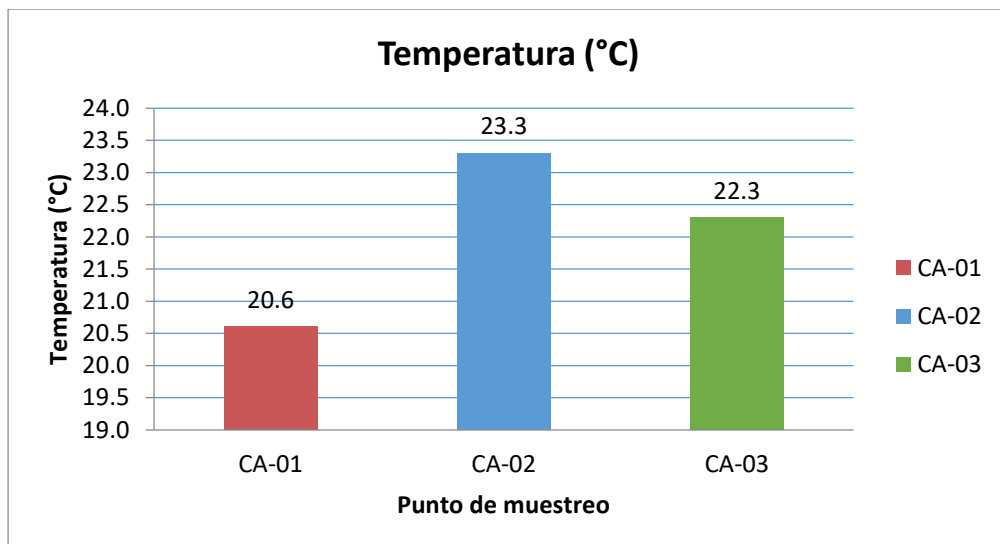


Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 1: Resultados de pH

**Interpretación N°1:** En los 03 puntos el pH no se encuentra dentro del rango establecido por el ECA Agua (ECA: 6,5 – 8,5); para los puntos CA-01 y CA-02 se debe a que en ambas zonas utilizan las laderas de los ríos para actividades de aseo personal y lavado de ropa, haciendo uso de detergentes y objetos de limpieza, volviendo más alcalina el agua; mientras que en el punto CA-03 se debe a que en el recorrido del Río Chillón hay mayor desarrollo de actividades antrópicas.

### Temperatura (°C)

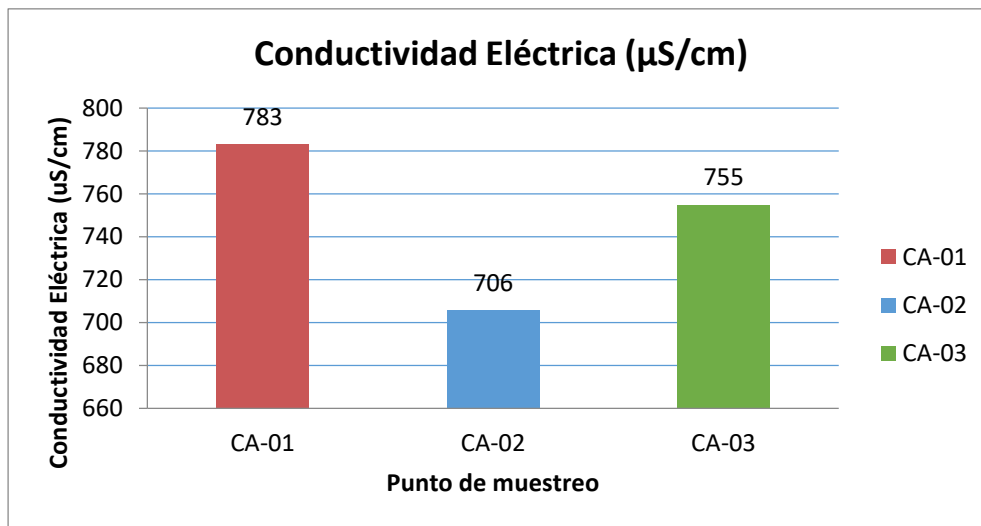


Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 2: Resultados de Temperatura (°C)

**Interpretación N°2:** En los 03 puntos se presenta mayor temperatura en la estación CA-02 (23,3°C) mientras que la mínima es en la estación CA-01 (20,6°), las cuales fueron influenciadas principalmente por la climatología propia de cada zona.

**Conductividad eléctrica:**

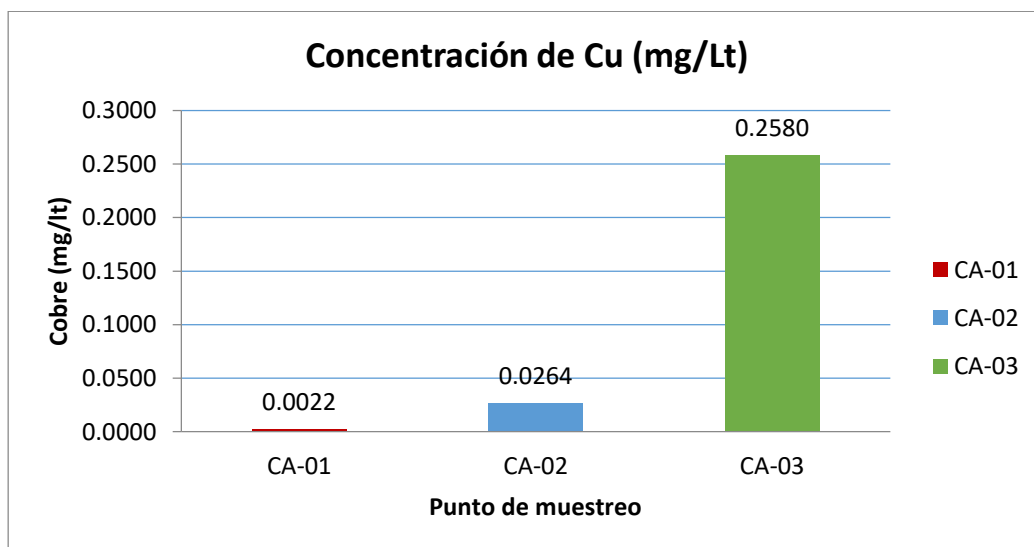


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 3: Resultados de Conductividad Eléctrica (µS/cm)**

**Interpretación N°3:** En los 03 puntos de muestreo la conductividad eléctrica se encuentra dentro del ECA agua establecido (ECA: 2500 µS/cm); donde en el punto CA-01 hay mayor conductividad (783 µS/cm) y en el punto se encuentra la mínima (706 µS/cm).

**Cobre:**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 4: Resultados de Cobre (mg/Lt)**

**Interpretación N°4:** El punto CA-03 es el único que sobrepasa el ECA agua establecido (ECA: 0.2 mg/lit); esto se debe a la influencia que tienen las diversas industrias respecto a los efluentes que emiten a través del curso del río Chillón hasta su desembocadura.

### 3.2 Eficiencia de remoción del quitosano comercial y quitosano natural (E%):

Previo a ello se obtuvieron los siguientes datos de concentración de cobre inicial y final para la elaboración de la eficiencia, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 5: Resultados iniciales y finales de cobre (Cu)**

QUITOSANO COMERCIAL			QUITOSANO NATURAL		
Codificación de muestra	Dosis de cobre inicial (mg/lit)	Dosis de cobre final (mg/lit)	Codificación de muestra	Dosis de cobre inicial (mg/lit)	Dosis de cobre final (mg/lit)
A1	35	3,40	A1'	35	1,04
A2	35	3.67	A2'	35	1,88
A3	35	3.23	A3'	35	1,82
<b>A</b>	<b>35</b>	<b>3.43</b>	<b>A'</b>	<b>35</b>	<b>1.25</b>
B1	35	7.67	B1'	35	3.75
B2	35	6.15	B2'	35	5.40
B3	35	3.97	B3'	35	4.12
<b>B</b>	<b>35</b>	<b>5.93</b>	<b>B'</b>	<b>35</b>	<b>4.42</b>
C1	35	9.97	C1'	35	4.31
C2	35	13.4	C2'	35	6.97
C3	35	10.3	C3'	35	5.76
<b>C</b>	<b>35</b>	<b>11.22</b>	<b>C'</b>	<b>35</b>	<b>5.68</b>
D1	35	20.35	D1'	35	7.37
D2	35	21.91	D2'	35	8.43
D3	35	22.82	D3'	35	8.51
<b>D</b>	<b>35</b>	<b>21.69</b>	<b>D'</b>	<b>35</b>	<b>8.1</b>

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Realizando la comparación en la Tabla N°5 entre las 04 dosis promedio de ambos quitosano, se puede comprobar que el cobre se redujo hasta 3,23 mg/lit con la Dosis A (0,1 gr) en cuanto al quitosano comercial; mientras que el quitosano natural redujo hasta 1,25 con la Dosis A (0,1 gr.)



Con la finalidad de verificar el porcentaje de eficiencia que tienen ambos biopolímeros en la reducción de Cu, se aplicó en las 12 muestras la siguiente fórmula, la cual se verifica en la Tabla N°6:

**Tabla N° 6: Resultados iniciales y finales de eficiencia de remoción (E%)**

<b>EFICIENCIA DE REMOCIÓN (E%)</b>	
$E\% = \left( \frac{Cu\ inicial - Cu\ final}{Cu\ inicial} \right) \times 100$	
<b>QUITOSANO COMERCIAL</b>	<b>QUITOSANO NATURAL</b>
$E\%_{(A1)} = (35 - 03,40 / 35) \times 100 = \mathbf{90,3\%}$	$E\%_{(A1')} = (35 - 1,04 / 35) \times 100 = \mathbf{97\%}$
$E\%_{(A2)} = (35 - 03,67 / 35) \times 100 = \mathbf{89,5\%}$	$E\%_{(A2')} = (35 - 1,88 / 35) \times 100 = \mathbf{94,6\%}$
$E\%_{(A3)} = (35 - 03,23 / 35) \times 100 = \mathbf{90,8\%}$	$E\%_{(A3')} = (35 - 1,82 / 35) \times 100 = \mathbf{94,8\%}$
<b>E% (A) = 90,2 %</b>	<b>E% (A) = 95,5 %</b>
$E\%_{(B1)} = (35 - 07,67 / 35) \times 100 = \mathbf{78,1\%}$	$E\%_{(B1')} = (35 - 3,75 / 35) \times 100 = \mathbf{89,3\%}$
$E\%_{(B2)} = (35 - 06,15 / 35) \times 100 = \mathbf{82,4\%}$	$E\%_{(B2')} = (35 - 5,40 / 35) \times 100 = \mathbf{84,6\%}$
$E\%_{(B3)} = (35 - 03,97 / 35) \times 100 = \mathbf{88,7\%}$	$E\%_{(B3')} = (35 - 4,12 / 35) \times 100 = \mathbf{88,2\%}$
<b>E% (B) = 83,1 %</b>	<b>E% (B) = 87,4 %</b>
$E\%_{(C1)} = (35 - 09,97 / 35) \times 100 = \mathbf{38\%}$	$E\%_{(C1')} = (35 - 4,31 / 35) \times 100 = \mathbf{87,7\%}$
$E\%_{(C2)} = (35 - 13,40 / 35) \times 100 = \mathbf{71,5\%}$	$E\%_{(C2')} = (35 - 6,97 / 35) \times 100 = \mathbf{80,1\%}$
$E\%_{(C3)} = (35 - 10,30 / 35) \times 100 = \mathbf{61,7\%}$	$E\%_{(C3')} = (35 - 5,76 / 35) \times 100 = \mathbf{83,5\%}$
<b>E% (C) = 57,1 %</b>	<b>E% (C) = 83,8 %</b>
$E\%_{(D1)} = (35 - 20,35 / 35) \times 100 = \mathbf{41,9\%}$	$E\%_{(D1')} = (35 - 7,37 / 35) \times 100 = \mathbf{78,9\%}$
$E\%_{(D2)} = (35 - 21,91 / 35) \times 100 = \mathbf{37,4\%}$	$E\%_{(D2')} = (35 - 8,43 / 35) \times 100 = \mathbf{75,9\%}$
$E\%_{(D3)} = (35 - 22,82 / 35) \times 100 = \mathbf{34,8\%}$	$E\%_{(D3')} = (35 - 8,51 / 35) \times 100 = \mathbf{75,7\%}$
<b>E% (D) = 38 %</b>	<b>E% (D) = 76,8 %</b>

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Realizando la comparación en la Tabla N°05 entre las 04 dosis promedio de ambos quitosano, se puede comprobar que la eficiencia máxima es de 90,2% con la Dosis A (0,1 gr) en cuanto al quitosano comercial y la mínima fue de 38% con la Dosis D (0,75 gr.); mientras que el quitosano natural tuvo una eficiencia de 95,5% con la misma dosis mencionada y un mínimo porcentaje de 76,8% con la Dosis D (0,75 gr.).

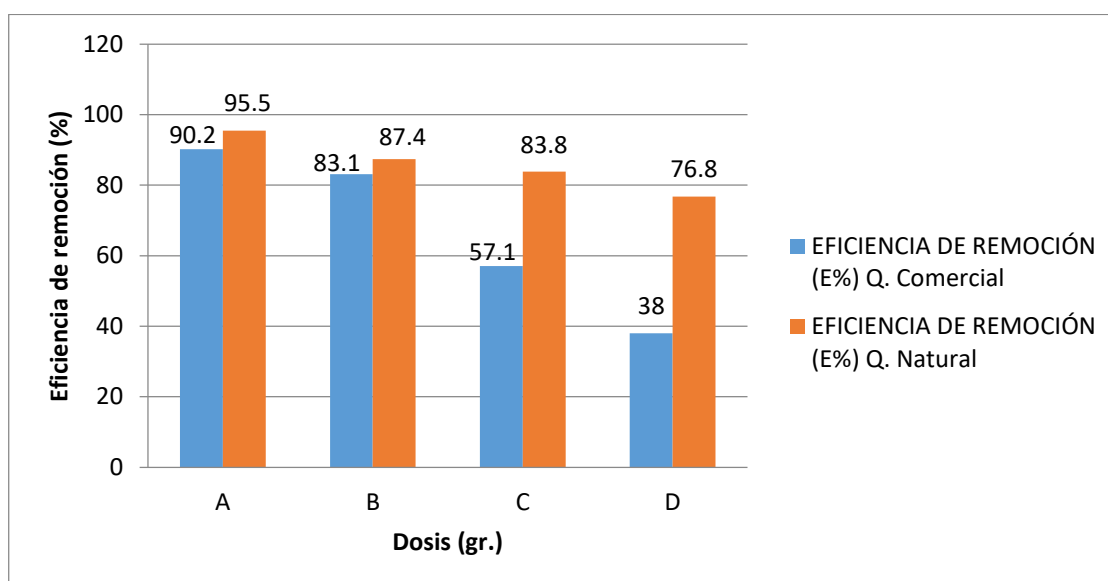
De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos de los E% las siguientes precisiones que tuvieron ambos quitosano:

**Tabla N° 7: Resultados iniciales y finales de eficiencia de remoción (E%)**

Codificación de muestra	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (E%)	
	Q. Comercial	Q. Natural
A	90.2	95.5
B	83.1	87.4
C	57.1	83.8
D	38	76.8

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente, se representan estos valores en el siguiente cuadro:



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 5: Resultados de Eficiencia de remoción (E%) Integral**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en cuanto a la eficiencia, se aprecia que en la dosis D (0,75 gr.) obtiene menor eficiencia de Cu con 38% del quitosano comercial; mientras que la dosis A (0,1 gr.) del quitosano natural obtuvo mayor eficiencia en un 95,5 %, indicando que a menor dosis hay mayor remoción de cobre (Cu).

### 3.3 Dosis óptima en el tratamiento de agua con quitosano comercial y quitosano natural en parámetros físicos y químicos:

#### **Parámetros físicos.-**

#### **QUITOSANO COMERCIAL:**

Antes de realizarse el tratamiento de las muestras contaminadas en el Jar-Test se procedió a tomar datos de parámetros físicos por cada muestra, teniendo por resultados los siguientes que se indican en la Tabla N°8.

Tabla N° 8: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano comercial

Codificación de muestra	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (μS/cm)
A1	21.5	80
A2	21.5	40
A3	21.5	90
<b>A</b>	<b>21.5</b>	<b>70</b>
B1	23.3	150
B2	23.4	160
B3	23.6	100
<b>B</b>	<b>23.4</b>	<b>136.7</b>
C1	23.4	90
C2	23.5	90
C3	23.6	70
<b>C</b>	<b>23.5</b>	<b>83.3</b>
D1	23.7	80
D2	23.7	130
D3	23.5	100
<b>D</b>	<b>23.6</b>	<b>103.3</b>

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

– **Dosis A:**

- **Temperatura:** En las 03 repeticiones la temperatura es de 21,5°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones la conductividad eléctrica tiene como máximo 90 μS/cm y como mínimo 40 μS/cm.

– **Dosis B:**

- **Temperatura:** En cuanto a las 03 repeticiones se obtiene como una temperatura máxima de 23,6°C y una temperatura mínima de 23,6°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones, la conductividad eléctrica tiene como máximo 160 μS/cm y como mínimo 150 μS/cm.

– **Dosis C:**

- **Temperatura:** En las 03 repeticiones se obtiene como una temperatura máxima de 23,6°C y una temperatura mínima de 23,5°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones, la conductividad eléctrica alcanza como máximo 90 μS/cm y como mínimo 70 μS/cm.

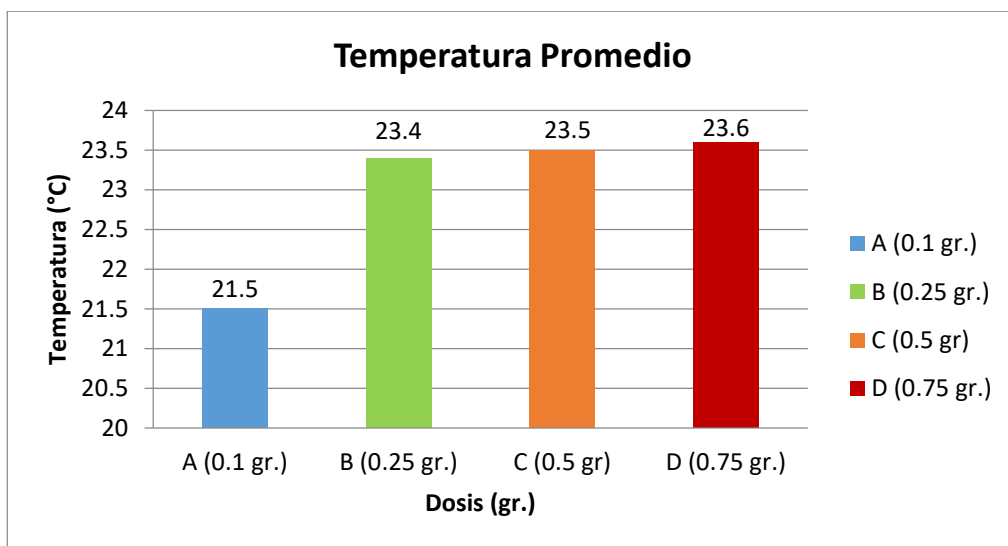
– **Dosis D:**

- **Temperatura:** Para las 03 repeticiones este parámetro tiene como una temperatura máxima de 23,7°C y una temperatura mínima de 23,5°C.

- **Conductividad eléctrica:** Para las 03 repeticiones la conductividad eléctrica tiene como máximo 130  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y como mínimo 80  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos las siguientes precisiones antes del tratamiento:

**Temperatura:**

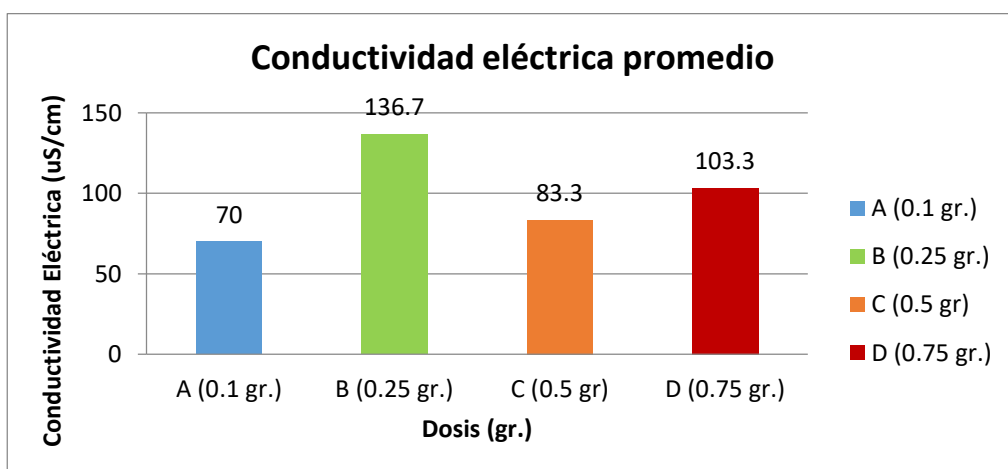


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 6: Resultados Integrados de Temperatura (°C) – Pre Tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación en el Grafico N°6 entre las 04 dosis promedio de quitosano comercial, se puede comprobar que la temperatura menor es de 21,5°C obtenida en la Dosis A (0,1 gr.), mientras que la mayor temperatura se da en la Dosis D (0,75 gr.) con 23,6°C.

**Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ):**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 7: Resultados de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – Pre-tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°7, se aprecia que en la dosis D (0,75 gr.) se obtiene mayor conductividad eléctrica con 136,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; mientras que con la dosis A (0,1 gr.) hay menor conductividad eléctrica de 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Después de realizar el tratamiento de las muestras contaminadas, se procedió a evaluar los mismos parámetros por cada muestra, teniendo por resultados los que se indican en la Tabla N°9.

**Tabla N° 9: Resultados finales del tratamiento con quitosano comercial**

<b>Codificación de muestra</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Conductividad eléctrica (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>Turbidez Final* (NTU)</b>
A1	21.4	67	3.44
A2	21.2	35	3.53
A3	21.4	82	3.56
<b>A</b>	<b>21.3</b>	<b>84.7</b>	<b>3.7</b>
B1	23.1	124	3.87
B2	22.9	155	3.8
B3	23	89	3.79
<b>B</b>	<b>23</b>	<b>122.7</b>	<b>3.82</b>
C1	23.1	74	3.67
C2	23.1	86	3.44
C3	23.2	59	3.56
<b>C</b>	<b>23.1</b>	<b>73</b>	<b>3.55</b>
D1	23.4	66	3.94
D2	23.2	101	3.87
D3	23.1	78	3.88
<b>D</b>	<b>23.2</b>	<b>81.6</b>	<b>3.9</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: (\*) La turbidez no fue considerada dentro de los parámetros iniciales puesto que, al realizar este tratamiento con agua desionizada no contienen STS; indicando que la turbidez es 0 NTU.

### **Interpretación:**

#### **– Dosis A:**

- **Temperatura:** En las 03 repeticiones la temperatura máxima es de 21,4°C y la temperatura mínima es de 21,2°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones la conductividad eléctrica es de 35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- **Turbidez:** Para las 03 repeticiones la turbidez tiene como máximo 3,56 NTU y como mínimo 3,44 NTU.

– **Dosis B:**

- **Temperatura:** En cuanto a las 03 repeticiones se obtiene como una temperatura máxima de 23,1°C y una temperatura mínima de 22,9°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones, la conductividad eléctrica tiene como máximo 155 µS/cm y como mínimo 89 µS/cm.
- **Turbidez:** Para las 03 repeticiones la turbidez tiene como máximo 3,87 NTU y como mínimo 3,79 NTU.

– **Dosis C:**

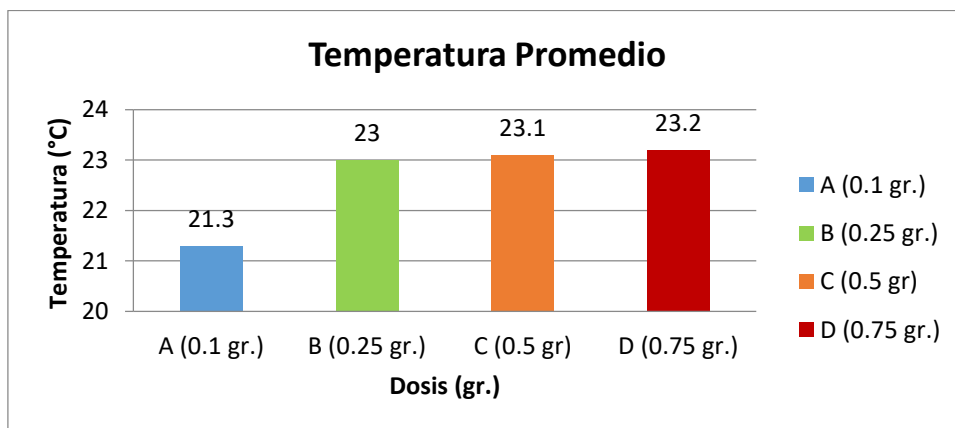
- **Temperatura:** En las 03 repeticiones se obtiene como una temperatura máxima de 23,2°C y una temperatura mínima de 23,1°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones, la conductividad eléctrica alcanza como máximo 86 µS/cm y como mínimo 59 µS/cm.
- **Turbidez:** Para las 03 repeticiones la turbidez tiene como máximo 3,67 NTU y como mínimo 3,44 NTU.

– **Dosis D:**

- **Temperatura:** Para las 03 repeticiones este parámetro tiene como temperatura máxima de 23,4°C y la mínima de 23,1°C.
- **Conductividad eléctrica:** Para las 03 repeticiones la conductividad eléctrica tiene como máximo 101 µS/cm y como mínimo 66 µS/cm.
- **Turbidez:** Para las 03 repeticiones la turbidez tiene como máximo 3,94 NTU y como mínimo 3,87 NTU.

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos por las 03 repeticiones de cada dosis las siguientes precisiones después del tratamiento:

**Temperatura (°C):**

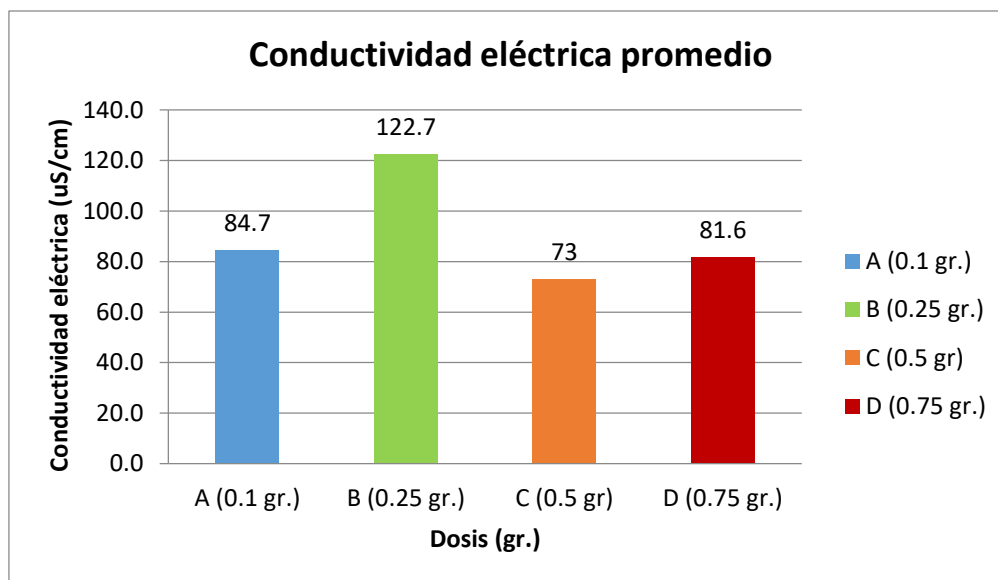


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 8: Resultados Integrados de Temperatura (°C) – Post Tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación en el Grafico N°8 entre las 04 dosis promedio de quitosano comercial, se puede comprobar que la temperatura menor es de 21,3°C obtenida en la Dosis A (0,1 gr.), mientras que la mayor temperatura se da en la Dosis D (0,75 gr.) con 23,2°C.

**Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ):**

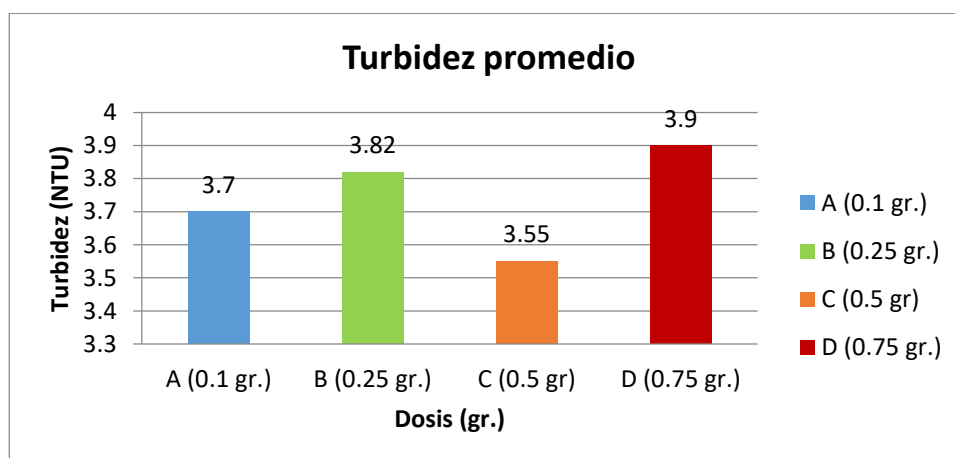


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 9: Resultados de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – Post-tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°9, se aprecia que en la dosis B (0,25 gr.) obtiene mayor conductividad eléctrica con 122,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; mientras que la dosis C (0,5 gr.) hay menor conductividad eléctrica de 73  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**Turbidez (NTU):**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 10: Resultados de Turbidez Promedio (NTU) – Post-Tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°10, se aprecia que en la dosis D (0,75 gr.) obtiene mayor turbidez con 3,90 NTU; mientras que la dosis C (0,25 gr.) hay turbidez de 3,55 NTU.

### QUITOSANO NATURAL:

Antes de realizarse el tratamiento de las muestras contaminadas en el Jar-Test se procedió a tomar datos de parámetros físicos por cada muestra, teniendo por resultados los siguientes que se indican en la Tabla N°10.

**Tabla N° 10: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano natural**

Codificación de muestra	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
A1'	23.6	60
A2'	23.6	60
A3'	23.8	50
<b>A'</b>	<b>23.7</b>	<b>56.7</b>
B1'	23.8	90
B2'	23.4	70
B3'	23.6	50
<b>B'</b>	<b>23.6</b>	<b>73.4</b>
C1'	23.1	70
C2'	23.5	90
C3'	23.5	60
<b>C'</b>	<b>23.4</b>	<b>73.4</b>
D1'	23.4	70
D2'	23.7	140
D3'	23.6	140
<b>D'</b>	<b>23.6</b>	<b>116.7</b>

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

#### – Dosis A:

- **Temperatura:** En las 03 repeticiones la temperatura mínima es de 23,8°C y la mínima de 23,6°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones la conductividad eléctrica tiene como máximo 60 µS/cm y como mínimo 50 µS/cm.

#### – Dosis B:

- **Temperatura:** En cuanto a las 03 repeticiones se obtiene como una temperatura máxima de 23,8°C y una temperatura mínima de 23,4°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones, la conductividad eléctrica tiene como máximo 90 µS/cm y como mínimo 50 µS/cm.



– **Dosis C:**

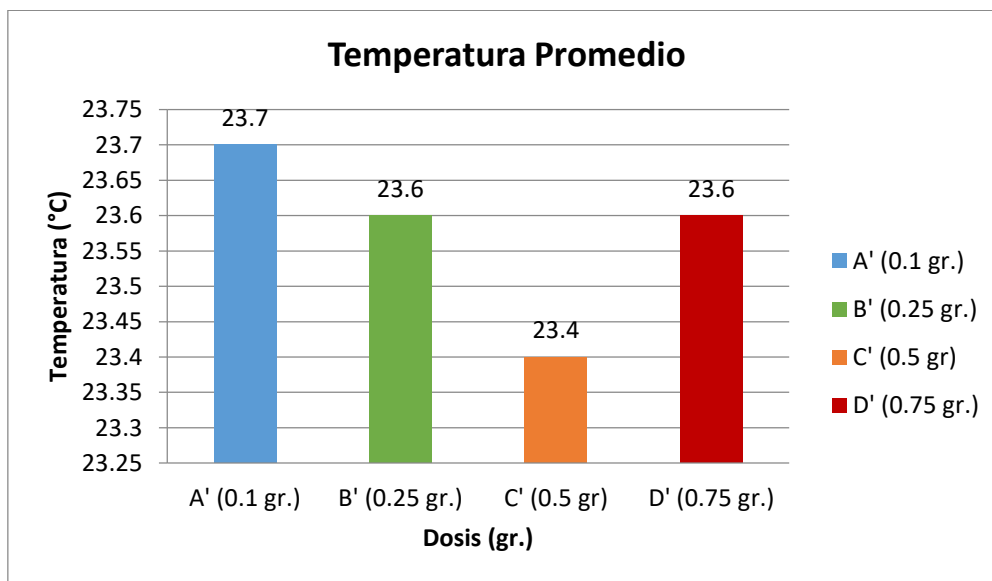
- **Temperatura:** En las 03 repeticiones se obtiene como una temperatura máxima de 23,5°C y una temperatura mínima de 23,1°C.
- **Conductividad eléctrica:** En las 03 repeticiones, la conductividad eléctrica alcanza como máximo 90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y como mínimo 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

– **Dosis D:**

- **Temperatura:** Para las 03 repeticiones este parámetro tiene como una temperatura máxima de 23,7°C y una temperatura mínima de 23,4°C.
- **Conductividad eléctrica:** Para las 03 repeticiones la conductividad eléctrica tiene como máximo 140  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y como mínimo 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos las siguientes precisiones antes del tratamiento:

**Temperatura (°C):**

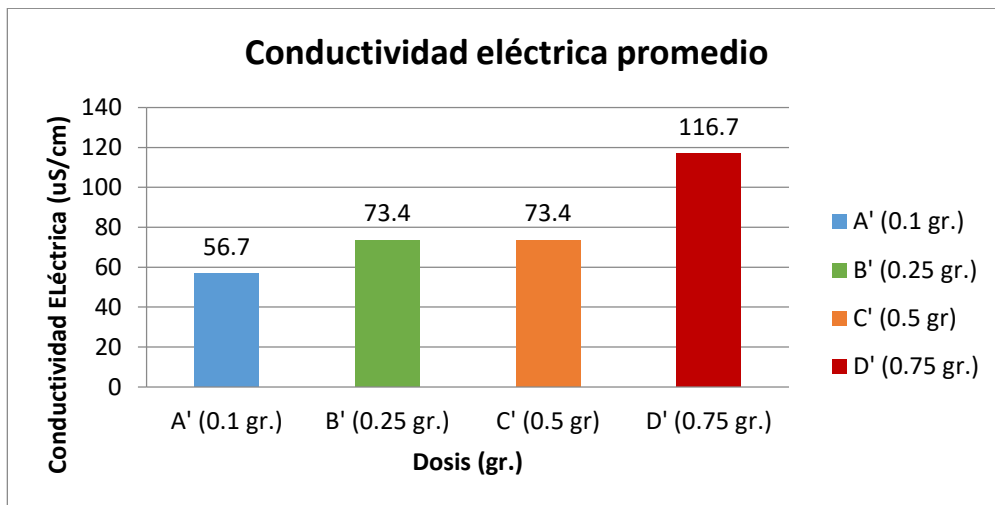


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 11: Resultados Integrados de Temperatura (°C) – Post Tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación en el Grafico N°11 entre las 04 dosis promedio de quitosano natural, se puede comprobar que la temperatura menor es de 23,4°C obtenida en la Dosis C' (0,5 gr.), mientras que la mayor temperatura se da en la Dosis A' (0,1 gr.) con 23,7°C.

### Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ):

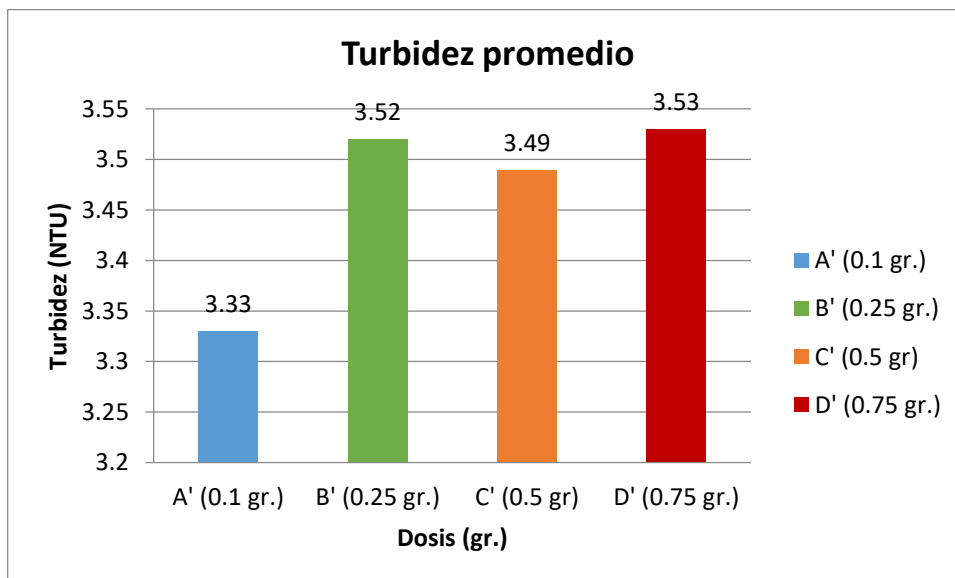


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 12: Resultados de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – Pre-tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°12, se aprecia que en la dosis D' (0,25 gr.) se obtiene mayor conductividad eléctrica con 116,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; mientras que con la dosis A (0,1 gr.) hay menor conductividad eléctrica de 56,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### Turbidez (NTU)



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 13: Resultados de Turbidez (NTU) – Pre-tratamiento**

**Interpretación:** En el Grafico N°13, se aprecia que en la dosis D (0,75 gr.) obtiene mayor turbidez con 3,53 NTU; mientras que la dosis A (0,1 gr.) hay turbidez de 3,33

NTU, la cual es menor y beneficia a la muestra contaminada, ya que se requiere que la turbidez sea mínima.

### COMPARACIÓN DE QUITOSANO COMERCIAL Y NATURAL:

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos que tanto aumentó o disminuyó cada parámetro como indica la Tabla N° 11:

Tabla N° 11: Resultados integrales de ambos tratamientos

	Codificación de muestra	Temperatura		Conductividad eléctrica		Turbidez*
		Inicial (°C)	Final (°C)	Inicial (μS/cm)	Final (μS/cm)	Final (NTU)
QUITOSANO COMERCIAL	A1	21.5	21.4	80	67	3.44
	A2	21.5	21.2	40	35	3.53
	A3	21.5	21.4	90	82	3.56
	<b>A</b>	<b>21.5</b>	<b>21.3</b>	<b>70</b>	<b>84.7</b>	<b>3.7</b>
	B1	23.3	23.1	150	124	3.87
	B2	23.4	22.9	160	155	3.8
	B3	23.6	23	100	89	3.79
	<b>B</b>	<b>23.4</b>	<b>23</b>	<b>136.7</b>	<b>122.7</b>	<b>3.82</b>
	C1	23.4	23.1	90	74	3.67
	C2	23.5	23.1	90	86	3.44
	C3	23.6	23.2	70	59	3.56
	<b>C</b>	<b>23.5</b>	<b>23.1</b>	<b>83.3</b>	<b>73</b>	<b>3.55</b>
	D1	23.7	23.4	80	66	3.94
	D2	23.7	23.2	130	101	3.87
D3	23.5	23.1	100	78	3.88	
<b>D</b>	<b>23.6</b>	<b>23.2</b>	<b>103.3</b>	<b>81.6</b>	<b>3.9</b>	
QUITOSANO NATURAL	A1'	23.6	22.8	60	20	3.3
	A2'	23.6	23.1	60	20	3.41
	A3'	23.8	22.9	50	20	3.29
	<b>A'</b>	<b>23.7</b>	<b>23</b>	<b>56.7</b>	<b>20</b>	<b>3.33</b>
	B1'	23.8	23.1	90	50	3.45
	B2'	23.4	23	70	40	3.6
	B3'	23.6	23.2	50	40	3.52
	<b>B'</b>	<b>23.6</b>	<b>23.1</b>	<b>73.4</b>	<b>43.3</b>	<b>3.52</b>
	C1'	23.1	22.9	70	40	3.58
	C2'	23.5	23.1	90	70	3.6
	C3'	23.5	23.2	60	50	3.59
	<b>C'</b>	<b>23.4</b>	<b>23.1</b>	<b>73.4</b>	<b>53.3</b>	<b>3.49</b>
	D1'	23.4	23.2	70	60	3.48
	D2'	23.7	23.2	140	110	3.51
D3'	23.6	23.2	140	120	3.6	
<b>D'</b>	<b>23.6</b>	<b>23.2</b>	<b>116.7</b>	<b>96.7</b>	<b>3.53</b>	

Fuente: Elaboración propia

Nota: (\*) La turbidez no fue considerada dentro de los parámetros iniciales puesto que, al realizar este tratamiento con agua desionizada no contienen STS; indicando que la turbidez es 0 NTU.

Al solo trabajar con promedios se procedió a colocar las diferencias de producto inicial – producto final por cada parámetro, como se indica en la siguiente tabla:

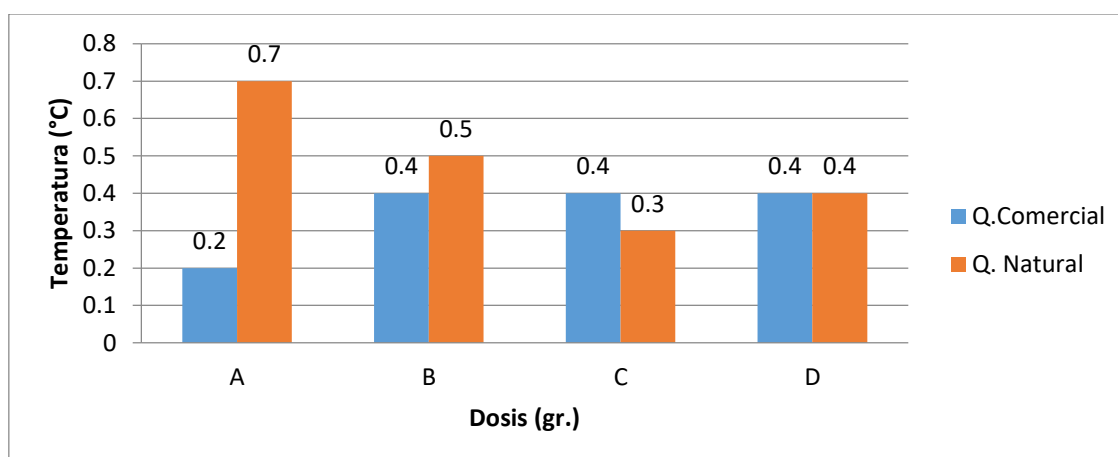
**Tabla N° 12: Resultados de ambos tratamientos ( $\Delta$ )**

Codificación de muestra	Quitosano Comercial			Quitosano Natural		
	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica	Turbidez	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica	Turbidez
A	0.2	14.65	3.7	0.7	36.7	3.33
B	0.4	14	3.82	0.5	30.1	3.5
C	0.4	10.3	3.55	0.3	20.1	3.49
D	0.4	21.7	3.9	0.4	20	3.53

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente la Tabla N° 08 se puede interpretar de la siguiente manera:

**Temperatura (°C):**

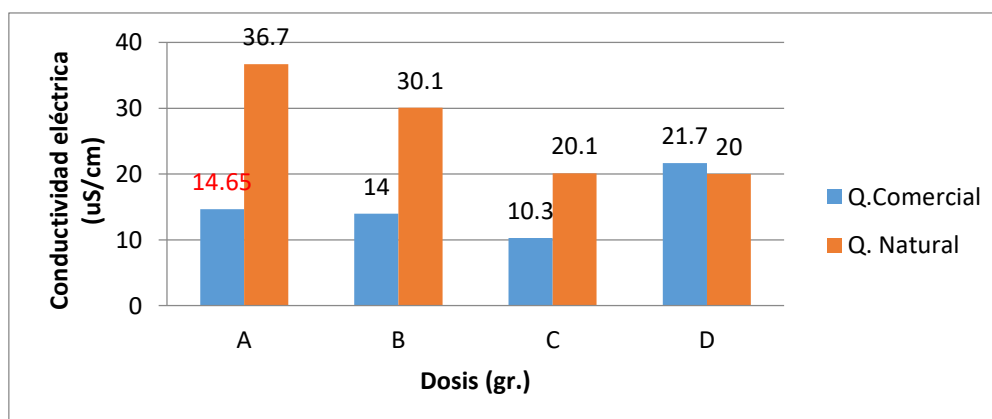


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 14: Resultados de Temperatura (°C) Integral**

**Interpretación:** Realizando la comparación en el Gráfico N°14 entre las 04 dosis promedio de quitosano comercial y natural, se puede comprobar que la Dosis A (0,1 gr.) del quitosano natural reducen 0,7°C; mientras que el quitosano comercial reduce como máximo 0,4°C según la Dosis B (0,25 gr.); por lo cual el quitosano natural es más eficiente en cuanto al parámetro de temperatura frente al quitosano comercial.

**Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ):**

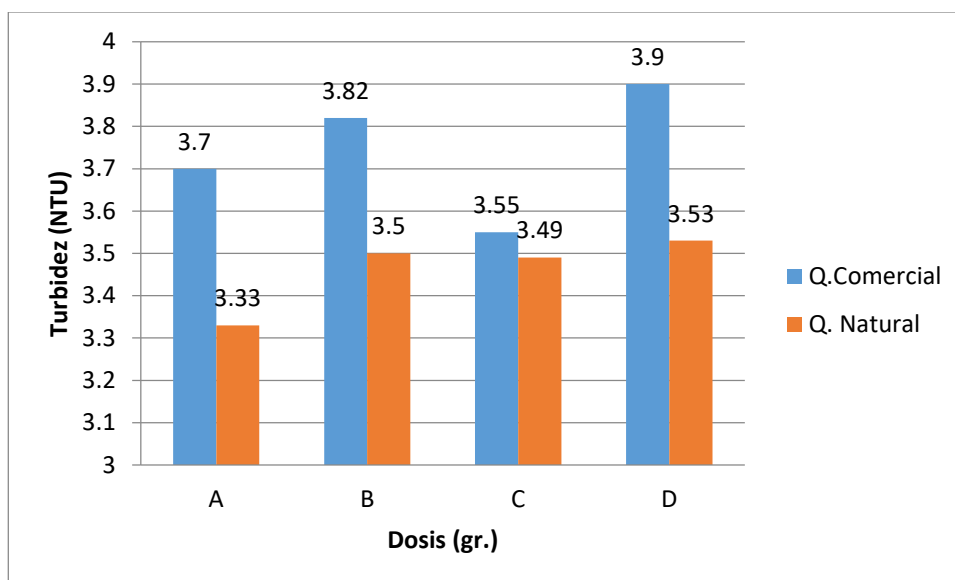


Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 15: Resultados de Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) Integral**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°15, se aprecia que la dosis D (0,75 gr.) del quitosano comercial no es tan eficiente en la reducción de conductividad eléctrica puesto que reduce 30,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; mientras que con la dosis A (0,1 gr.) del quitosano natural se aprecia una reducción de 36,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo este el más eficiente con una menor dosis.

**Turbidez (NTU):**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 16: Resultados de Turbidez (NTU) Integral**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°16, se aprecia que la dosis C (0,5 gr.) del quitosano comercial tiene como valor mínimo de 3,55 NTU; mientras que la dosis A (0,1 gr.) obtiene 3,33 NTU; lo cual es beneficioso para que no exista aumento de turbidez en el agua contaminada.

*Parametros químicos.-*

**QUITOSANO COMERCIAL:**

Antes de realizarse el tratamiento de las muestras contaminadas en el Jar-Test se procedió a tomar datos de pH por cada muestra, teniendo por resultados los siguientes que se indican en la Tabla N° 13.

**Tabla N° 13: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano comercial**

Codificación de muestra	pH Inicial	Codificación de muestra	pH Inicial
A1	4.4	C1	4.7
A2	4.3	C2	4.6
A3	4.3	C3	4.7
<b>A</b>	<b>4.33</b>	<b>C</b>	<b>4.66</b>
B1	5.2	D1	5.42
B2	5.1	D2	5.83
B3	4.9	D3	5.61
<b>B</b>	<b>5.06</b>	<b>D</b>	<b>5.62</b>

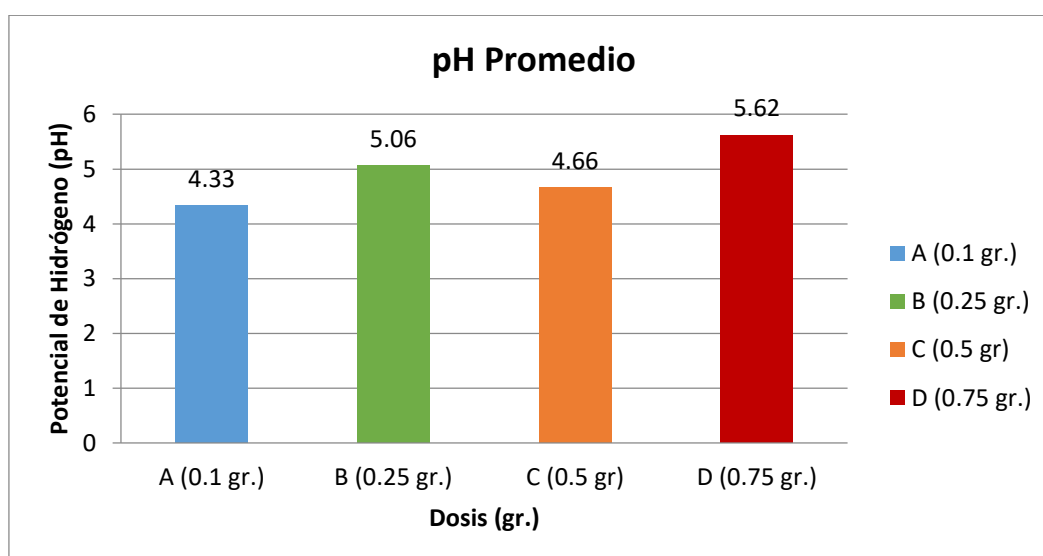
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

- **Dosis A:** En las 03 repeticiones se obtiene como pH máximo de 4,40 y un pH mínimo de 4,30.
- **Dosis B:** En las 03 repeticiones se obtiene como pH máximo 5,20 de y un pH mínimo de 4,90.
- **Dosis C:** En cuanto a las 03 repeticiones analizadas, este parámetro tiene como un pH máximo de 4,70 y un pH mínimo de 4,60.
- **Dosis D:** Para las 03 repeticiones este parámetro tiene como un pH máximo de 5,83 y un pH mínimo de 5,42.

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos las siguientes precisiones antes del tratamiento:

### Potencial de hidrógeno (pH)



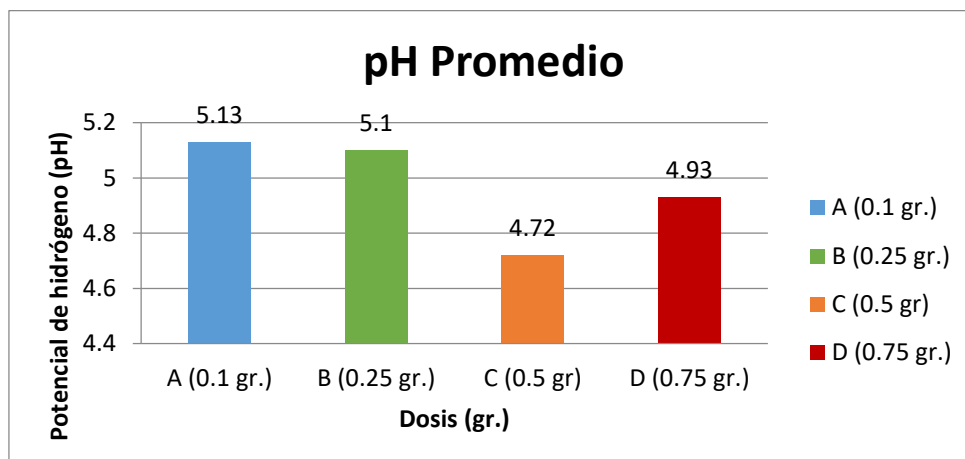
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 17: Resultados de pH promedio - Pre-tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°17, se aprecia que la Dosis D (0,75 gr.) obtiene mayor pH con 5,62 mientras que la Dosis A (0,1 gr.) obtiene menor pH con 4,33.

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos las siguientes precisiones después del tratamiento a diferentes dosis:

**Potencial de hidrógeno (pH)**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 18: Resultados de pH promedio - Post-tratamiento**

**Interpretación N°7:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°18, se aprecia que la Dosis D (0,75 gr.) obtiene mayor pH con 5,62 mientras que la Dosis A (0,1 gr.) obtiene menor pH con 4,33.

**QUITOSANO NATURAL:**

Antes de realizarse el tratamiento de las muestras contaminadas en el Jar-Test se procedió a tomar datos de pH por cada muestra, teniendo por resultados los siguientes que se indican en la Tabla N° 14.

**Tabla N° 14: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano natural**

Codificación de muestra	pH Inicial
A1'	4.83
A2'	5.07
A3'	5.14
<b>A'</b>	<b>5.01</b>
B1'	5.07
B2'	4.45
B3'	4.70
<b>B'</b>	<b>4.74</b>

Codificación de muestra	pH Inicial
C1'	5.46
C2'	4.80
C3'	5.11
<b>C'</b>	<b>5.12</b>
D1'	5.80
D2'	5.69
D3'	5.77
<b>D'</b>	<b>5.75</b>

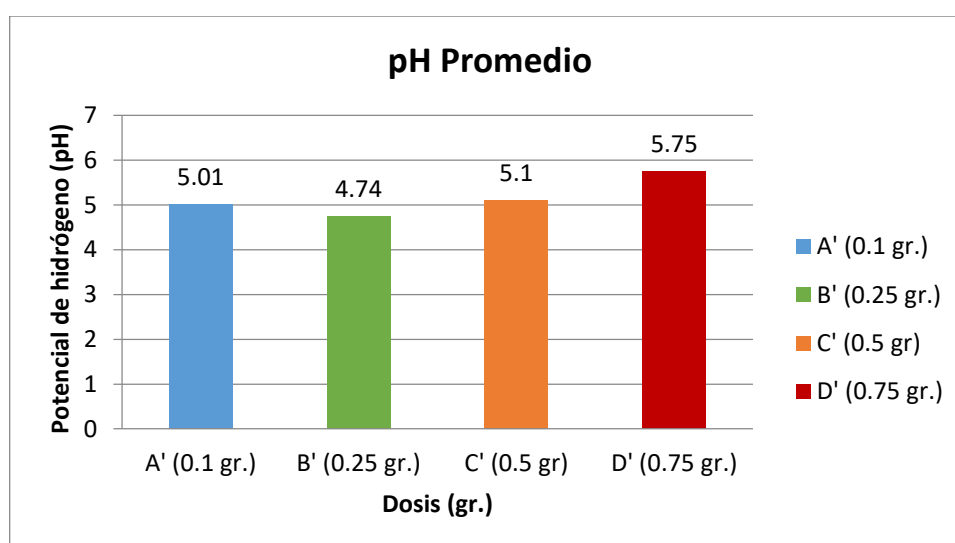
Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

- **Dosis A:** En las 03 repeticiones se obtiene como pH máximo de 5,14 y un pH mínimo de 4,83.
- **Dosis B:** En las 03 repeticiones se obtiene como pH máximo 5,07 de y un pH mínimo de 4,70.
- **Dosis C:** En cuanto a las 03 repeticiones analizadas, este parámetro tiene como un pH máximo de 5,46 y un pH mínimo de 4,80.
- **Dosis D:** Para las 03 repeticiones este parámetro tiene como un pH máximo de 5,80 y un pH mínimo de 5,69.

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos las siguientes precisiones antes del tratamiento:

### Potencial de hidrógeno (pH)



Fuente: Elaboración propia

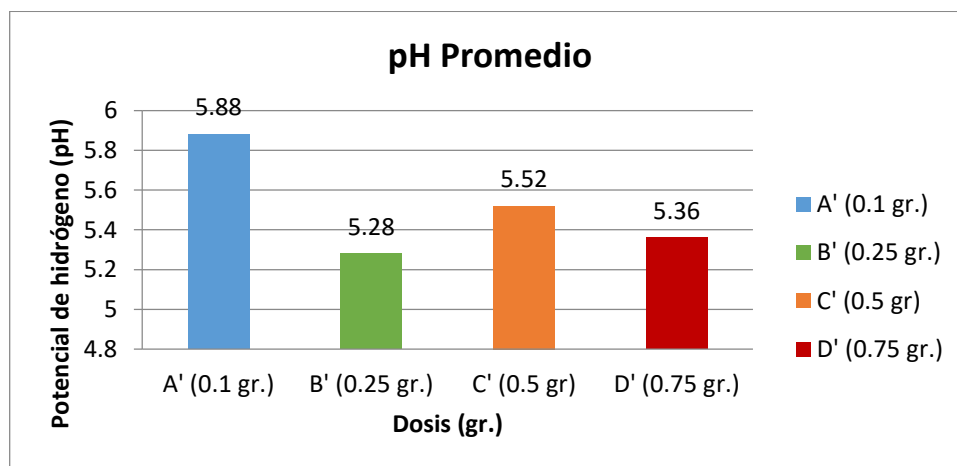
Gráfico N° 19: Resultados de pH promedio - Pre-tratamiento



**Interpretación N°7:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°19, se aprecia que la Dosis D (0,75 gr.) obtiene mayor pH con 5,75 mientras que la Dosis B (0,25 gr.) obtiene menor pH con 4,74.

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos las siguientes precisiones después del tratamiento a diferentes dosis:

**Potencial de hidrógeno (pH)**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 20: Resultados de pH promedio - Post-tratamiento**

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°20, se aprecia que la Dosis B (0,25 gr.) obtiene menor pH con 5,28 mientras que la Dosis A (0,1 gr.) obtiene mayor pH con 5,88.

**COMPARACIÓN DE QUITOSANO COMERCIAL Y NATURAL:**

De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos que tanto aumentó o disminuyó cada parámetro como indica la Tabla N° 15:

**Tabla N° 15: Resultados integrales de ambos tratamientos**

QUITOSANO COMERCIAL			QUITOSANO NATURAL		
Codificación de muestra	pH		Codificación de muestra	pH	
	Inicial	Final		Inicial	Final
A1	4.4	5.1	A1'	4.83	5.78
A2	4.3	5.1	A2'	5.07	5.99
A3	4.3	5.2	A3'	5.14	5.86
<b>A</b>	<b>4.33</b>	<b>5.13</b>	<b>A'</b>	<b>5.01</b>	<b>5.88</b>
B1	5.2	4.2	B1'	5.07	5.67
B2	5.1	5.3	B2'	4.45	4.89
B3	4.9	5.8	B3'	4.7	5.27
<b>B</b>	<b>5.06</b>	<b>5.1</b>	<b>B'</b>	<b>4.74</b>	<b>5.28</b>
C1	4.7	4.7	C1'	5.46	5.72
C2	4.6	4.65	C2'	4.8	5.44
C3	4.7	4.8	C3'	5.11	5.41

QUITOSANO COMERCIAL			QUITOSANO NATURAL		
Codificación de muestra	pH		Codificación de muestra	pH	
	Inicial	Final		Inicial	Final
C	4.66	4.72	C'	5.12	5.52
D1	5.42	5.2	D1'	5.8	5.65
D2	5.83	4.8	D2'	5.69	4.98
D3	5.61	4.8	D3'	5.77	5.45
D	5.62	4.93	D'	5.75	5.36

Fuente: Elaboración propia

Al solo trabajar con promedios se procedió a colocar las diferencias de producto inicial – producto final del pH, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 16: Resultados de ambos tratamientos ( $\Delta$ )

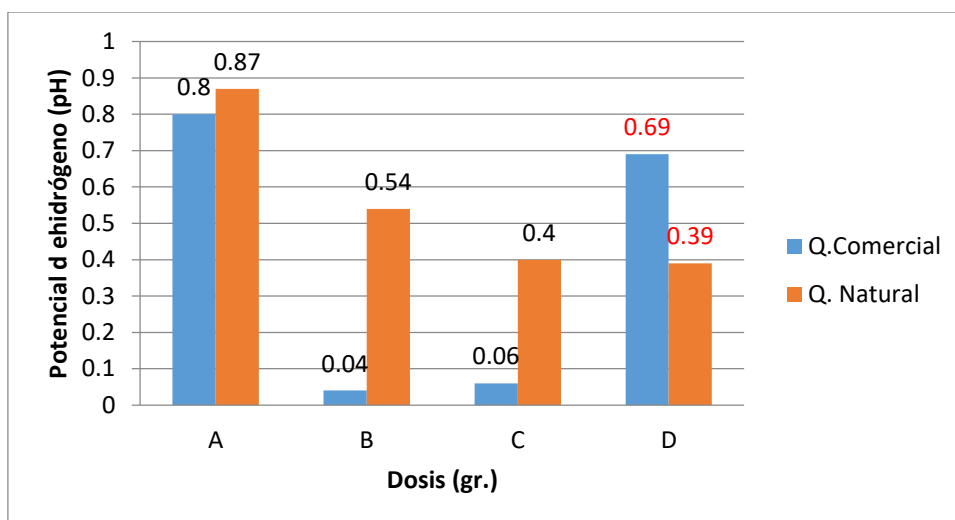
Codificación de muestra	Q. Comercial	Q. Natural
	pH	pH
A	0.8	0.87
B	0.04	0.54
C	0.06	0.4
D	0.69	0.39

Fuente: Elaboración propia

Se señala que no se tomó en cuenta los valores obtenidos con la Dosis D (0,75 gr.) puesto que son menores a los iniciales, y la finalidad es de aumentar el pH, no disminuirlo.

Por otro lado, para un mayor detalle gráfico en la Tabla N° 21 se puede interpretar de la siguiente manera:

### Potencial de hidrógeno (pH)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 21: Resultados de pH Integral

**Interpretación:** Realizando la comparación entre los promedios de las 04 dosis en el Grafico N°21, se aprecia que la dosis A (0,1 gr.) del quitosano comercial tiene como valor máximo de 0,8 para aumentar el pH; mientras que la dosis A (0,1 gr.) del quitosano natural obtiene 0,87 para aumentar el pH; lo cual es beneficioso para que el pH del agua contaminada logre llegar a un pH neutro.

### 3.4 Capacidad de adsorción de cobre con quitosano comercial y natural (q<sub>eq</sub>):

Previo a ello se obtuvieron los siguientes datos de concentración de cobre inicial y final indicados en la Tabla N°17 para la elaboración de la capacidad de adsorción y se hizo empleo de la siguiente formula indicada en la siguiente tabla:

**Tabla N° 17: Resultados iniciales y finales de capacidad de adsorción (q<sub>eq</sub>)**

<b>CAPACIDAD DE ADSORCIÓN (q<sub>eq</sub>)</b>	
$q_{eq} = \left( \frac{C_o - C_{eq}}{M} \right) \times V$	
<b>QUITOSANO COMERCIAL</b>	<b>QUITOSANO NATURAL</b>
$q_{eq} (A1) = (35 - 03,40 / 0,1) \times 0,7 = 221,20 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (A1') = (35 - 1,04 / 0,1) \times 0,7 = 237,72 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (A2) = (35 - 03,67 / 0,1) \times 0,7 = 219,31 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (A2') = (35 - 1,88 / 0,1) \times 0,7 = 231,84 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (A3) = (35 - 03,23 / 0,1) \times 0,7 = 222,39 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (A3') = (35 - 1,82 / 0,1) \times 0,7 = 232,26 \text{ mg.g}^{-1}$
<b>q<sub>eq</sub> (A) = 220,97 mg.g<sup>-1</sup></b>	<b>q<sub>eq</sub> (A') = 233,94 mg.g<sup>-1</sup></b>
$q_{eq} (B1) = (35 - 07,67 / 0,25) \times 0,7 = 76,52 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (B1') = (35 - 3,75 / 0,25) \times 0,7 = 87,50 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (B2) = (35 - 06,15 / 0,25) \times 0,7 = 80,78 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (B2') = (35 - 5,40 / 0,25) \times 0,7 = 82,88 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (B3) = (35 - 03,97 / 0,25) \times 0,7 = 86,88 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (B3') = (35 - 4,12 / 0,25) \times 0,7 = 86,46 \text{ mg.g}^{-1}$
<b>q<sub>eq</sub> (B) = 81,39 mg.g<sup>-1</sup></b>	<b>q<sub>eq</sub> (B') = 85,61 mg.g<sup>-1</sup></b>
$q_{eq} (C1) = (35 - 09,97 / 0,5) \times 0,7 = 35,04 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (C1') = (35 - 4,31 / 0,5) \times 0,7 = 42,96 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (C2) = (35 - 13,40 / 0,5) \times 0,7 = 30,24 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (C2') = (35 - 6,97 / 0,5) \times 0,7 = 39,24 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (C3) = (35 - 10,30 / 0,5) \times 0,7 = 34,58 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (C3') = (35 - 5,76 / 0,5) \times 0,7 = 40,94 \text{ mg.g}^{-1}$
<b>q<sub>eq</sub> (C) = 33,29 mg.g<sup>-1</sup></b>	<b>q<sub>eq</sub> (C') = 41,05 mg.g<sup>-1</sup></b>
$q_{eq} (D1) = (35 - 20,35 / 0,75) \times 0,7 = 13,67 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (D1') = (35 - 7,37 / 0,75) \times 0,7 = 25,79 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (D2) = (35 - 21,91 / 0,75) \times 0,7 = 12,22 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (D2') = (35 - 8,43 / 0,75) \times 0,7 = 24,80 \text{ mg.g}^{-1}$
$q_{eq} (D3) = (35 - 22,82 / 0,75) \times 0,7 = 11,37 \text{ mg.g}^{-1}$	$q_{eq} (D3') = (35 - 8,51 / 0,75) \times 0,7 = 24,72 \text{ mg.g}^{-1}$
<b>q<sub>eq</sub> (D) = 12,42 mg.g<sup>-1</sup></b>	<b>q<sub>eq</sub> (D') = 25,10 mg.g<sup>-1</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Realizando la comparación en la Tabla N°17 entre las 04 dosis promedio de ambos quitosano, se puede comprobar que la capacidad de adsorción máxima es de 220,97 mg.gr<sup>-1</sup> con la Dosis A (0,1 gr) en cuanto al quitosano comercial y la mínima fue de 12,42 mg.gr<sup>-1</sup> con la Dosis D (0,75 gr.); mientras que el quitosano natural tuvo una capacidad de adsorción de cobre máxima de 233,94 mg.gr<sup>-1</sup> con Dosis A (0,1 gr.) y un mínimo de 25,10 mg.gr<sup>-1</sup> con la Dosis D (0,75 gr.).

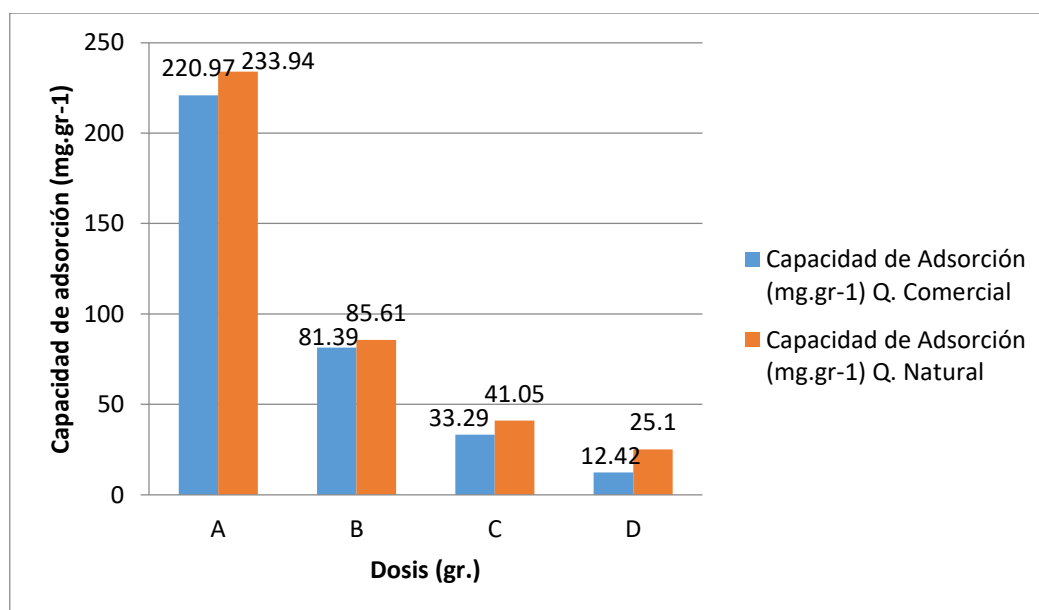
De manera integrada podemos determinar con los promedios obtenidos de los ( $q_{eq}$ ) las siguientes precisiones que tuvieron ambos quitosano:

**Tabla N° 18: Resultados promedios de capacidad de adsorción ( $q_{eq}$ )**

Codificación de muestra	Capacidad de Adsorción (mg.gr-1)	
	Q. Comercial	Q. Natural
A	220.97	233.94
B	81.39	85.61
C	33.29	41.05
D	12.42	25.1

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente, se representan estos valores en el siguiente cuadro:



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 22: Resultados de Capacidad de adsorción (mg.gr<sup>-1</sup>) Integral**

**Interpretación:** Se aprecia que en la dosis D (0,75 gr.) obtiene menor eficiencia de Cu con 12,42 mg.gr<sup>-1</sup> usando quitosano comercial; mientras que la dosis A (0,1 gr.) del quitosano natural obtuvo mayor capacidad en un 233,94 mg.gr<sup>-1</sup>, indicando que a menor dosis hay mayor capacidad de adsorción de cobre (Cu).

### 3.5 Análisis Estadístico:

#### *Hipótesis general:*

- **Ha:** El quitosano natural tiene mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón para la adsorción de cobre frente al quitosano comercial.
- **Ho:** El quitosano natural no tiene mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón para la adsorción de cobre frente al quitosano comercial.

#### **Prueba de Normalidad:**

Para determinar si es válida o no la hipótesis (alterna o nula), se tomó en consideración que los datos obtenidos son normales, para lo cual el nivel de significancia (**p**) de cada tratamiento con el parámetro a evaluar debe ser mayor a 0,05 para realizar la aplicación de ANOVA u otro estadístico.

Al tener 24 muestras, se consideró la data generada de cada tratamiento y la normalidad se contrastó con las significancias de Shapiro-Wilk, puesto que ( $n < 50$ ), la cual se muestra en la Tabla N° 19 (Hipótesis general).

**Tabla N° 19: Pruebas de normalidad**

Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E%	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	,227	3	.	,983	3	,747
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	,216	3	.	,988	3	,793
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	,273	3	.	,946	3	,551
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	,237	3	.	,977	3	,707
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	,358	3	.	,812	3	,144
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	,299	3	.	,914	3	,431
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	,195	3	.	,996	3	,884
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	,365	3	.	,797	3	,107

a. Corrección de significación de Lilliefors

Gráfico Q-Q normal de E%

para Tratamiento= Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)

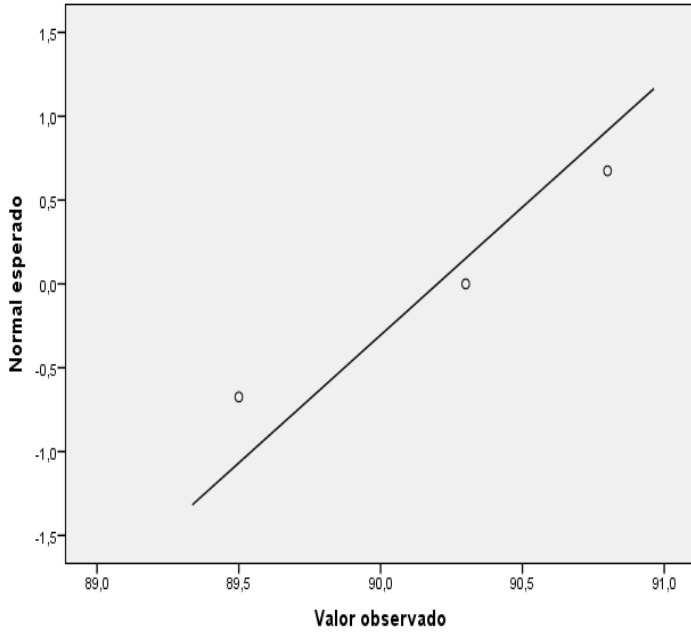


Gráfico Q-Q normal de E%

para Tratamiento= Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)

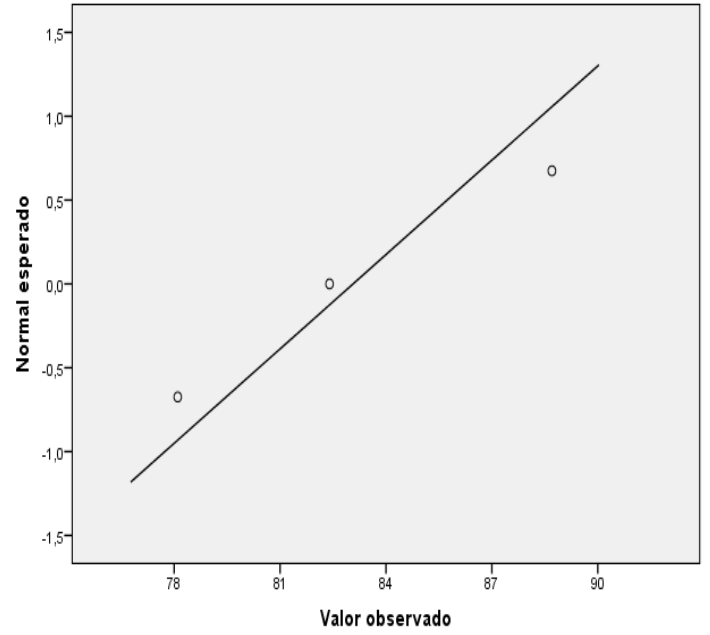


Gráfico Q-Q normal de E%

para Tratamiento= Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)

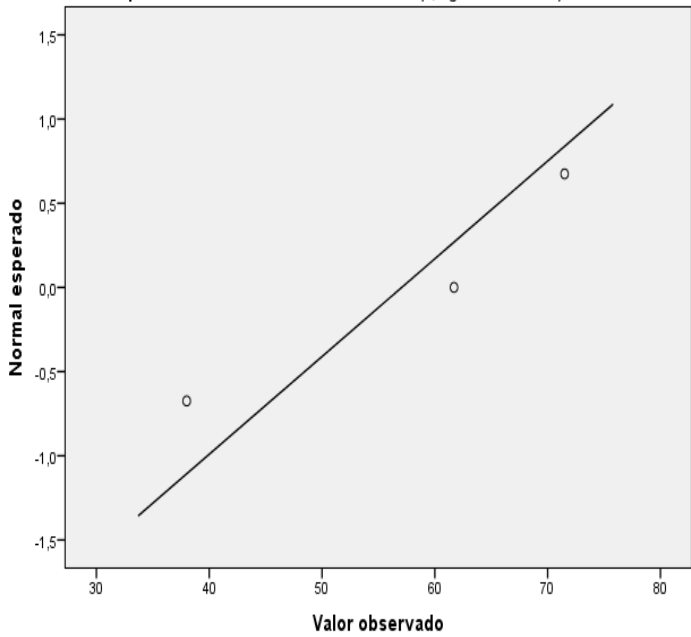
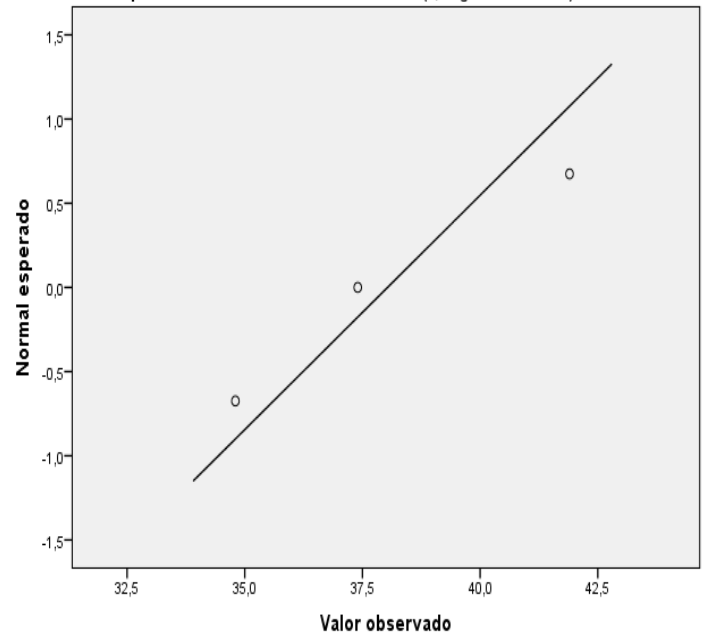
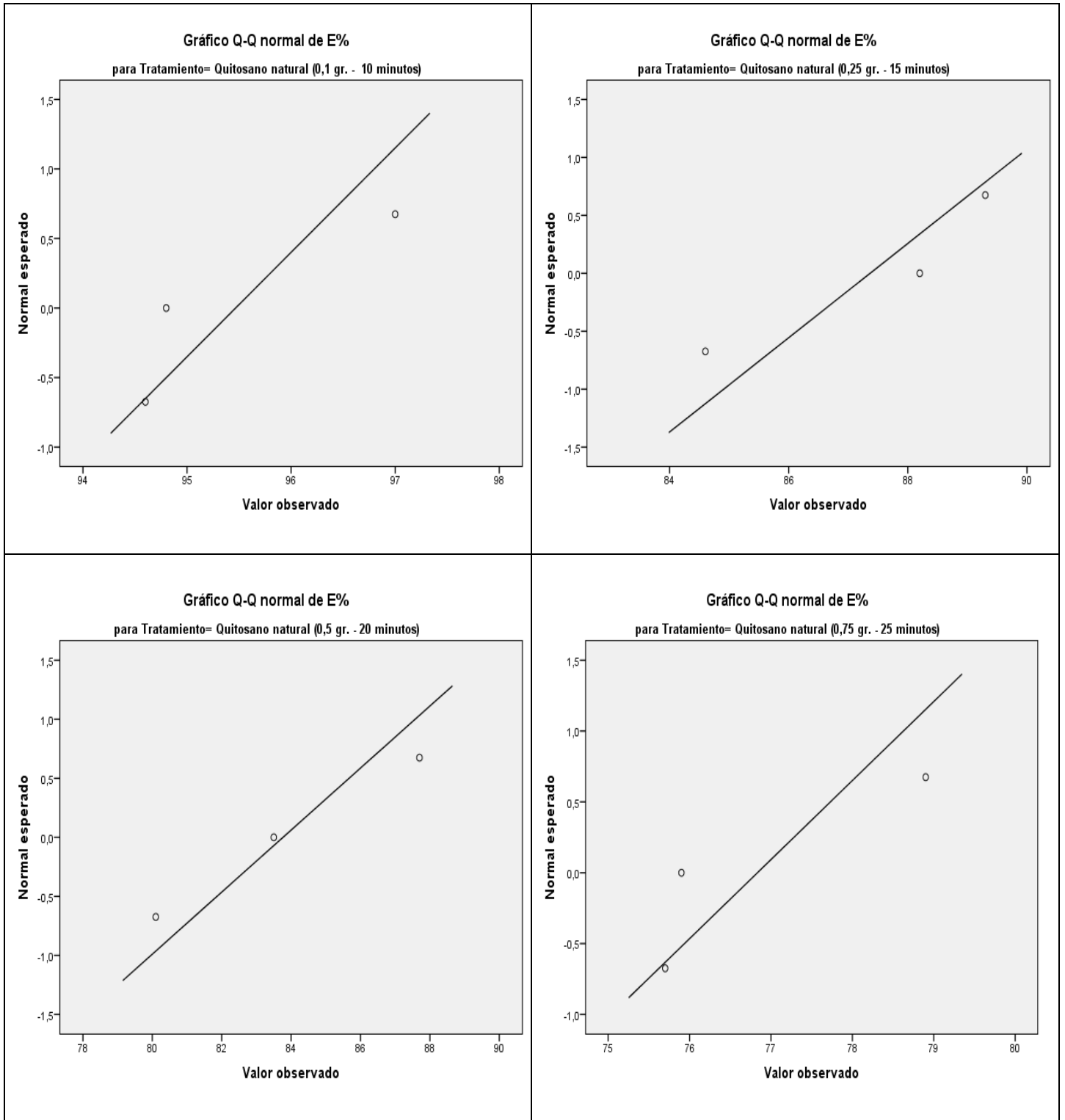


Gráfico Q-Q normal de E%

para Tratamiento= Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)





Fuente: IBM SPSS Statistics

**Figura N° 7: Prueba de normalidad de la Hipótesis General**

**Interpretación:** En la Figura N°7 se verifica que todos los tratamientos cumplen con ser normales y/o paramétricos (Estadísticos entre: 0,797 a 0,996; gl: 3 y  $p > 0,05$ ), donde  $p > 0,05 =$  Se acepta  $H_0$ , que indica que “El quitosano natural no

tiene mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón para la adsorción de cobre frente al quitosano comercial”.

**Prueba de Homogeneidad de Varianzas:**

Si en caso las varianzas son homogéneas ( $p < 0,05$ ) se utiliza la prueba de Tukey y si no son homogéneas ( $p > 0,05$ ) se hace empleo de la prueba de Games-Howell, los datos obtenidos se muestran en la Tabla N°20:

**Tabla N° 20: Prueba de homogeneidad de varianzas**

E%

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
5,305	7	16	,003

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Se verificó que  $p < 0,05$ , es decir, cumple que las varianzas son homogéneas y se utiliza la prueba de Tukey.

Se procedió a trabajar con la Tabla N°21 donde se determinó si existen o no diferencias significativas mediante esta prueba de decisión:

$p > 0,05$  = No hay diferencias significativas – Acepta  $H_0$

$p < 0,05$  = Hay diferencias significativas – Rechaza  $H_0$

**Tabla N° 21: ANOVA Unifactorial**

E%

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7856,638	7	1122,377	24,671	,000
Dentro de grupos	727,887	16	45,493		
Total	8584,525	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Se verificó que la significancia obtenida de los 24 datos indica que  $p < 0,05$ . Por lo tanto, hay diferencias significativas y se rechaza  $H_0$ , quedando por válida la hipótesis alternante ( $H_a$ ) “El quitosano natural tiene mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón para la adsorción de cobre frente al quitosano comercial”.



**Tabla N° 22: Comparación de diferencias significativas**

Variable dependiente: E%

			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
<b>(I) Tratamiento</b>							
HSD Tukey	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	7.1333	5.5071	.888	-11.933	26.200
		Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	33,1333*	5.5071	.000	14.067	52.200
		Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	52,1667*	5.5071	.000	33.100	71.233
		Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-5.2667	5.5071	.975	-24.333	13.800
		Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	2.8333	5.5071	.999	-16.233	21.900
		Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	6.4333	5.5071	.930	-12.633	25.500
		Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	13.3667	5.5071	.292	-5.700	32.433
Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-7.1333	5.5071	.888	-26.200	11.933	
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	26,0000*	5.5071	.004	6.933	45.067	
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	45,0333*	5.5071	.000	25.967	64.100	
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-12.4000	5.5071	.374	-31.467	6.667	
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-4.3000	5.5071	.992	-23.367	14.767	
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-.7000	5.5071	1.000	-19.767	18.367	
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	6.2333	5.5071	.940	-12.833	25.300	
Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-33,1333*	5.5071	.000	-52.200	-14.067	
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-26,0000*	5.5071	.004	-45.067	-6.933	
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	19.0333	5.5071	.051	-.033	38.100	
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-38,4000*	5.5071	.000	-57.467	-19.333	
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-30,3000*	5.5071	.001	-49.367	-11.233	
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-26,7000*	5.5071	.003	-45.767	-7.633	
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-19,7667*	5.5071	.039	-38.833	-.700	

Variable dependiente: E%

Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-52,1667*	5.5071	.000	-71.233	-33.100
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-45,0333*	5.5071	.000	-64.100	-25.967
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-19,0333	5.5071	.051	-38.100	.033
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-57,4333*	5.5071	.000	-76.500	-38.367
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-49,3333*	5.5071	.000	-68.400	-30.267
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-45,7333*	5.5071	.000	-64.800	-26.667
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-38,8000*	5.5071	.000	-57.867	-19.733
Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	5,2667	5.5071	.975	-13.800	24.333
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	12,4000	5.5071	.374	-6.667	31.467
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	38,4000*	5.5071	.000	19.333	57.467
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	57,4333*	5.5071	.000	38.367	76.500
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	8,1000	5.5071	.811	-10.967	27.167
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	11,7000	5.5071	.441	-7.367	30.767
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	18,6333	5.5071	.058	-4.333	37.700
Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-2,8333	5.5071	.999	-21.900	16.233
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	4,3000	5.5071	.992	-14.767	23.367
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	30,3000*	5.5071	.001	11.233	49.367
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	49,3333*	5.5071	.000	30.267	68.400
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-8,1000	5.5071	.811	-27.167	10.967
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	3,6000	5.5071	.997	-15.467	22.667
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	10,5333	5.5071	.562	-8.533	29.600
Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-6,4333	5.5071	.930	-25.500	12.633
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	.7000	5.5071	1.000	-18.367	19.767
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	26,7000*	5.5071	.003	7.633	45.767
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	45,7333*	5.5071	.000	26.667	64.800
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-11,7000	5.5071	.441	-30.767	7.367

Variable dependiente: E%

	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-3.6000	5.5071	.997	-22.667	15.467
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	6.9333	5.5071	.901	-12.133	26.000
Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-13.3667	5.5071	.292	-32.433	5.700
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-6.2333	5.5071	.940	-25.300	12.833
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	19,7667*	5.5071	.039	.700	38.833
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	38,8000*	5.5071	.000	19.733	57.867
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-18.6333	5.5071	.058	-37.700	.433
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-10.5333	5.5071	.562	-29.600	8.533
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-6.9333	5.5071	.901	-26.000	12.133

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Según la prueba Post Hoc de Tukey se observa que las diferencias significativas entre los 08 tratamientos para ver la capacidad de adsorción entre ambos quitosano se encuentran en un rango de ,000 a 0,044 (significancias sombreadas); puesto que son menores al nivel de significancia ( $p > 0,05$ ).

*Primera hipótesis específica:*

**¿Cuál será la dosis óptima y el tiempo adecuado de usar el quitosano natural frente al comercial para mejorar la calidad del agua (parámetros físicos y químicos)?**

- Ha: El quitosano natural con menor dosis y menor tiempo mejora la calidad del agua más frente al quitosano comercial.
- Ho: El quitosano natural con menor dosis y menor tiempo no mejora la calidad del agua frente al quitosano comercial.

**Prueba de Normalidad:**

Para determinar si los datos obtenidos fueron normales o no, se establecieron las siguientes premisas:

$p > 0,05$  = Se acepta Ho

$p < 0,05$  = Se rechaza Ho

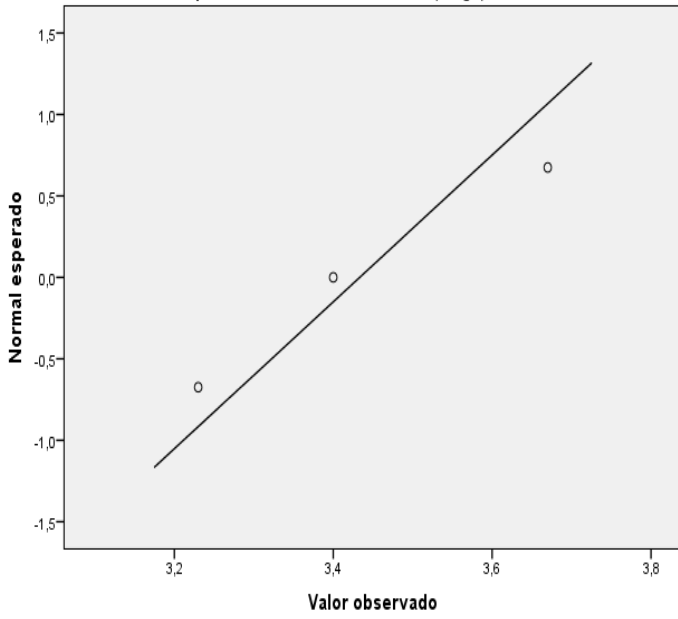
Para saber si fue válida o no la hipótesis nula (Ho), se hizo la verificación en la siguiente Tabla N°23, tomando en cuenta solo el parámetro dosis:

**Tabla N° 23: Pruebas de normalidad (Dosis)**

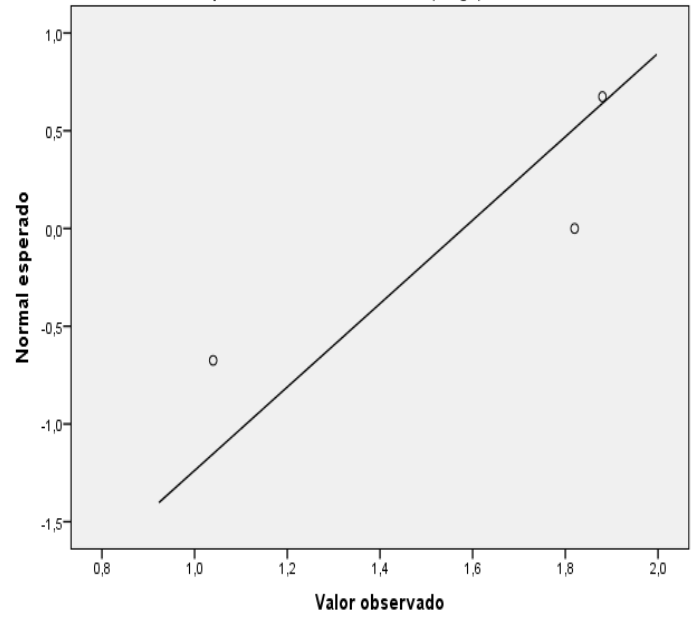
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración	Dosis						
	Quitosano comercial (0,1 gr.)	,226	3	.	,983	3	,751
	Quitosano comercial (0,25 gr.)	,214	3	.	,990	3	,804
	Quitosano comercial (0,5 gr.)	,354	3	.	,821	3	,167
	Quitosano comercial (0,75 gr.)	,236	3	.	,977	3	,712
	Quitosano natural (0,1 gr.)	,362	3	.	,803	3	,122
	Quitosano natural (0,25 gr.)	,304	3	.	,908	3	,411
	Quitosano natural (0,5 gr.)	,191	3	.	,997	3	,901
Quitosano natural (0,75 gr.)	,363	3	.	,802	3	,120	

a. Corrección de significación de Lilliefors

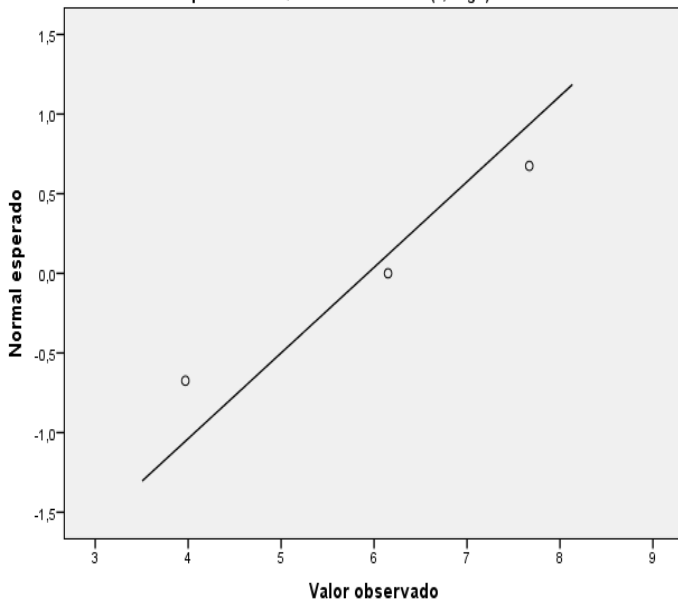
**Gráfico Q-Q normal de Concentración**  
para Dosis= Quitosano comercial (0,1 gr.)



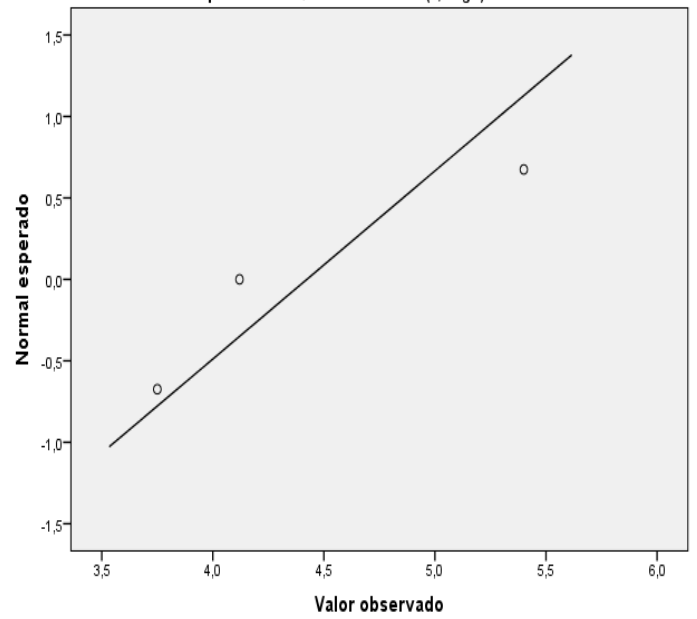
**Gráfico Q-Q normal de Concentración**  
para Dosis= Quitosano natural (0,1 gr.)

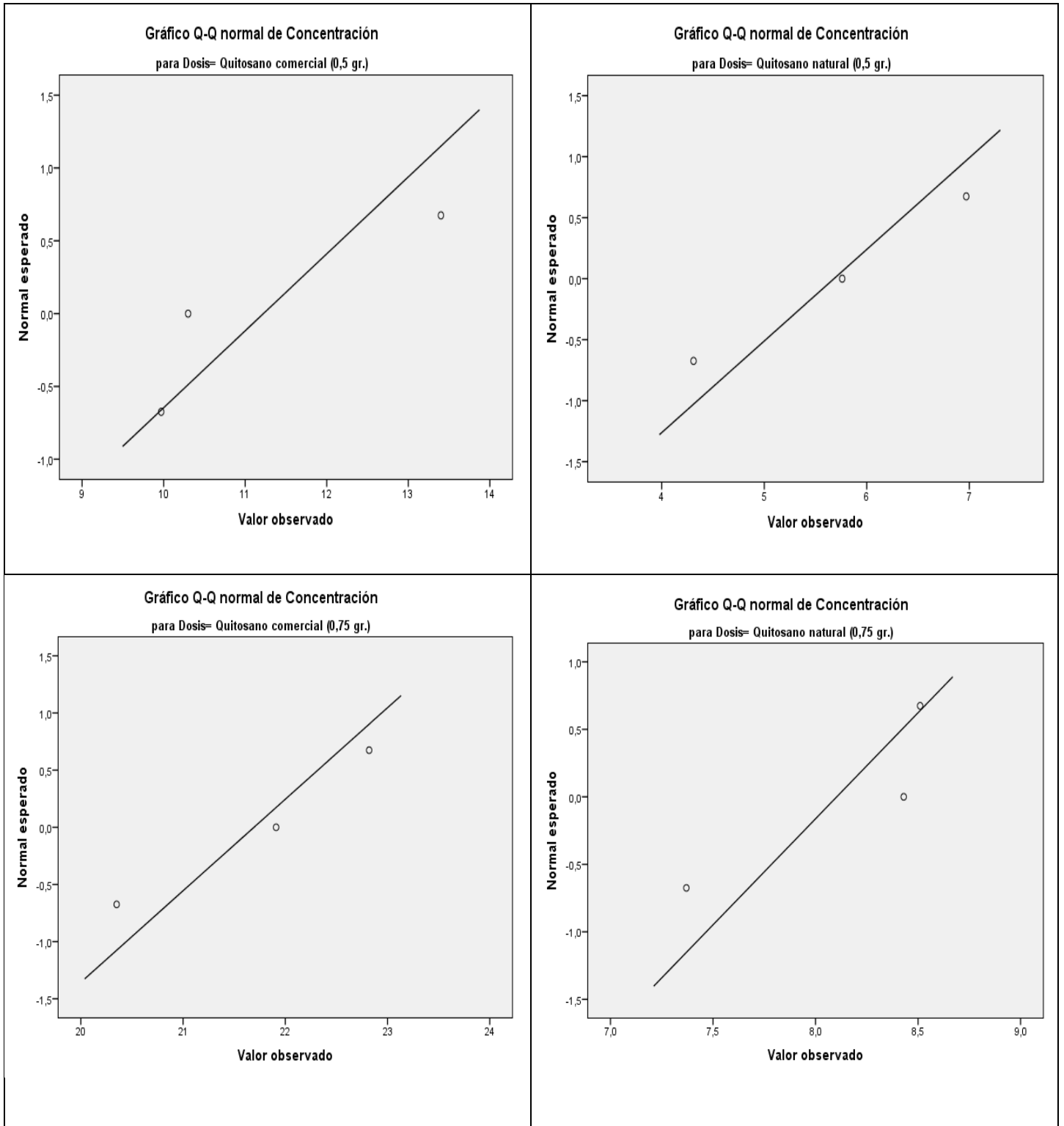


**Gráfico Q-Q normal de Concentración**  
para Dosis= Quitosano comercial (0,25 gr.)



**Gráfico Q-Q normal de Concentración**  
para Dosis= Quitosano natural (0,25 gr.)





Fuente: IBM SPSS Statistics

**Figura N° 8: Prueba de normalidad de la Primera Hipótesis Específica (Dosis)**

**Interpretación:** En la figura N° 08 se verifica que todos los tratamientos cumplen con ser normales y/o paramétricos (Estadísticos entre: 0,802 a 0,997; gl: 3 y  $p > 0,05$ ), donde se acepta la Hipótesis nula ( $H_0$ ), que indica que “El quitosano natural

con menor dosis y menor tiempo no mejoran la calidad del agua frente al quitosano comercial”.

Para saber si fue válida o no la hipótesis nula (Ho), se hizo la verificación en la siguiente Tabla N°24, tomando en cuenta solo el parámetro tiempo:

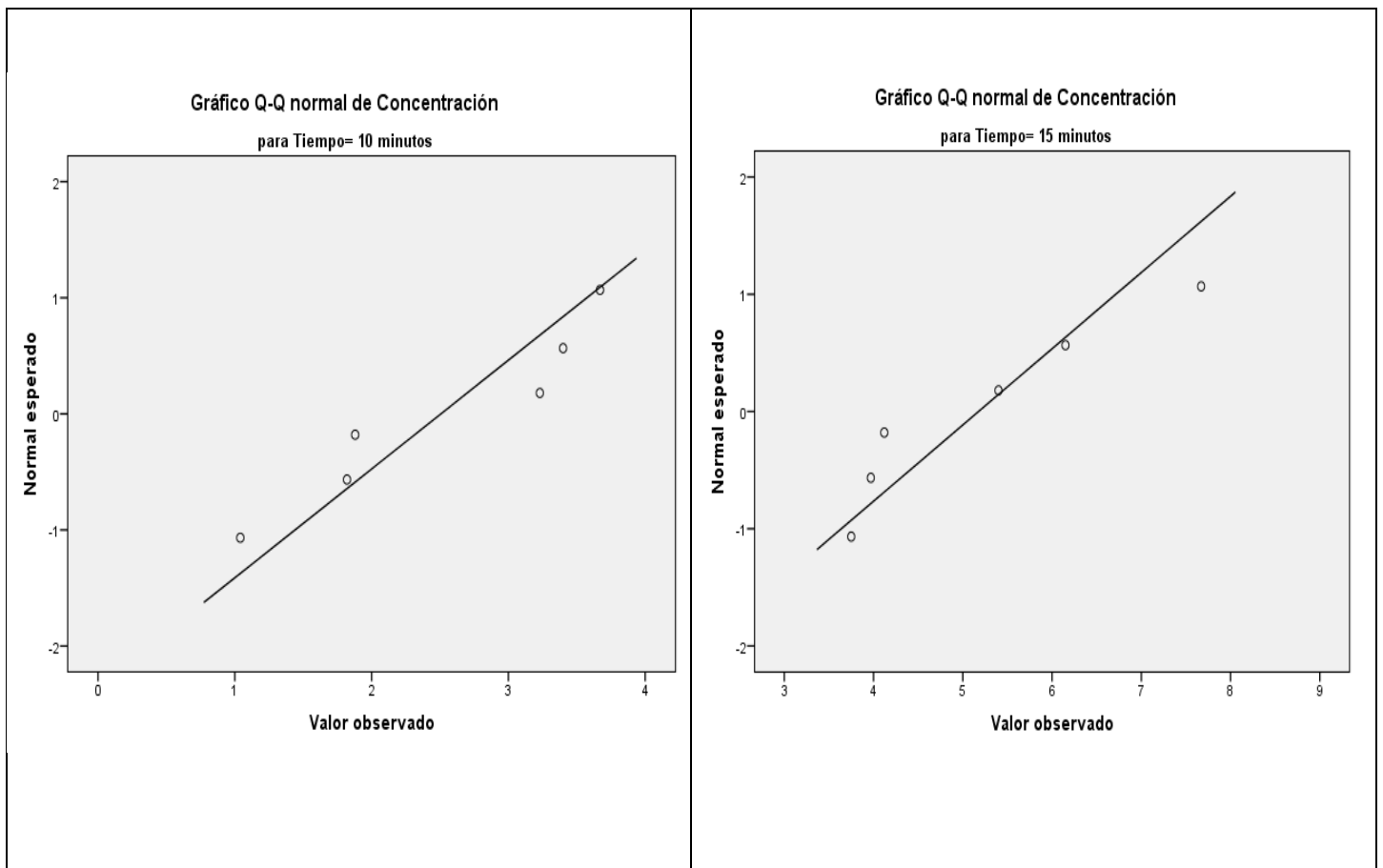
**Tabla N° 24: Pruebas de normalidad (Tiempo)**

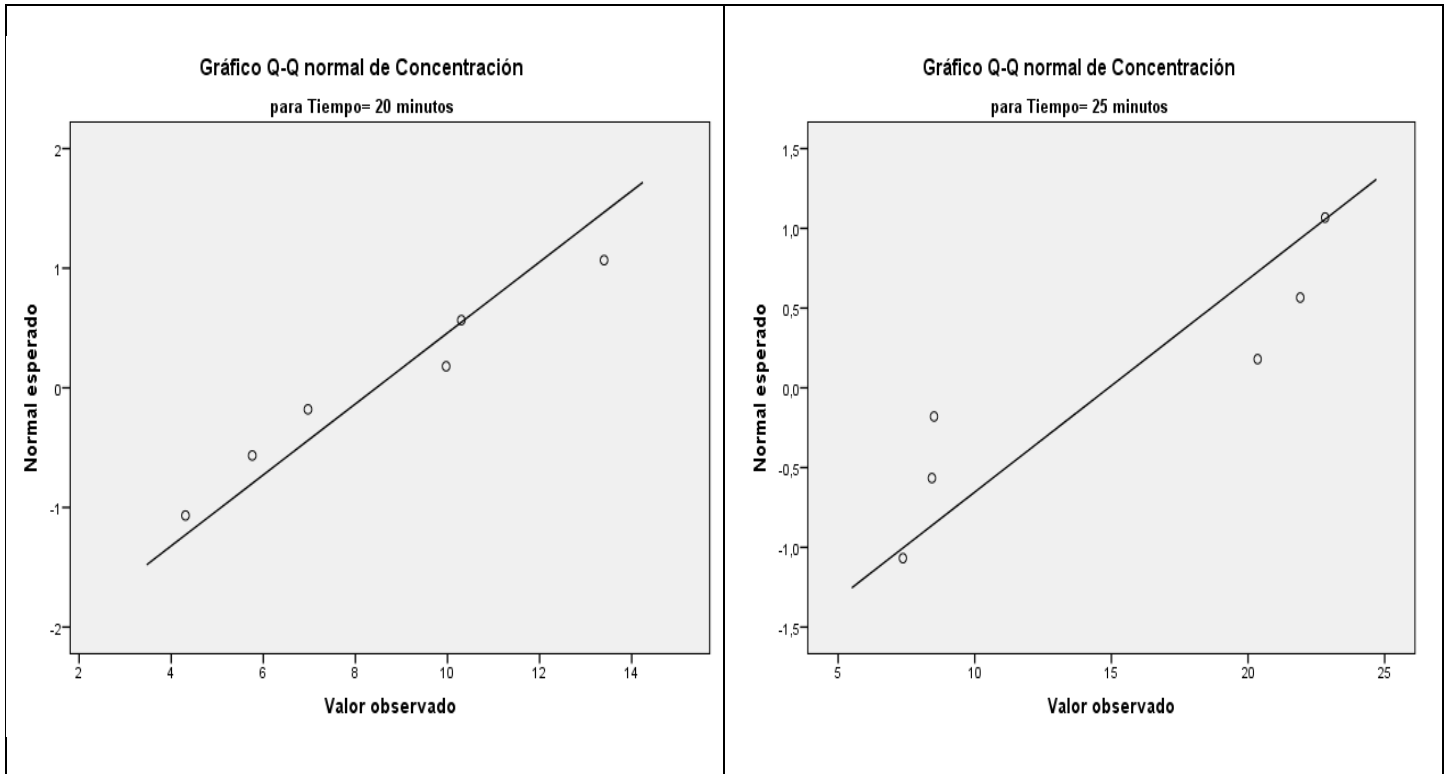
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración	10 minutos	,251	6	,200*	,893	6	,332
	15 minutos	,254	6	,200*	,891	6	,323
	20 minutos	,174	6	,200*	,960	6	,819
	25 minutos	,303	6	,090	,776	6	,053

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Figura N° 9: Prueba de normalidad de la Primera Hipótesis Específica (Tiempo)**





Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** En la figura N° 09 se verifica que todos los tratamientos cumplen con ser normales y/o paramétricos (Estadísticos entre: 0,174 a 0,303; gl: 6 y  $p > 0,05$ ), donde se acepta la Hipótesis nula ( $H_0$ ), que indica que “El quitosano natural con menor dosis y menor tiempo no mejoran la calidad del agua frente al quitosano comercial”.

**Prueba de Homogeneidad de Varianzas:**

Se establecieron las siguientes premisas:

$p > 0,05$  = Las varianzas son homogéneas (Prueba de Tukey).

$p < 0,05$  = Las varianzas no son homogéneas (Prueba de Games-Howell).

Los datos obtenidos se muestran en la Tabla N °25 que es para dosis:

**Tabla N° 25: Prueba de homogeneidad de varianzas (Dosis)**

Dosis			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
2,037	7	16	,113

Fuente: IBM SPSS Statistics



**Interpretación:** Se verificó que la significancia obtenida de los 24 datos al ser mayor a 0,05 ( $p > 0,05$ ) cumple que las varianzas son homogéneas y se utiliza la prueba de Tukey.

Los datos obtenidos se muestran en la Tabla N°26 que es para tiempo:

**Tabla N° 26: Prueba de homogeneidad de varianzas (Tiempo)**

Concentración			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
48,805	3	20	,054

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Se verificó que la significancia obtenida de los 24 datos al ser mayor a 0,05 ( $p > 0,05$ ) cumple que las varianzas son homogéneas y se utiliza la prueba de Tukey.

Después de ello, se procedió a trabajar con la Tabla N°27 donde se determinó si existen o no diferencias significativas mediante esta prueba de decisión:

$p > 0,05$  = No hay diferencias significativas – Acepta  $H_0$

$p < 0,05$  = Hay diferencias significativas – Rechaza  $H_0$

**Tabla N° 277: ANOVA Unifactorial**

Dosis					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	845,914	7	120,845	81,950	,000
Dentro de grupos	23,594	16	1,475		
Total	869,508	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Se verificó que la significancia obtenida de los 24 datos al ser menor a 0,05 ( $p < 0,05$ ) se cumple que si existen diferencias significativas y se rechaza el  $H_0$ , quedando por válida la hipótesis alternante ( $H_a$ ) "El quitosano natural con menor dosis y menor tiempo mejora la calidad del agua frente al quitosano comercial".

**Tabla N° 28: Comparación de diferencias significativas**

Variable dependiente: Dosis							
(I) Tratamiento		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-249,667	,99150	,255	-59,294	,9361
		Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-7,79000*	,99150	,000	-112,227	-43,573
		Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	-18,26000*	,99150	,000	-216,927	-148,273
		Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	185,333	,99150	,588	-15,794	52,861
		Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-,99000	,99150	,968	-44,227	24,427
		Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-224,667	,99150	,367	-56,794	11,861
		Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-4,67000*	,99150	,004	-81,027	-12,373
HSD Tukey	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	249,667	,99150	,255	-,9361	59,294
		Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-5,29333*	,99150	,001	-87,261	-18,606
		Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	-15,76333*	,99150	,000	-191,961	-123,306
		Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	4,35000*	,99150	,008	,9173	77,827
		Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	150,667	,99150	,787	-19,261	49,394
		Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	,25000	,99150	1,000	-31,827	36,827
		Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-217,333	,99150	,404	-56,061	12,594
HSD Tukey	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	7,79000*	,99150	,000	43,573	112,227
		Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	5,29333*	,99150	,001	18,606	87,261
		Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	-10,47000*	,99150	,000	-139,027	-70,373
		Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	9,64333*	,99150	,000	62,106	130,761
		Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	6,80000*	,99150	,000	33,673	102,327
		Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	5,54333*	,99150	,001	21,106	89,761

Variable dependiente: Dosis						
(I) Tratamiento		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	312,000	,99150	,089	-,3127	65,527
Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	18,26000*	,99150	,000	148,273	216,927
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	15,76333*	,99150	,000	123,306	191,961
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	10,47000*	,99150	,000	70,373	139,027
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	20,11333*	,99150	,000	166,806	235,461
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	17,27000*	,99150	,000	138,373	207,027
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	16,01333*	,99150	,000	125,806	194,461
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	13,59000*	,99150	,000	101,573	170,227
Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-185,333	,99150	,588	-52,861	15,794
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-4,35000*	,99150	,008	-77,827	-,9173
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-9,64333*	,99150	,000	-130,761	-62,106
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	-20,11333*	,99150	,000	-235,461	-166,806
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-284,333	,99150	,145	-62,761	,5894
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-4,10000*	,99150	,014	-75,327	-,6673
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-6,52333*	,99150	,000	-99,561	-30,906
Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	,99000	,99150	,968	-24,427	44,227
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-150,667	,99150	,787	-49,394	19,261
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-6,80000*	,99150	,000	-102,327	-33,673
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	-17,27000*	,99150	,000	-207,027	-138,373
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	284,333	,99150	,145	-,5894	62,761
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-125,667	,99150	,898	-46,894	21,761
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-3,68000*	,99150	,031	-71,127	-,2473

Variable dependiente: Dosis						
(I) Tratamiento		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	224,667	,99150	,367	-11,861	56,794
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-,25000	,99150	1,000	-36,827	31,827
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-5,54333*	,99150	,001	-89,761	-21,106
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	-16,01333*	,99150	,000	-194,461	-125,806
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	4,10000*	,99150	,014	,6673	75,327
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	125,667	,99150	,898	-21,761	46,894
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-242,333	,99150	,285	-58,561	10,094
Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	4,67000*	,99150	,004	12,373	81,027
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	217,333	,99150	,404	-12,594	56,061
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-312,000	,99150	,089	-65,527	,3127
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	-13,59000*	,99150	,000	-170,227	-101,573
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	6,52333*	,99150	,000	30,906	99,561
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	3,68000*	,99150	,031	,2473	71,127
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	242,333	,99150	,285	-10,094	58,561

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Según la prueba Post Hoc de Tukey se observa que las diferencias significativas entre los 08 tratamientos para ver la dosis óptima entre ambos quitosano se encuentran en un rango de ,000 a 0,031 (significancias sombreadas); puesto que son menores al nivel de significancia ( $p < 0,05$ ).

*Segunda hipótesis específica:*

**¿Cuál de los dos tipos de quitosano tiene mayor capacidad de adsorción para cobre (Cu)?**

- Ha: El quitosano natural tiene mayor capacidad de adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial.
- Ho: El quitosano natural no tiene mayor capacidad de adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial.

### Prueba de normalidad

Para determinar si los datos obtenidos fueron normales o no, se establecieron las siguientes premisas:

$p > 0,05$  = Se acepta Ho

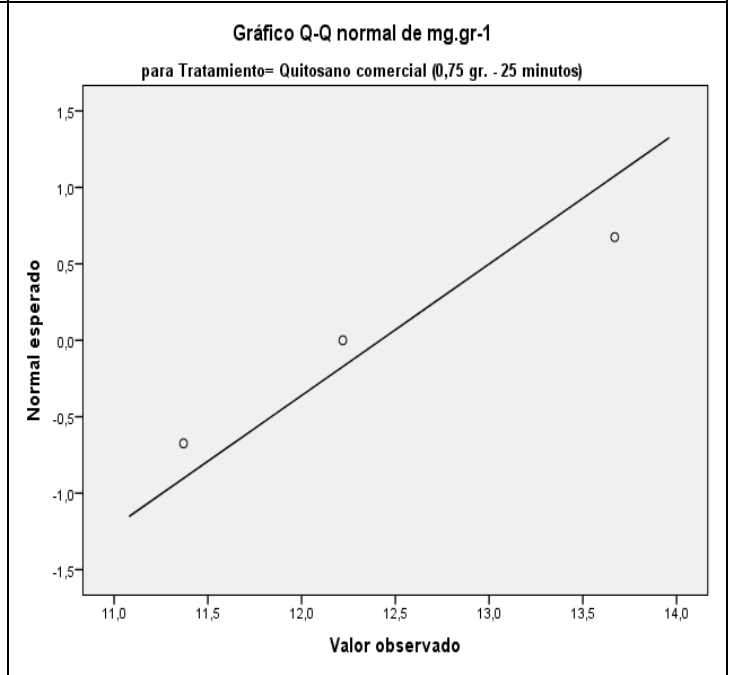
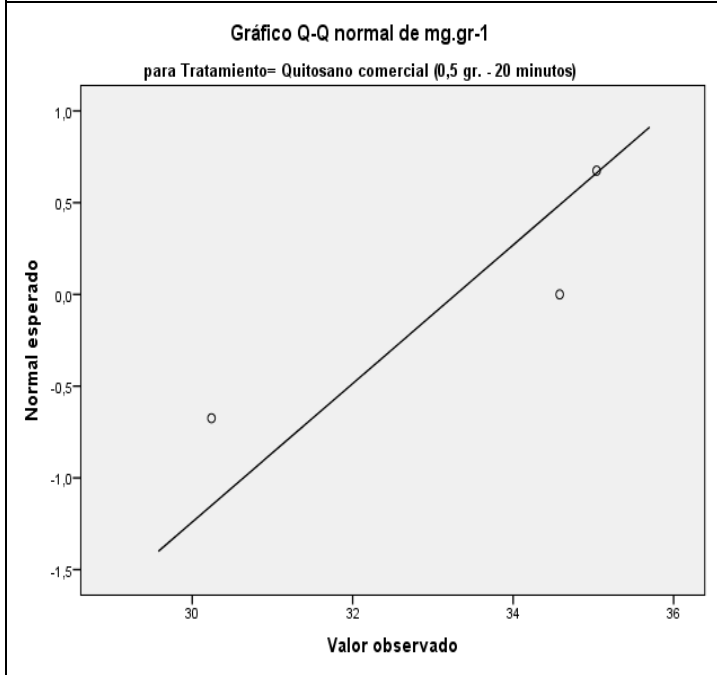
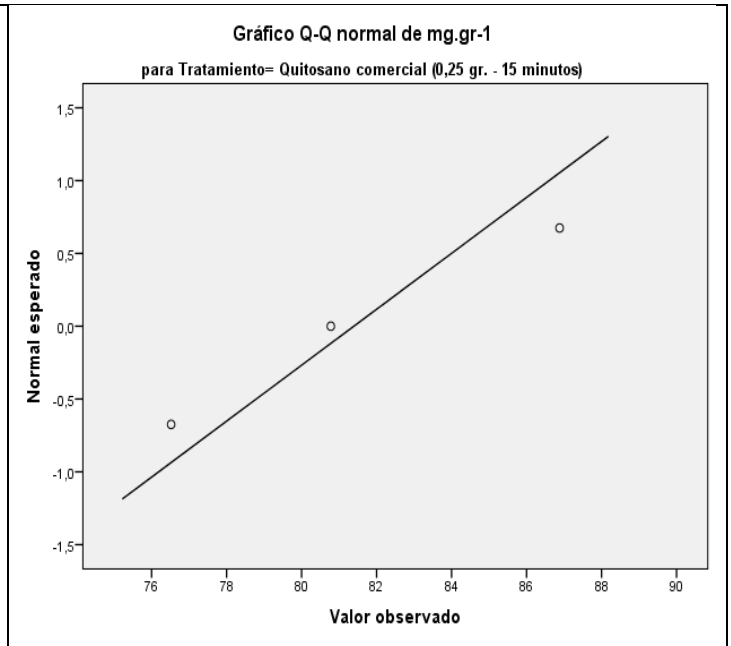
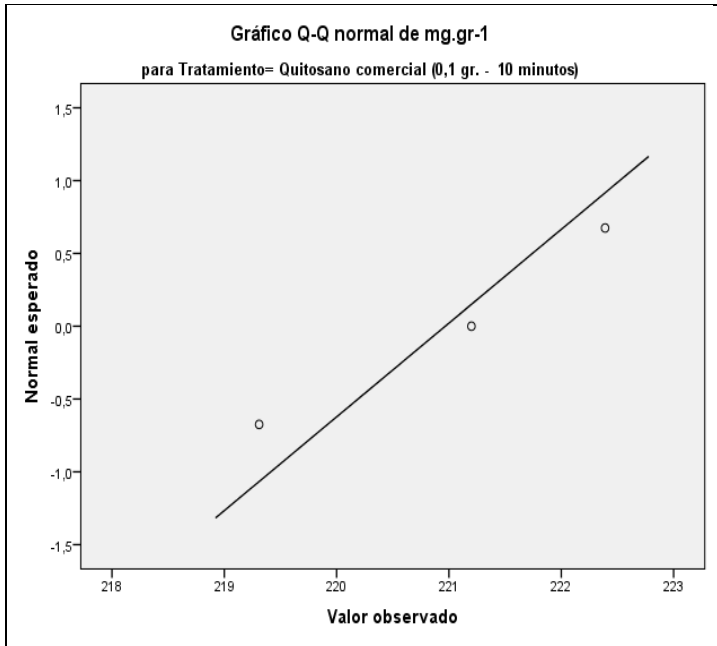
$p < 0,05$  = Se rechaza Ho

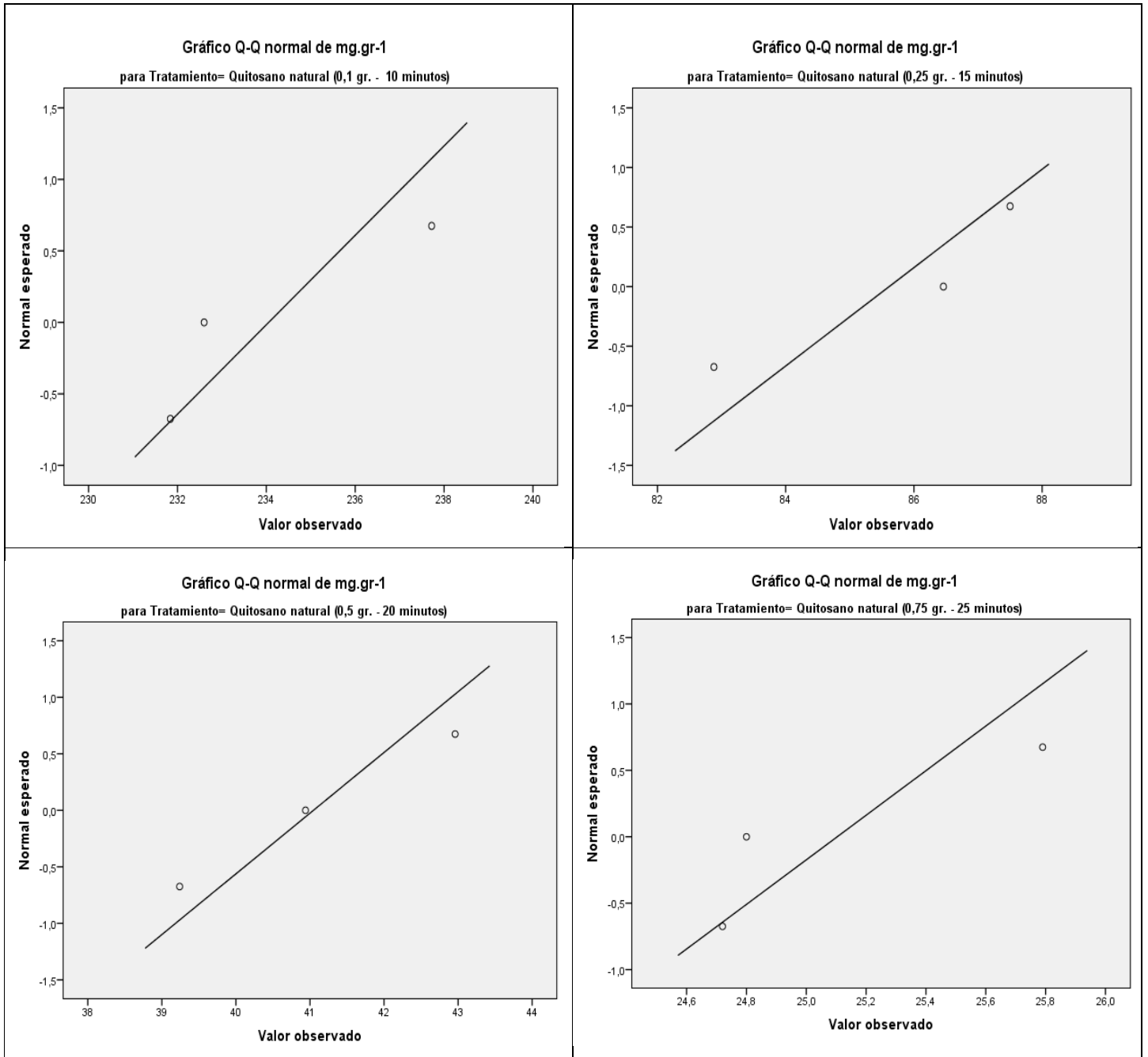
Para saber si fue válida o no la hipótesis nula (Ho), se hizo la verificación en la siguiente tabla N°29:

**Tabla N° 299: Pruebas de normalidad**

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
mg.gr-1	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	,226	3	.	,983	3	,751
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	,214	3	.	,990	3	,805
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	,354	3	.	,821	3	,166
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	,235	3	.	,978	3	,714
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	,342	3	.	,845	3	,227
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	,303	3	.	,908	3	,413
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	,190	3	.	,998	3	,905
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	,361	3	.	,806	3	,128

a. Corrección de significación de Lilliefors





Fuente: IBM SPSS Statistics

**Figura N° 10: Prueba de normalidad de la Segunda Hipótesis Específica**

**Interpretación:** En la figura N° 10 se verifica que todos los tratamientos cumplen con ser normales y/o paramétricos (Estadísticos entre: 0,806 a 0,998; gl: 3 y  $p > 0,05$ ), donde  $p > 0,05$  = Se acepta  $H_0$ , que indica que “El quitosano natural no tiene mayor capacidad de adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial”.

### Prueba de Homogeneidad de Varianzas:

Se establecieron las siguientes premisas:

$p > 0,05$  = Las varianzas son homogéneas (Prueba de Tukey).

$p < 0,05$  = Las varianzas no son homogéneas (Prueba de Games-Howell).

Los datos obtenidos se muestran en la Tabla N °30:

**Tabla N° 30: Prueba de homogeneidad de varianzas**

mg.gr-1

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
2,099	7	16	,104

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Se verificó que  $p > 0,05$ , es decir, cumple que las varianzas son homogéneas y se utiliza la prueba de Tukey.

Después de ello, se procedió a trabajar con la Tabla N°31 donde se determinó si existen o no diferencias significativas mediante esta prueba de decisión:

$p > 0,05$  = No hay diferencias significativas – Acepta  $H_0$

$p < 0,05$  = Hay diferencias significativas – Rechaza  $H_0$

**Tabla N° 31: ANOVA Unifactorial**

mg.gr-1

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	161447,759	7	23063,966	3191,205	,000
Dentro de grupos	115,638	16	7,227		
Total	161563,396	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Se verificó que la significancia obtenida de los 24 datos indica que  $p < 0,05$ . Por lo tanto, hay diferencias significativas y se rechaza  $H_0$ , quedando por válida la hipótesis alternante ( $H_a$ ) "El quitosano natural tiene mayor capacidad de adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial".



**Tabla N° 32: Comparación de diferencias significativas**

Variable dependiente: mg.gr-1							
(I) Tratamiento			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	139,57333*	2.19505	.000	131.9737	147.1729
		Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	187,68000*	2.19505	.000	180.0804	195.2796
		Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	208,54667*	2.19505	.000	200.9471	216.1463
		Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-13,08667*	2.19505	.000	-20.6863	-5.4871
		Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	135,35333*	2.19505	.000	127.7537	142.9529
		Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	179,92000*	2.19505	.000	172.3204	187.5196
		Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	195,86333*	2.19505	.000	188.2637	203.4629
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-139,57333*	2.19505	.000	-147.1729	-131.9737
		Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	48,10667*	2.19505	.000	40.5071	55.7063
		Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	68,97333*	2.19505	.000	61.3737	76.5729
		Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-152,66000*	2.19505	.000	-160.2596	-145.0604
		Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-4,22000	2.19505	.556	-11.8196	3.3796
		Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	40,34667*	2.19505	.000	32.7471	47.9463
		Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	56,29000*	2.19505	.000	48.6904	63.8896
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-187,68000*	2.19505	.000	-195.2796	-180.0804
		Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-48,10667*	2.19505	.000	-55.7063	-40.5071
		Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	20,86667*	2.19505	.000	13.2671	28.4663
		Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-200,76667*	2.19505	.000	-208.3663	-193.1671
		Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-52,32667*	2.19505	.000	-59.9263	-44.7271
		Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-7,76000*	2.19505	.044	-15.3596	-.1604
		Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	8,18333*	2.19505	.030	.5837	15.7829

Variable dependiente: mg.gr-1						
(I) Tratamiento		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-208,54667*	2.19505	.000	-216.1463	-200.9471
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-68,97333*	2.19505	.000	-76.5729	-61.3737
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-20,86667*	2.19505	.000	-28.4663	-13.2671
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-221,63333*	2.19505	.000	-229.2329	-214.0337
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-73,19333*	2.19505	.000	-80.7929	-65.5937
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-28,62667*	2.19505	.000	-36.2263	-21.0271
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	-12,68333*	2.19505	.001	-20.2829	-5.0837
Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	13,08667*	2.19505	.000	5.4871	20.6863
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	152,66000*	2.19505	.000	145.0604	160.2596
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	200,76667*	2.19505	.000	193.1671	208.3663
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	221,63333*	2.19505	.000	214.0337	229.2329
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	148,44000*	2.19505	.000	140.8404	156.0396
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	193,00667*	2.19505	.000	185.4071	200.6063
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	208,95000*	2.19505	.000	201.3504	216.5496
Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-135,35333*	2.19505	.000	-142.9529	-127.7537
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	4,22000	2.19505	.556	-3.3796	11.8196
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	52,32667*	2.19505	.000	44.7271	59.9263
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	73,19333*	2.19505	.000	65.5937	80.7929
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-148,44000*	2.19505	.000	-156.0396	-140.8404
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	44,56667*	2.19505	.000	36.9671	52.1663
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	60,51000*	2.19505	.000	52.9104	68.1096
	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-179,92000*	2.19505	.000	-187.5196	-172.3204

Variable dependiente: mg.gr-1						
(I) Tratamiento		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-40,34667*	2.19505	.000	-47.9463	-32.7471
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	7,76000*	2.19505	.044	.1604	15.3596
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	28,62667*	2.19505	.000	21.0271	36.2263
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-193,00667*	2.19505	.000	-200.6063	-185.4071
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-44,56667*	2.19505	.000	-52.1663	-36.9671
	Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	15,94333*	2.19505	.000	8.3437	23.5429
Quitosano natural (0,75 gr. - 25 minutos)	Quitosano comercial (0,1 gr. - 10 minutos)	-195,86333*	2.19505	.000	-203.4629	-188.2637
	Quitosano comercial (0,25 gr. - 15 minutos)	-56,29000*	2.19505	.000	-63.8896	-48.6904
	Quitosano comercial (0,5 gr. - 20 minutos)	-8,18333*	2.19505	.030	-15.7829	-.5837
	Quitosano comercial (0,75 gr. - 25 minutos)	12,68333*	2.19505	.001	5.0837	20.2829
	Quitosano natural (0,1 gr. - 10 minutos)	-208,95000*	2.19505	.000	-216.5496	-201.3504
	Quitosano natural (0,25 gr. - 15 minutos)	-60,51000*	2.19505	.000	-68.1096	-52.9104
	Quitosano natural (0,5 gr. - 20 minutos)	-15,94333*	2.19505	.000	-23.5429	-8.3437

Fuente: IBM SPSS Statistics

**Interpretación:** Según la prueba Post Hoc de Tukey se observa que las diferencias significativas entre los 08 tratamientos para ver la capacidad de adsorción entre ambos quitosano se encuentran en un rango de ,000 a 0,044 (significancias sombreadas); puesto que son menores al nivel de significancia ( $p < 0,05$ )

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al procesar los resultados obtenidos a partir de la aplicación del quitosano natural y quitosano comercial, podemos denotar que cuando se aplican 04 dosis distintas de 0,1 gr., 0,25 gr., 0,5 gr. y 0,75 gr., las cuales se diluyeron en 700 ml de agua destilada en tiempos distintos de 10, 15, 20 y 25 minutos, respectivamente a una velocidad de 250 r.p.m. se logra que la dosis optima de ambos quitosanos es de 0,1 gr., debido a que al poner mayor dosis en la muestra contaminada existen dos factores que influyen: la saturación y el tamaño de la partícula. Por otro lado, también lograron influir propiedades del quitosano como la solubilidad, ya que el quitosano comercial fue poco soluble mientras que el quitosano fue soluble al momento de tener contacto con el agua contaminada; la propiedad del grado de desacetilación (GD%) es otra causa que influye debido a que según el producto vendido (quitosano comercial) obtiene un GD% de 85% mientras que el natural obtiene GD de 90% (Universidad Pontificia Católica del Perú, 2012), lo cual indica que en el quitosano natural tiene una menor composición de quitina; mientras que en el quitosano comercial hay un mayor porcentaje de quitina; dando a conocimiento de que estas propiedades influyeron en el tratamiento del agua contaminada con cobre (Cu).

En el presente estudio sobre el uso del quitosano comercial (exoesqueleto de camarón) existe concordancia con el trabajo realizado por Villalobos (2009) llamado "Eliminación de metales pesados de aguas residuales con membranas de quitosano", debido a que éste biopolímero puede reducir las concentraciones de metales pesados que provienen de los efluentes de las industrias como curtiembre, eléctrica y pintura, la misma que se plantea solucionar en los alrededores de la cuenca baja del río Chillón, ya que este tipo de industrias también existen en los alrededores.

Asimismo, me apoyo en el trabajo de Duarte (2009) denominado: "Remoción de Cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón", dan a conocer que éste coagulante obtenido del exoesqueleto del camarón (*Litopenaus vanamei*) es un indicador que aporta

a la reducción del Cromo (Cr) proveniente de los efluentes de una industria de curtiembre ubicada en la ciudad de Cartagena (Bolívar); como también parte de mi investigación abarca el reaprovechamiento de los desechos del quitosano comercial (exoesqueleto de camarón) y el natural (pluma de pota) para el tratamiento de aguas residuales.

## **5. CONCLUSIONES**

- Se concluye que, la dosis óptima para mejorar la calidad del agua usando ambos tipos de quitosano (comercial y natural) es de 0,1 gr. en un lapso de 10 minutos, ya que los parámetros físicos al ser tratados con ambos quitosano logran la reducción de turbidez con un valor de 3,51 NTU para el quitosano comercial y con un valor de 3,33 NTU para el quitosano natural; la conductividad eléctrica también disminuye con el quitosano comercial a 84,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y con el natural a 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por otro lado, los parámetros químicos como el pH de las muestras contaminadas logran acercarse a un pH neutro; ya que con el uso del quitosano comercial aumenta a 5,13 y con el quitosano natural aumenta a 5,88.
- Se logró obtener que la mayor capacidad de adsorción de cobre es de 220,97  $\text{mg}\cdot\text{gr}^{-1}$  con el quitosano comercial; en cuanto al quitosano natural que se obtuvo una capacidad de 233,94  $\text{mg}\cdot\text{gr}^{-1}$ .
- Finalmente se concluye que, el quitosano natural (plumas de pota) tuvo mayor potencial en cuanto a eficiencia de remoción de Cu con un 95,5%; mientras que el quitosano comercial reduce el Cu en un 90,2%, ambos sometidos a una dosis de 0,10 gr. en ambos casos durante 10 minutos a 250 r.p.m; fluctuando el rango de eficiencia mayor al 90%.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar monitoreos constantes para obtener un resultado de mayor exactitud en cuanto a los parámetros orgánicos e inorgánicos en las aguas del Rio Chillón.

- Se recomienda realizar el tratamiento in-situ con el fin de obtener resultados más confiables dependiendo de la realidad problemática planteada.
- En cuanto a la preparación del quitosano natural, es recomendable seguir cada paso indicado y no emitir los tiempos, ya que puede originar cambios en los resultados a obtener.
- Se recomienda dar un tratamiento secundario al residual de agua desionizada gastada para el lavado de plumas de pota al añadirse HCl y NaOH en los procesos de desmineralización y desproteínización para la elaboración del quitosano natural.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✚ VALENZUELA, Cynthia. Obtención de Quitosano de Pota (*Dosidicus Gigas*) empleando altas dosis de Radiación Gamma. 1era ed. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2006.
- ✚ VILLALOBOS, Walter. Eliminación de Metales Pesados de Aguas Residuales con membranas de Quitosano. 1era ed. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2011. Pp. 11
- ✚ DUARTE, Edison. *et al.* Remoción de Cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón. [En línea]. *Revista de la Universidad Tecnológica de Pereira*. Agosto, 2009. Colombia. [Fecha de consulta: 08 de Junio].  
Disponible en:  
<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/2679/1401>
- ✚ NIETO, Christian; ORELLANA, Valeria. Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante. 1era ed. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2011.
- ✚ ALTAMIRANO, Monserrat. Remoción de Pb<sup>+2</sup> por medio de la adsorción de quitosano. 1era ed. México: Universidad Veracruzana, 2015. Pp. 27-42.
- ✚ GARCES, Luz; COAVAS, Susana. Evaluación de la capacidad de adsorción en la cascara de naranja (*Citrus cinensis*) modificada con quitosano para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales. 1era ed. Colombia: Universidad de Cartagena, 2012.

- ✚ SALA, Luis. *et al.* Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho. [En línea]. *Revista Real Sociedad Española de Química*. Junio, 2010. España. [Fecha de consulta: 10 de Mayo]  
  
Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/3235861.pdf>
  
- ✚ PÁJARO, Yina; DÍAZ, Fredyc. Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas utilizando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón. [En línea]. 2da. Ed. Vol: 41. *Revista Colombiana de Química*. Colombia, 2012. Colombia. [Fecha de consulta: 14 de Junio]  
  
Disponible en:  
[www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/39374/42000](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/39374/42000)
  
- ✚ GIRALDO, Juan. 2015. Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano. ResearchGate.
  
- ✚ CRUZ, Gerardo, *et al.* Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. [En línea] Vol: 15, num. 1. *Revista de Investigación Científica de la Universidad Nacional de Tumbes*, 2015. Perú [Fecha de consulta: 21 de Abril]  
  
Disponible en:  
<http://www.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/36>
  
- ✚ ANDIA, Yolanda. 2000. Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación. SEDAPAL. Perú.
  
- ✚ TEJADA, Candelaria; VILLABONA, Ángel; GARCÉS, Luz. 2014. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. Vol: 18. *Revista Tecno Lógicas*. Colombia.
  
- ✚ CARRASCO, Sergio. 2009. Metodología de la Investigación Científica (2da. Ed.). Editorial: San Marcos. Lima, Perú.
  
- ✚ LOPEZ, Pedro. 2004. Población, Muestra y Muestreo. Vol. 09. Universidad Católica Boliviana San Pablo Cochabamba. Bolivia.
  
- ✚ VASQUEZ, Yolanda. *s.f.* Tipos, Niveles y Diseños de Investigación. Universidad Privada San Pedro. Perú.
  
- ✚ TAMAYO, Carla; SILVA, Irenne. *s.f.* Técnicas e instrumentos de recolección. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Perú
  
- ✚ ANA. 2016. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. R.J. N° 010-2016-ANA. Perú.

- ✚ MINAM. 2017. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.S. N° 004-2017-MINAM. Perú.
  
- ✚ Gilani, Behnaz, Javad y Hossein, y. 2015. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss essential oil en the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. Sciencedirect. [En línea] 28 de Abril de 2015. [Citado el: 21 de Setiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146685641500075>



## 8. ANEXOS

### ANEXO 1: Ubicación del área de estudio



## ANEXO 2: Identificación de los puntos de muestreo



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

### ANEXO 3.1 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-01

- 1) Se realizó el monitoreo el día 09/10/17 a las 11:10 a.m. en la cuenca media del Río Chillón, la cual se encuentra cercana al centro poblado de Yangas, distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 11: Cuenca Media del Río Chillón en el sector de Yangas**

- 2) Después se procedió a evaluar los parámetros insitu de pH, temperatura (°C), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{lt}$ ), utilizando equipos como pHmetro y multiparametro; los cuales fueron calibrados por un analista un día antes del monitoreo y los mismos cuentan con sus certificados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 12: pHmetro y multiparametro**

- 3) Los primeros parámetros físico-químicos a evaluar fueron el pH y la temperatura dentro del cuerpo lentic, se encendió el equipo y se esperó que se estabilice para determinar el resultado del pH y T°, los cuales fueron 8.56 y 20.6°C.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 13: Medición y resultados del pH y temperatura (°C)**

- 4) Para el caso del vaso precipitado, éste se enjuagó 3 veces con el agua del río y luego se recogió una muestra de 100 ml. para determinar el resultado del pH y T°, se realizó el procedimiento anterior y éste dio por resultado 8.53 y 23,8°C.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 14: Resultado de pH y T° en vaso precipitado**

- 5) Los siguientes parámetros insitu monitoreados fueron la conductividad eléctrica (C.E.) y el oxígeno disuelto (O.D) para lo cual se hizo la medición en el río mediante el multiparametro. Al momento de encender el equipo para que arroje los resultados se debió esperar que éstos se estabilicen, ya que arrojaron diferentes resultados. Obteniendo por resultados que en la conductividad eléctrica hubo 783  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en cuanto a OD hubo 8.46 mg/l.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 15: Medición de OD y Conductividad Eléctrica en el río**

- 6) Después de conocer los resultados de los parámetros insitu analizados, se procedió a recolectar el agua necesaria para el análisis de metales pesados por el método de barrido ICP. Se hizo uso de 2 botellas de PVC, una de 500 ml y la otra de 1 lt., las cuales se lavaron con el agua del río 3 veces y se colocaron contra la corriente del río.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 16: Recolección de agua en botellas PVC (500 ml y 1 lt)**

- 7) No obstante, el agua recolectada que fue llevada al laboratorio de Servicios de Análisis Generales (SAG) requirió de un preservante de metales pesados, haciendo uso del Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) como preservante aplicando 20 gotas a la botella de 1 lt. y 10 gotas a la botella de 500 ml.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 17: Preservación con HNO<sub>3</sub> en botella de 1 lt.**

- 8) Por último paso se procedió a rotular las muestras con los datos principales y a guardar los frascos en un cooler para evitar variaciones en los parámetros a evaluar, mientras se traslada las muestras al laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 18: Cooler utilizado para las muestras de agua**

### ANEXO 3.2 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-02

- 1) Se realizó el día 26/10/17 a las 10:15 a.m. en la cuenca baja del Río Chillón, éste punto se tomó como referencia a alturas de la zona Hacienda Chacra Cerro, distrito de Comas, provincia de Lima, con 8 683 198 N y 275 011 E (coordenadas UTM) a una altitud de 137 m.s.n.m.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 19: Cuenca Baja del Río Chillón en el sector de Chacra Cerro**

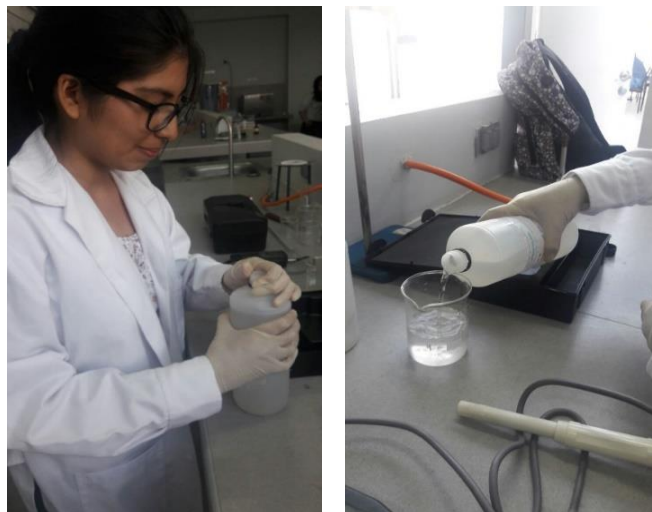
- 2) Se repitieron los pasos establecidos en el Protocolo Nacional del Monitoreo de la Calidad del Agua (R.J N° 010-2016-ANA) donde nos indica que debimos de enjuagar ambas botellas como mínimo 03 veces para proceder a tomar la muestra en dirección opuesta al flujo de agua, después de ello se volvió a preservar con Ácido Nítrico (en caso de la muestras que se mandó a analizar en laboratorio) y son conservados en el cooler.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 20: Toma de muestra en Chacra Cerro**

- 3) Los parámetros físico-químicos a evaluar exsitu fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales en suspensión (STS) y temperatura ( $T^{\circ}$ ) dentro del cuerpo lenticó en un vaso precipitado mediante el multiparametro.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 21: Toma de muestra (1000 ml.) llevada al laboratorio**

- 4) Al encontrarse calibrado el multiparametro se procedió a encender. Luego, se vertió la cantidad necesaria al vaso precipitado, en donde el electrodo al tener contacto con el agua a analizar busca su estabilidad para arrojar los resultados de los siguientes parámetros:  $T^{\circ}$ , CE y pH, los cuales fueron  $23,3^{\circ}\text{C}$ ,  $0,98\ \mu\text{S}/\text{cm}$  y  $8,7$ ; respectivamente.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 22: Medicion de  $T^{\circ}$ , CE y pH**



### ANEXO 3.3 – Monitoreo de calidad de agua en el punto CA-03

- 1) Se realizó el día 01/05/18 a las 12:00 p.m. en la cuenca baja del Río Chillón, éste punto se tomó como referencia a alturas del Asentamiento Humano (AA.HH.) Márquez perteneciente al distrito constitucional del Callao, con las siguientes coordenadas UTM: 8 679 313 N y 267 509 E, a una altitud de 8 m.s.n.m.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 23: Cuenca Baja del Río Chillón en el AA.HH Márquez**

- 2) Se repitieron los pasos establecidos en el Protocolo Nacional del Monitoreo de la Calidad del Agua (R.J N° 010-2016-ANA) donde nos indica que debemos de enjuagar ambas botellas como mínimo 03 veces para proceder a tomar la muestra en dirección opuesta al flujo de agua, después de ello se vuelve a preservar con Ácido Nítrico (en caso de la muestras que se mandó a analizar en laboratorio) y son conservados en el cooler.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 24: Toma y preservación de muestra en AA.HH. Márquez**

- 3) Los parámetros físico-químicos a evaluar exsitu fueron: pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura (T°) en una muestra de 500 ml, que en laboratorio fue trasladado a un

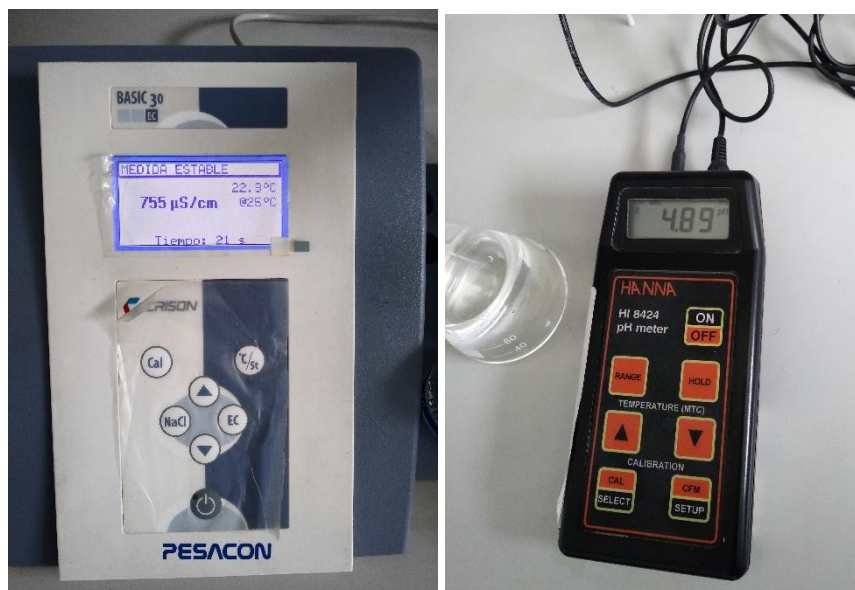
matraz de 500 ml y se hizo las respectivas mediciones mediante el pHmetro y conductímetro.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 25: Conductímetro y pHmetro**

- 4) Al encontrarse calibrado ambos equipos se procedieron a encender. Luego, se vierte la cantidad necesaria al matraz, en donde el electrodo al tener contacto con el agua a analizar busca su estabilidad para arrojar los resultados de los siguientes parámetros: T°, CE y pH, los cuales fueron 22,3 °C, 755  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 4,89; respectivamente.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 26: Medición de T°, CE y pH**

#### ANEXO 4: Obtención del quitosano comercial (exoesqueleto de camarón)

- 1) Para realizar este paso se tuvo que recopilar información de posibles tiendas que permitan la venta del quitosano; desde un punto de vista comercial su demanda es regularmente alta y este producto se encuentra fabricado por exoesqueletos de camarones. No obstante, éste producto se pudo obtener en forma de pastillas en la tienda TIENS, la cual nos brinda 100 pastillas donde cada una tiene un peso de 0,15 gr. lo cual equivale a 15 gr.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 27: Quitosano comercial**

- 2) Las pastillas como tal necesitaron triturarse en partículas más pequeñas para que al momento de tratar el agua, tenga facilidad como coagulante para la adsorción de cobre, es por ello, que se procedió a utilizar un mortero con la finalidad de obtener partículas más finas del quitosano.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 28: Trituración del quitosano comercial**

## ANEXO 5: Obtención del quitosano natural (plumas de pota)

- 1) Previo a realizar cada paso para la obtención del quitosano natural a partir de plumas de pota, se hizo la búsqueda de estas plumas en el terminal pesquero del distrito de La Victoria, en donde no hubo complicación alguna por parte de los vendedores.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 29: Pesquero de La Victoria**

- 2) Se trató aproximadamente 800 gr de plumas de pota (previamente lavadas y cortadas) con HCl 2N a temperatura ambiente durante una noche.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 30: Plumitas de pota**

- 2.1) A su vez, se tuvo que realizar el respectivo pesaje que tiene 01 pluma de pota, para determinar cuántas de estas se va a necesitar para llegar a 800 gr de la misma y poder convertirla en granos más pequeños (quitosano); en la cual se constató de que se necesitó como mínimo 90 plumas de pota.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 31: Pesaje de la pluma de pota**

- 2.2)** Luego de tener el material en pedazos más pequeños se mezcló con HCl a 2N, sin embargo, previo a ello se debe preparar ésta solución a 500 ml en 2 botellas de PVC con materiales como HCl, agua destilada, matraz de 500 ml, propipeta, pizeta y bomba de propipeta.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 32: Materiales para realizar la solución de HCl a 2N**

- 2.3)** También se realizaron los cálculos para saber cuánto de volumen de HCl se necesita para obtener 2N en un volumen de 500 ml de muestra, donde se emplearon datos como masa molecular y densidad del HCl. Al aplicar las fórmulas se obtiene que se necesita 30,6 ml de HCl para obtener la solución requerida.
- 2.4)** Como primer paso de preparación de solución se echó 200 ml de agua destilada al matraz, para luego proceder a expulsar el volumen hallado del HCl con ayuda de la bomba de la propipeta y la propipeta.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 33: Preparación de HCl a 2N**

**2.5)** Luego se vertió 300 ml de agua destilada para haber sido enrrazado y mezclado de manera homogénea toda la solución. Estos pasos se repitieron para otros 500 ml más de solución, puesto que se deseó como mínimo 1 lt para verter en 800 gr de pota.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 34: Preparación de la solución**

**2.6)** Al obtener las soluciones preparadas en las 02 botellas de PVC de 500 ml, se procedió a dispersar todo el líquido en los trozos de la pluma de pota, dejándolo durante toda una noche que remoje en ácido.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 35: Dispersión de la solución en as plumas de pota**

- 3) Posteriormente se lavó el material con abundante agua desionizada hasta obtener un pH neutro y se redujo a tamaño más pequeño, para lo cual se utilizaron 04 gal de agua desionizada, es decir, 16 lt. para obtener pH neutro.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 36: Lavado de las plumas de pota con agua desionizada**

- 3.1) Al momento de utilizar más agua destilada se debe de tener en cuenta que se exprime o se debe de filtrar el agua que contiene el HCl para que al lavar sea más transparente y más fácil de identificar con el papel tornasol el pH del agua empleada.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 37: Lavado de las plumas de pota con agua desionizada**



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 38: Intercambio de agua para el lavado de las plumas de pota**

**3.2)** Después de que el pH de las plumas de pota fuese neutro, se procedió a utilizar un molino para reducir el tamaño de las mismas, lo cual ayudó al que haya mayor dispersión del NaOH en las plumas.





Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 39: Molienda de las plumas de pata**

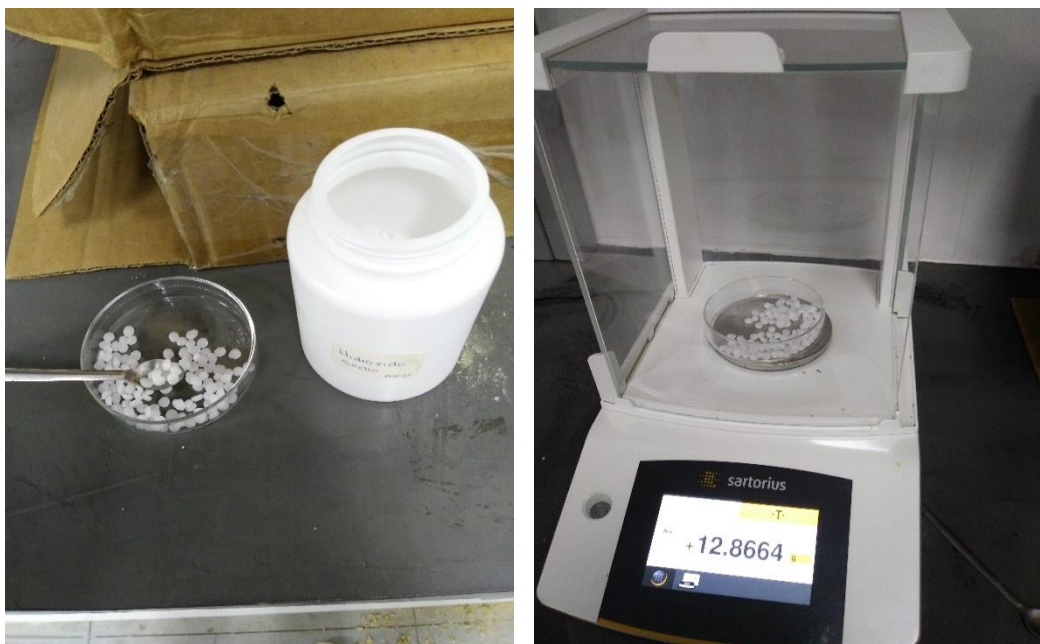
- 4) El material resultante se procedió a tratar con NaOH 10% a temperatura ambiente por 24 horas.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 40: Materiales para elaborar NaOH al 10%**

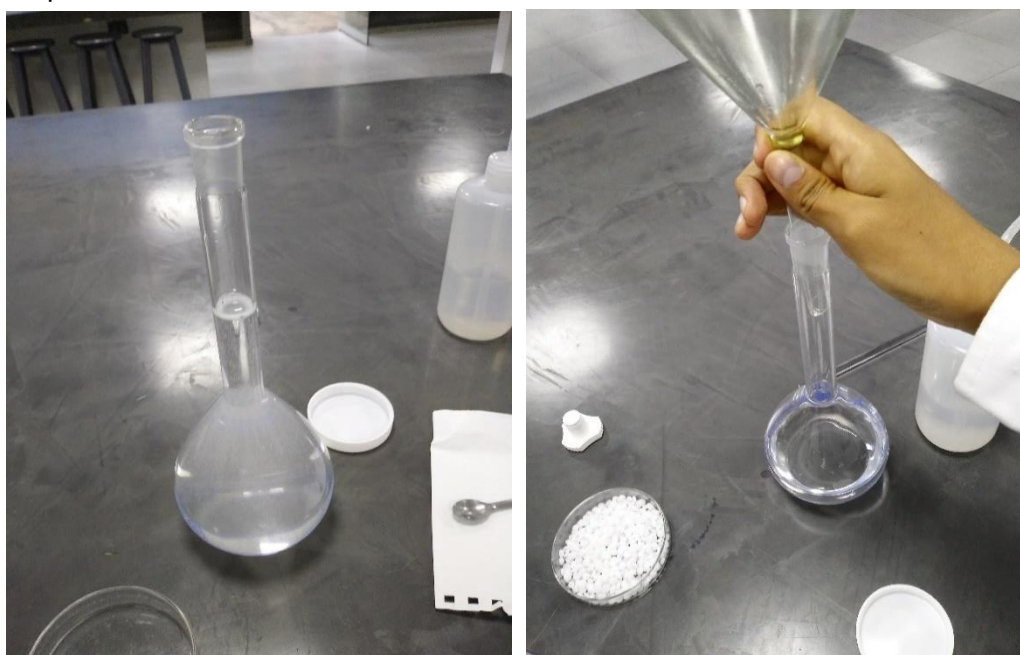
- 4.1) Para hacer la solución primero se pesó 50 gr de Hidróxido de Sodio (NaOH) en la balanza analítica, ya que eso será vertido en una fiola de 500 mL que contendrá agua desionizada, representando así el 10% de la solución a obtener.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 41: Pesaje del NaOH al 10%**

4.2) Al terminar de pesar los 50 gr de NaOH en forma de lenteja, se vertió en una fiola de 500 mL y se procedió a enrrazar para que su disolución sea de todo el material pesado.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 42: Enrrazamiento del NaOH al 10% en la fiola**

4.3) Sin embargo, como este reactivo al entrar en contacto con el agua comienza a calentarse muy rápido, se recomienda enrrazar con bastante agua de caño para evitar posibles quemaduras.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 43: Enrrazamiento del NaOH al 10% con agua de caño**

- 4.4) Después de preparar en 2 botellas de PVC el NaOH al 10% esto se procedió a ser vertido en los 800 gr de muestra durante todo un día para que se logre impregnar la solución en las plumas de pota.
- 5) Posteriormente se procedió a lavar el material con abundante agua desionizada hasta pH 7.0 y se trató con NaOH 2N, se deja en calentamiento por 4hrs. a 100 °C para obtener Quitina.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 44: Materiales para obtención de quitina**

- 5.1) Para realizar la preparación de NaOH a 2N se utilizó la misma formula que para el HCl a 2N, tomando en consideración datos como la masa molecular del NaOH, el volumen de agua requerido (500 ml) y la normalidad a la que se deseó obtener el peso exacto para preparar la solución



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 45: Plumas de pota en vasos precipitados antes de entrar a estufa**

**5.2)** Se repartió en 12 vasos precipitados los 800 gr de plumas de pota con 150 ml de NaOH 2N en cada vaso precipitado, para lo cual se usó 8 horas la estufa del laboratorio, para que con factores como la temperatura propia de la estufa (100°C) pueda interactuar con el material (pluma de pota).



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 46: Plumas de pota después de estar en la estufa**

**5.3)** Se retiraron los 12 vasos precipitados con una pinza de la estufa y las plumas de pota fueron exprimidas para que el residual del NaOH al 10% quedase en los vasos.

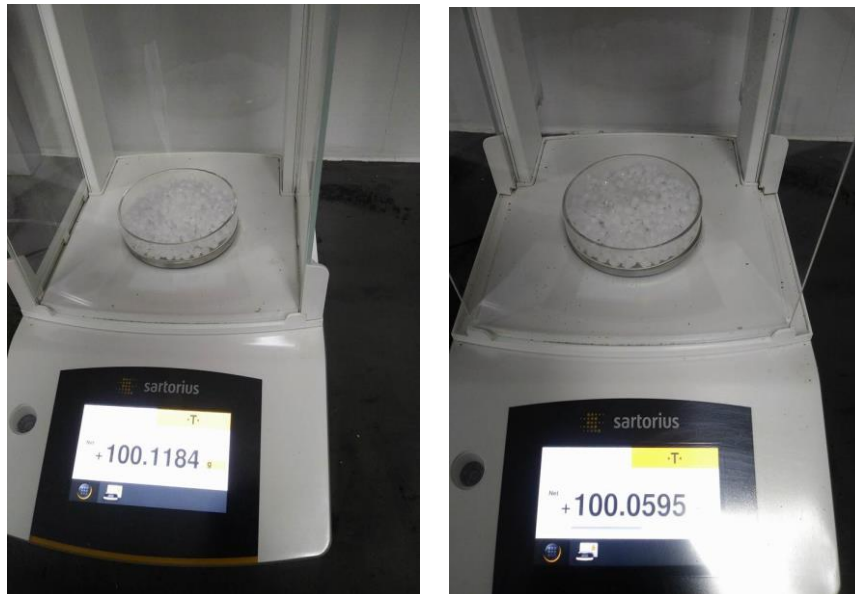


Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 47: Extracción del NaOH de la quina a partir de las plumas de pota**

6) Del producto obtenido se trató con NaOH 50% y se dejó en calentamiento aproximadamente por 8h a 100 °C, para obtener quitosano.

6.1) Para hacer la solución primero se pesó 250 gr de Hidróxido de Sodio (NaOH) en la balanza analítica, ya que eso será vertido en una fiola de 500 mL que contendrá agua desionizada.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 48: Pesaje de NaOH al 50%**

6.2) Al terminar de pesar los 250 gr de NaOH en forma de lenteja, se vertió en una fiola de 500 mL y se procedió a enraizar para que su disolución sea de todo el material pesado, representando así el 50% de la solución a obtener.

- 6.3)** Hay que tener en cuenta que debe ser enjuagado con abundante agua, ya que el NaOH al reaccionar con agua desionizada desprende calor, después de lograr que la solución obtenida se enfre se procede a verter en 2 botellas de PVC de 500 ml.
- 6.4)** Luego, se realizó el vertimiento del NaOH al 50% en todas las plumas de pota en vasos precipitados para que se procediese a dejar en calentamiento en la estufa durante 08 horas a 100°C.



Fuente: Elaboración propia

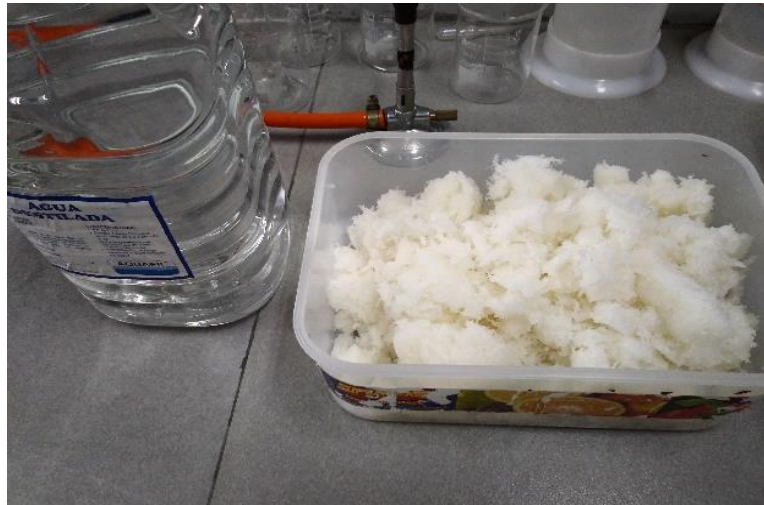
**Figura N° 49: Preparación del NaOH en las plumas de pota antes de usar la estufa**



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 50: Quitina obtenida después del calentamiento en estufa**

- 7) Finalmente se lavó con abundante agua desionizada hasta pH 7.0, se procedió a reducir el tamaño del producto obtenido, con una licuadora para obtener un grano más fino y posteriormente se deja en la estufa por 24 horas a 50°C.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 51: Materiales de lavado**

- 7.1) El lavado del quitosano se lavó con agua desionizada (04 gal.) para que el pH en el que se encontraba el producto (pH básico) descienda a un pH neutro, como también se usó el multiparámetro (debidamente calibrado) para medir pH.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 52: Enjuague de la quitina obtenida de plumas de pota y medicion de pH**

**7.2)** Al tener un pH neutro, se exprimió la muestra y luego se colocó en recipientes de papel aluminio para que secase en la estufa a 50°C durante 24 hrs.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 53: Secado en la estufa de la quitina obtenida de plumas de pata**

**7.3)** Luego del proceso de secado se procedió a reducir las partículas del quitosano, con la finalidad de que los granos sean más finos, haciendo uso de rayadores.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 54: Reducción de partículas del quitosano natural con artículos de casa**



**7.4)** Después de usar los rayadores se procedió a llevar la muestra a tamizar en malla #50 hasta obtener el producto final (quitosano de pota) con un pesaje de 32 gr



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 55: Tamizado del quitosano de pota**

## ANEXO 6: Tratamiento de agua con quitosano comercial

- 1) Como primer paso se pesó el Sulfato de Cobre (0,035 gr) para ser disuelto en los vasos precipitados de 200 ml, para ello se trabajó con un volumen de 700 ml de agua desionizada.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 56: Pesaje del Sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>)**

- 2) Luego se procedió a seleccionar 03 vasos precipitados de 2000 ml para 04 diferentes dosis de 0.1, 0.25, 0.5 y 0,75 gr de quitosano comercial para 10, 15, 20 y 25 minutos, respectivamente con 250 r.p.m. con un volumen de 700 ml cada uno, realizando 03 repeticiones por dosis y luego se procedió a usar el Jar Test.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 57: Jar Test con las muestras a analizar**

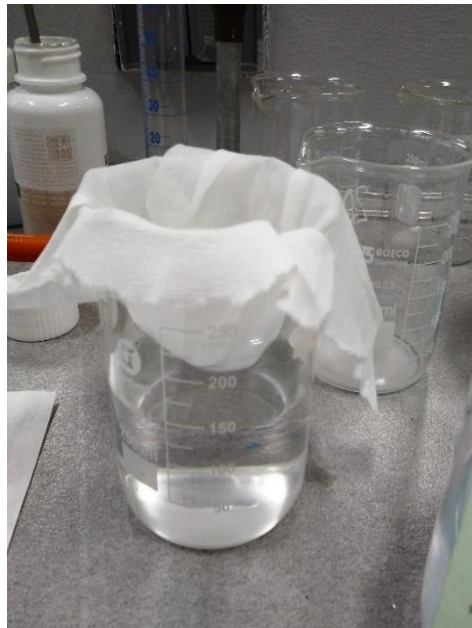
- 3) Luego de concluir el tiempo establecido se procedió a tomar los parámetros fisicoquímicos, como pH, T°, Conductividad eléctrica y turbidez para demostrar cuanto ha mejorado el agua contaminada con ayuda del quitosano comercial, con ayuda del multiparametro y turbidimetro.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 58: Analisis de una muestra con el multiparametro, pHmetro y turbidimetro**

- 4) Después de hallar los parámetros fisicoquímicos se procedió a usar el papel filtro rápido para que se quede el cobre residual y solo pueda filtrarse el agua tratada; esto se hizo en las 12 muestras recolectadas y luego se procedió a preservar el agua descontaminada en cooler.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 59: Uso de papel filtro para recolección de muestra tratada**

## ANEXO 7: Tratamiento de agua con quitosano natural

- 1) Como primer paso se pesó el Sulfato de Cobre (0,035 gr) para ser disuelto en los vasos precipitados de 200 ml, para ello se trabajó con un volumen de 700 ml de agua desionizada.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 60: Pesaje del Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ )

- 2) Luego se procedió a seleccionar 03 vasos precipitados de 2000 ml para 04 diferentes dosis de 0.1, 0.25, 0.5 y 0,75 gr de quitosano comercial para 10, 15, 20 y 25 minutos, respectivamente con 250 r.p.m. con un volumen de 700 ml cada uno, realizando 03 repeticiones por dosis y luego se procedió a usar el Jar Test.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 61: Prueba de coagulación (Jar-Test) con las muestras a analizar

- 3) Luego de concluir el tiempo establecido se procedió a tomar los parámetros fisicoquímicos, como pH, T°, conductividad eléctrica y turbidez para demostrar cuanto ha mejorado el agua contaminada con ayuda del quitosano natural, mediante el uso del multiparametro y turbidimetro.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 62: Analisis de una muestra con el multiparametro, pHmetro y turbidimetro**

- 4) Después de hallar los parámetros fisicoquímicos con los equipos, se usó el papel filtro rápido para que se quede el cobre residual y solo se filtró el agua tratada; esto se hizo en las 12 muestras recolectadas y luego se procedió a preservar en cooler las muestras finales.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 63: Uso de papel filtro para recolección de muestra tratada**

### ANEXO 8: Ficha de campo para el monitoreo de agua en la cuenca del Río Chillón

Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18S)				Descripción del lugar	Parámetros	Resultados obtenidos
	Norte	Este	Altitud	Fecha y hora			

Fuente: Protocolo de Monitoreo del ANA modificado por autora

ANEXO 7: Ficha de campo para el monitoreo de aguas en la cuenca del Río Chillón:

Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18S)				Descripción del lugar	Parámetros	Resultados obtenidos
	Norte	Este	Altitud	Fecha y hora			
CA-01	8783838	390750	598 m.s.n.m	09/10/17 11:10 a.m.	Este punto se tomó en la cuenca media-alta del río Chillón, cerca al centro poblado de Yungas, distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta.	pH	8.56
						T°	20.6 °C
						C.E.	783 µS/cm
CA-02	8683198	275011	137 m.s.n.m.	26/10/17 10:15 a.m.	Este punto se encuentra ubicado a alturas de la Urbanización Chacra Cerro, distrito de Comas provincia de Lima.	pH	8.70
						T°	23.3 °C
						C.E.	706 µS/cm
CA-03	8679313	267509	8 m.s.n.m	01/05/18 12:00 p.m.	Se ubicó este punto de muestro a alturas del Asentamiento Humano (AA.HH.) Márquez perteneciente al distrito y departamento constitucional del Callao.	pH	4.89
						T°	22.3 °C
						C.E.	755 µS/cm

Fuente: Protocolo de Monitoreo del ANA modificado por autora

\*pH: potencial de hidrógeno

### ANEXO 9: Ficha de muestra para el monitoreo de agua en la cuenca del Río Chillón

Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18S)						Descripción del lugar	Parámetros	Resultados obtenidos
	Norte	Este	Altitud	Fecha y hora	Volumen de H2O	#frascos a usar			
								pH	
								T°	
								Color de agua	
								pH	
								T°	
								Color de agua	
								pH	
								T°	
								Color de agua	

Fuente: Protocolo de Monitoreo del ANA modificado por autora



ANEXO 8: Ficha de muestra para el monitoreo de agua en la cuenca del Río Chillón:

Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18S)						Descripción del lugar	Parámetros	Resultados obtenidos
	Norte	Este	Altitud	Fecha y hora	Volumen de H2O	#frascos a usar			
CA-01	8783838	390750	598 m.s.n.m.	09/10/17 11:10 a.m.	500 ml.	01	Se ubica este punto cerca al centro poblado de Yungas, perteneciente al distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, región de Lima.	pH	8,56
								T°	20,6 °C
								Color de agua	—
CA-01'	8783838	390750	598 m.s.n.m.	09/10/17 11:25 a.m.	1000 ml.	01	El punto de muestreo tiene la misma descripción del código CA-01.	pH	8,53
								T°	23,8 °C
								Color de agua	—
CA-02	8683198	275011	137 m.s.n.m.	26/10/17 10:15 a.m.	500 ml.	01	Ubicado a alturas de la Urbanización Chacra Cerro, distrito de Comas, provincia y departamento de Lima.	pH	8,70
								T°	23,3 °C
								Color de agua	—
CA-03	8679313	267509	8 m.s.n.m.	01/05/18 12:00 p.m.	500 ml.	01	Este punto se localiza a alturas del AA.HH. Márquez, el cual pertenece al departamento constitucional del Callao.	pH	4,89
								T°	22,3 °C
								Color de agua	—

Fuente: Protocolo de Monitoreo del ANA modificado por autora

**ANEXO 10: Matriz de consistencia**

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál de los dos tipos de quitosano (comercial o natural) tendrá mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón a escala laboratorio para la adsorción de cobre?</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El quitosano natural tiene mayor eficiencia al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón para la adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial.</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la mayor eficiencia en la adsorción del cobre entre el quitosano natural y el quitosano comercial al tratar las aguas de la cuenca baja del Rio Chillón a escala laboratorio.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Uso de quitosano</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál será la dosis óptima y el tiempo adecuado de usar el quitosano natural frente al comercial para mejorar la calidad del agua (parámetros físicos y químicos)?</li> <li>• ¿Cuál de los dos tipos de quitosano tiene mayor capacidad de adsorción para cobre (Cu)?</li> </ul>	<p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El quitosano natural con menor dosis y menor tiempo mejora la calidad del agua más frente al quitosano comercial.</li> <li>• El quitosano natural tiene mayor capacidad de adsorción de cobre a comparación del quitosano comercial.</li> </ul>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la dosis óptima y el tiempo adecuado de usar el quitosano natural frente al comercial para mejorar la calidad del agua (parámetros físicos y químicos).</li> <li>• Determinar la capacidad de adsorción óptima del quitosano comercial frente al natural para adsorber el cobre (Cu).</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente:</b> Calidad del agua</p>

## ANEXO 11: Resultados de cobre en los puntos de muestreo

### INFORME DE ENSAYO N° 116342 - 2017 CON VALOR OFICIAL

#### II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua natural
Matriz analizada			Agua natural
Fecha de muestreo			2017-10-26
Hora de inicio de muestreo (h)			10:15
Condiciones de la muestra			Refrigerada / preservada
Código del Cliente			CA - 02
Código del Laboratorio			17102638
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	1.51
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.003
Boro (B)	0.002	mg/L	0.480
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.063
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	141.66
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.012
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0007
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0007
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0264
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.653
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	5.74
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.054
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	24.53
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.1373
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	36.81
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0053
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.411
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0134
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	17.02
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	1.750
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0490
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0085
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.065

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 08 de Noviembre del 2017

## ANEXO 12: Resultados finales de cobre con quitosano comercial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANALISIS DE COBRE EN DOCE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : DONNY LUCÍA CERCEDO CAJAS

Proceso : Agua desionizada – Quitosano de camarón

Recepción de muestras : Lima, 7 de Junio del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE COBRE EN MUESTRAS DE AGUA

Muestras	Cu(mg/L)
A1 0.1 gr	3.40
A2 0.1 gr	3.67
A3 0.1 gr	3.23
B1 0.25 gr	7.67
B2 0.25 gr	6.15
B3 0.25 gr	3.97
C1 0.50 gr	9.97
C2 0.50 gr	13.40
C3 0.50 gr	10.30
D1 0.75 gr	20.35
D2 0.75 gr	21.91
D3 0.75 gr	22.82

Lima, 13 de Junio del 2018

MSc. Atílio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

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

## ANEXO 13: Resultados finales de cobre con quitosano natural



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANÁLISIS DE COBRE EN DOCE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : DONNY LUCÍA CERCEDO CAJAS  
Proceso : Agua desionizada – Quitosano de pota  
Recepción de muestras : Lima, 18 de Junio del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE COBRE EN MUESTRAS DE AGUA

Muestras	Cu(mg/L)
A1 0.1 gr	1.04
A2 0.1 gr	1.88
A3 0.1 gr	1.82
B1 0.25 gr	3.75
B2 0.25 gr	5.40
B3 0.25 gr	4.12
C1 0.50 gr	4.31
C2 0.50 gr	6.97
C3 0.50 gr	5.76
D1 0.75 gr	7.37
D2 0.75 gr	8.43
D3 0.75 gr	8.51

Lima, 19 de Junio del 2018

MSc. Atilio Méndez A.  
Jefe Lab. Espectrometría

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

## ANEXO 14: Solicitud de laboratorio

Lima, 21 de mayo del 2018

**CARTA N° 001-2018/DLCC**

**Mg. Verónica Tello Mendevil**  
**Coordinadora Académica – E.P. Ingeniería Ambiental**

**Asunto:** Acceso y uso de Laboratorio para Desarrollo de Tesis

De mi mayor consideración:

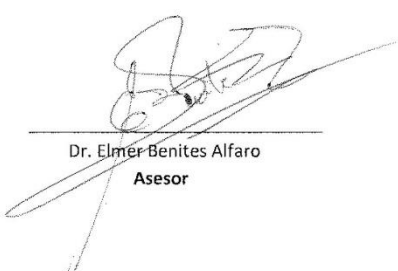
Yo Donny Lucía Cercedo Cajas identificado con el N° de DNI 7444089, código de alumno 6700257693, con domicilio en Av. Isabel la Católica 986 Dpto: 210 – La Victoria, con el teléfono celular N° 943730547, me dirijo a usted para saludarla cordialmente y manifestarle lo siguiente:


Que, al estar actualmente matriculado en X ciclo, desarrollado el proyecto de investigación titulado "Comparación entre el quitosano comercial y el obtenido de pota (*Dosidocus gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la Cuenca Baja del Río Chillón a nivel laboratorio, Lima 2018", asesorado por el Dr. Elmer Benites Alfaro, recorro a su despacho para solicitar el uso del laboratorio de biotecnología y/o laboratorio de contaminación de aguas desde el 28 al 31 del presente mes a partir de las 5 p.m. También solicito materiales como: sulfato de cobre, luna de reloj, pipeta de 10 mL, propipeta, baqueta, piceta, mortero, balanza analítica, matraz con kitasato de 500 mL o 1 000 mL, embudo buchner, fiola de 100 mL, 500 mL y 1 000 ml; como también equipos de: floculador programable (Jar Test), estufa, multiparámetro, pHmetro, y bomba de agua.

Por lo expuesto:

Pido a Ud. a acceder a mi solicitud, sin otro particular me despido agradeciendo la atención de mi pedido.

Atentamente,

  
Dr. Elmer Benites Alfaro  
Asesor

  
Donny Lucía Cercedo Cajas  
Asesorada

**ANEXOS:**

- Correo: [dcercedo.cajas@gmail.com](mailto:dcercedo.cajas@gmail.com)
- Celular: 943730547
- Dirección: Av. Isabel la Católica 986 Dpto: 210 – La Victoria



## ANEXO 15: Autenticidad de resultados fisicoquímicos obtenidos en el laboratorio



Lima, 29 de Mayo del 2018

### ANÁLISIS DE LABORATORIO

*Quitosano comercial (exoesqueleto de camarón)*

Cuadro N° 01: Datos para realizar el tratamiento de agua

Codificación de muestra	Dosis de quitosano comercial (gr.)	Tiempo (min)	Dosis de cobre inicial (gr.)	Cantidad de revoluciones (rpm)	Volumen de agua (ml)
A1	0,1 gr.	10 min	0,035	250	700
A2					
A3					
B1	0,25 gr.	15 min			
B2					
B3					
C1	0,5 gr.	20 min			
C2					
C3					
D1	0,75 gr.	25 min			
D2					
D3					

Cuadro N° 02: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano comercial

RESULTADOS INICIALES (ANTES DEL TRATAMIENTO)				
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Codificación de muestra	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)
A1	21,5 °C	4,40	80 µS/cm	
A2	21,5 °C	4,30	40 µS/cm	
A3	21,5 °C	4,30	90 µS/cm	
<b>Promedio A</b>	21,5 °C	4,33	70 µS/cm	
B1	23,3 °C	5,20	150 µS/cm	
B2	23,4 °C	5,10	160 µS/cm	
B3	23,6 °C	4,90	100 µS/cm	
<b>Promedio B</b>	23,4 °C	5,06	136,7 µS/cm	
C1	23,4 °C	4,70	90 µS/cm	
C2	23,5 °C	4,60	90 µS/cm	
C3	23,6 °C	4,70	70 µS/cm	
<b>Promedio C</b>	23,5 °C	4,66	83,3 µS/cm	
D1	23,7 °C	5,42	80 µS/cm	
D2	23,7 °C	5,83	130 µS/cm	
D3	23,5 °C	5,61	100 µS/cm	
<b>Promedio D</b>	23,6 °C	5,62	103,3 µS/cm	
<b>PROMEDIO TOTAL</b>	23 °C	4,92	98,33 µS/cm	

**Cuadro N° 03: Resultados finales del tratamiento con quitosano comercial**

RESULTADOS FINALES (DESPUES DEL TRATAMIENTO)				
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Codificación de muestra	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)
A1	21,4 °C	5,10	67 µS/cm	3,44 NTU
A2	21,2 °C	5,10	35 µS/cm	3,53 NTU
A3	21,4 °C	5,20	82 µS/cm	3,56 NTU
<b>Promedio A</b>	<b>21,3 °C</b>	<b>5,13</b>	<b>84,7 µS/cm</b>	<b>3,5 NTU</b>
B1	23,1 °C	4,20	124 µS/cm	3,87 NTU
B2	22,9 °C	5,30	155 µS/cm	3,9 NTU
B3	23 °C	5,80	89 µS/cm	3,79 NTU
<b>Promedio B</b>	<b>23 °C</b>	<b>5,10</b>	<b>122,7 µS/cm</b>	<b>3,82 NTU</b>
C1	23,1 °C	4,70	74 µS/cm	3,67 NTU
C2	23,1 °C	4,65	86 µS/cm	3,44 NTU
C3	23,2 °C	4,80	59 µS/cm	3,56 NTU
<b>Promedio C</b>	<b>23,1 °C</b>	<b>4,72</b>	<b>73 µS/cm</b>	<b>3,55 NTU</b>
D1	23,4 °C	5,20	66 µS/cm	3,94 NTU
D2	23,2 °C	4,80	101 µS/cm	3,87 NTU
D3	23,1 °C	4,80	78 µS/cm	3,88 NTU
<b>Promedio D</b>	<b>23,2 °C</b>	<b>4,93</b>	<b>81,6 µS/cm</b>	<b>3,9 NTU</b>
<b>PROMEDIO TOTAL</b>	<b>22,4 °C</b>	<b>4,97</b>	<b>90,49 µS/cm</b>	<b>3,74 NTU</b>

Fuente: Elaboración propia

Quitosano natural (pluma de pata)
**Cuadro N° 04: Datos para realizar el tratamiento de agua**

Codificación de muestra	Dosis de quitosano comercial (gr.)	Tiempo (min)	Dosis de cobre inicial (gr.)	Cantidad de revoluciones (rpm)	Volumen de agua (ml)
A1	0,1 gr.	10 min.	0,035 gr.	250	700
A2					
A3					
B1	0,25 gr.	15 min.			
B2					
B3					
C1	0,5 gr.	20 min.			
C2					
C3					
D1	0,75 gr.	25 min.			
D2					
D3					





Cuadro N° 05: Resultados iniciales del tratamiento con quitosano natural

RESULTADOS INICIALES (ANTES DEL TRATAMIENTO)				
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Codificación de muestra	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)
A1'	23,6 °C	4,83	60 µS/cm	
A2'	23,6 °C	5,07	60 µS/cm	
A3'	23,8 °C	5,14	50 µS/cm	
Promedio A'	23,7 °C	5,01	56,7 µS/cm	
B1'	23,8 °C	5,07	90 µS/cm	
B2'	23,4 °C	4,45	70 µS/cm	
B3'	23,6 °C	4,70	50 µS/cm	
Promedio B'	23,6 °C	4,74	73,4 µS/cm	
C1'	23,1 °C	5,46	70 µS/cm	
C2'	23,5 °C	4,80	90 µS/cm	
C3'	23,5 °C	5,11	60 µS/cm	
Promedio C'	23,4 °C	5,12	73,4 µS/cm	
D1'	23,4 °C	5,8	70 µS/cm	
D2'	23,7 °C	5,69	140 µS/cm	
D3'	23,6 °C	5,77	140 µS/cm	
Promedio D'	23,6 °C	5,75	116,7 µS/cm	
PROMEDIO TOTAL	23,5 °C	5,16	80,1 µS/cm	

Cuadro N° 06: Resultados finales del tratamiento con quitosano natural

RESULTADOS FINALES (DESPUES DEL TRATAMIENTO)				
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Codificación de muestra	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)
A1'	22,8 °C	5,78	20 µS/cm	3,20 NTU
A2'	23,1 °C	5,99	20 µS/cm	3,41 NTU
A3'	22,9 °C	5,85	20 µS/cm	3,29 NTU
Promedio A'	23 °C	5,89	20 µS/cm	3,33 NTU
B1'	23,1 °C	5,67	50 µS/cm	3,45 NTU
B2'	23 °C	4,87	40 µS/cm	3,60 NTU
B3'	23,2 °C	5,27	40 µS/cm	3,52 NTU
Promedio B'	23,1 °C	5,28	43,3 µS/cm	3,52 NTU
C1'	22,9 °C	5,72	40 µS/cm	3,58 NTU
C2'	23,1 °C	5,44	70 µS/cm	3,60 NTU
C3'	23,2 °C	5,41	50 µS/cm	3,59 NTU
Promedio C'	23,1 °C	5,52	53,3 µS/cm	3,49 NTU
D1'	23,2 °C	5,65	60 µS/cm	3,48 NTU
D2'	23,2 °C	4,98	110 µS/cm	3,51 NTU
D3'	23,2 °C	5,45	120 µS/cm	3,60 NTU
Promedio D'	23,2 °C	5,36	96,7 µS/cm	3,53 NTU
PROMEDIO TOTAL	23,6 °C	5,51	53,3 µS/cm	3,47 NTU

Yo, Walter Núñez Pebe, quien tengo a mi cargo la jefatura de prácticas del "Laboratorio de Física y Química" y la supervisión del trabajo de laboratorio de la Srta. Donny Lucía Cercedo Cajas, doy fe de la confiabilidad de los resultados antes citados, los cuales fueron determinados por la señorita en mención.



---

Walter Núñez Pebe  
Jefe de práctica de laboratorio  
DNI N° 09559667

Yo, Hitler Román Pérez, quien tengo a mi cargo la asistencia técnica del "Laboratorio de Física y Química" y la supervisión del trabajo de laboratorio de la Srta. Donny Lucía Cercedo Cajas, doy fe de la confiabilidad de los resultados antes citados, los cuales fueron determinados por la señorita en mención.

Prueba de ello se adjuntan:

- Calibración del multiparametro
- Certificado de calibración del turbidímetro



---

Hitler Román Pérez  
Técnico de laboratorio  
DNI N° 41539466

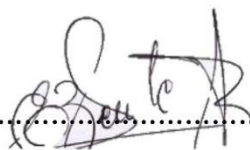
Yo, Elmer Benites Alfaro., docente de la Facultad ...Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental.. de la Universidad César Vallejo LN... (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

“USO DEL QUITOSANO COMERCIAL Y EL OBTENIDO DE PLUMA DE POTA (DOSIDICUS GIGAS) PARA LA ADSORCIÓN DE COBRE (CU) EN AGUAS CONTAMINADAS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CHILLÓN A NIVEL LABORATORIO, LIMA 2018”

del (de la) estudiante **CERCEDO CAJAS DONNY LUCIA.**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de ...20. % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Los olivos, 09 de Julio de 2018



Elmer Benites Alfaro

DNI: 07867259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

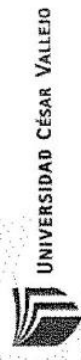
Resumen de calificaciones

20%

Ver resumen de notas (beta)

Consideración	
1	Alta calidad con <b>6%</b>
2	Buena calidad con <b>6%</b>
3	Elementos a mejorar <b>5%</b>
4	Consejos a mejorar <b>3%</b>

Domny Lucía Carcedo Cajas TESIS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**TÍTULO**  
"Uso del quitosano comercial y el obtenido de pluma de porca (*Doxidens gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la Cuenca Baja del Río Chillón a nivel laboratorio, Lima 2018"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**AUTORA:**  
CERCEDO CAJAS, DONNY LUCÍA

**ASESOR:**  
DR. ELMER BENTIS ALFARO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Digitalización de Tesis

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Cercedo Cajas, Danny Lucía con DNI N° 74444089 domiciliado (a) en Av. Isabel la Católica 986 Dpto. 210 - La Victoria ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018.I del programa ...INGENIERIA AMBIENTAL... identificado con el código de matrícula N° 6300257693 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Digitalización de Tesis

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima, 29 de 03 de 2018



Handwritten signature: Dr. Benites Alfonso Elviro

Handwritten signature



# FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

## 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Cercedo Cajas, Donny Lucia  
D.N.I. : 74444089  
Domicilio : Av. Isabel la Católica 986 Dpto: 210 - La Victoria  
Teléfono : Fijo : Móvil : 943730547  
E-mail : dcercedo.cajas@gmail.com

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería  
Escuela : Ingeniería Ambiental  
Carrera : Ingeniería Ambiental  
Título : Ingeniera Ambiental

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

## 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Cercedo Cajas, Donny Lucia

Título de la tesis:

Uso del quitasoro comercial y el obtenida de pluma de pata (*Dasidicus gigas*) para la adsorción de cobre (Cu) en aguas contaminadas de la cuenca baja del río Chillón a nivel laboratorio, Lima 2018

Año de publicación : 2018

## 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha : 24/03/18