



Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

**“TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES CON QUITOSANO
OBTENIDO A PARTIR DE LA CAPARAZÓN DE CANGREJO”**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para obtener el Título
Profesional de Licenciado en Química**

AUTOR:

LIZA MANIHUARI, Emanuel Luis

ASESOR:

Mg. LEZAMA VIGO, Helmer Helí

JURADOS:

Mg. RODRIGUEZ MEJÍA, Jorge E.
MSc. CASTAÑEDA PÉREZ, Luz G.
Dra. SALVADOR SALAZAR, Martha

Lima-Perú

2019

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios, a mi familia, a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villareal, al laboratorio de Química Instrumental, al profesor y técnicos encargados de dicho laboratorio; por brindarme su apoyo, facilitarme las instalaciones, materiales y equipos, necesario para la ejecución de la presente investigación.

INDICE

	Página
Resumen.....	2
Abstract.....	3
I. INTRODUCCION.....	4
1.1.Trayectoria del autor.....	9
1.2.Descripción de la empresa.....	11
1.3.Organigrama de la empresa.....	12
1.4.Área y Funciones desempeñadas.....	13
II. DESCRIPCION DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA.....	14
2.1. Objetivo.....	14
2.2. Obtencion de quitosano y clarificacion de agua de la empresa Befesa	14
2.3. Instrumentos.....	15
2.4. Materiales y reactivos.....	16
2.5. Procedimiento.....	17
2.6. Resultados.....	24
III. APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA	27
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	28
V. CONCLUSIONES.....	30
VI. RECOMENDACIONES.....	31
VII. REFERENCIAS.....	32
ANEXOS.....	34

RESUMEN

El informe constituye parte de la experiencia profesional en mi carrera, en la cual evalué la eficiencia del quitosano extraído a partir de la caparazón del cangrejo para la clarificación de aguas industriales de la empresa Befesa; utilizando: un espectrofotómetro IR test de jarras y un turbidímetro. El rendimiento del proceso de coagulación se determinó a partir de los valores de turbiedad (NTU) obtenidos del sobrenadante al aplicar 7mL de 400 ppm de quitosano. Los resultados muestran que la capacidad del quitosano fue mayor cuando mayor fue el grado de desacetilación y menor el peso molecular. La dosis de quitosano fue suficiente para que el proceso sea óptimo. La efectividad del quitosano está altamente influenciada por el pH del agua industrial a tratar.

Palabras clave: quitosano, coagulación, turbidez.

ABSTRACT

The report is part of the professional experience in my career, where the efficiency of the chitosan extracted from the carapace of the crab for the clarification of industrial waters of the company Befesa was evaluated. using: IR spectrophotometer, jars test and turbidimeter. The performance of the coagulation process was determined from the turbidity values (NTU) obtained from the supernatant when applying 7mL of 400 ppm of chitosan. The results show that the capacity of the chitosan was higher when the degree of deacetylation was higher and the molecular weight was lower. The effectiveness of chitosan is highly influenced by the pH of the industrial water to be treated.

Keywords: chitosan, coagulation, turbidity.

I. INTRODUCCION

El quitosano es un polímero natural que se obtiene a partir de la quitina, es uno de los biopolímeros más abundantes en la naturaleza después de la celulosa, convirtiéndolos en recursos renovables importantes, pues son los compuestos orgánicos más abundantes sobre la tierra. La celulosa refuerza la pared celular de plantas mientras que el quitosano constituye el resistente exoesqueleto de los artrópodos: crustáceos, insectos, arácnidos y es uno de los componentes principales de las paredes de los hongos (Roussy, 2005). Sin embargo, la fuente más importante de quitosano, a nivel industrial, lo constituye la quitina, la cual, mediante un proceso de desacetilación química o enzimática, ha permitido producirlo a gran escala. El término quitosano fue determinado por Hoppe-Seyler en 1984, basándose en los estudios de Rouget, quien en 1859 la descubrió, encontró que al tratar quitina con una solución caliente de hidróxido de potasio se obtiene un producto soluble en ácidos orgánicos. Esta “quitina modificada” como él la llamó, se tornaba de color violeta en soluciones diluidas de yoduro y ácido, mientras que la quitina tomaba el color verde (Renault, 2009). El estudio de las propiedades funcionales de este biopolímero ha promovido su utilización a lo largo de los años en varios campos distintos como lo son: la agricultura, la medicina, la industria alimentaria y farmacéutica.

Cuando se genera la desacetilación parcial de quitina se producen diferentes tipos de quitosano, con rangos de grados de desacetilación y diferentes pesos moleculares, la diferencia en las propiedades de estos polímeros se nota por la distinta solubilidad que presentan en medios acuosos. El grado de desacetilación, del quitosano se

encuentra en un rango aproximado de 70 a 95 %, mientras que en el caso de la quitina es alrededor del 5 a 15 %.

El quitosano es un polisacárido lineal que se obtiene por desacetilación extensiva de la quitina, tras sustituir los grupos acetamido por grupos amino. También se le conoce como un copolímero compuesto por dos tipos de unidades estructurales, la N –acetil-D-glucosamina y la D-glucosamina (figura N°1) unidas entre sí por enlaces glicosídicos del tipo $\beta(1\rightarrow4)$, las cuales se distribuyen de manera aleatoria y varían en su proporción a lo largo de la cadena

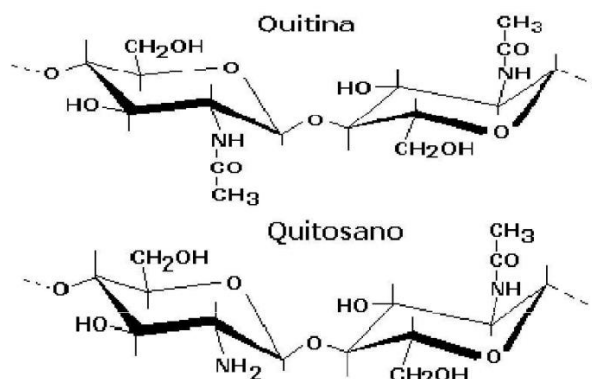


Figura 1. Estructura de la quitina y quitosano.

La quitina está formada por unidades de 2-acetamido-2-deoxy- β -D-glucosa unidas por enlaces $\beta(1\rightarrow4)$, donde al ser tratada mediante una reacción de desacetilación completa produce un material totalmente soluble en medio ácido conocido como quitano, el cual teóricamente debería estar 100 % desacetilado; sin embargo; cuando la desacetilación de la quitina es incompleta o elimina al menos un 50 % de sus grupos acetilo se convierte en quitosano $\beta(1\rightarrow4)$ -2-acetamido-2-desoxi-D-glucosa y $\beta(1\rightarrow4)$ -2-amino-2-desoxi-Dglucosa.

La fuente y el método de obtención determinan la composición de las cadenas de quitosano y su tamaño. Por este motivo, son parámetros de obligado conocimiento para la caracterización de este polímero y para su empleo en distintas aplicaciones. También existen otras características físico-químicas como su solubilidad, cristalinidad, cenizas

entre otros, que deben ser consideradas a la hora de utilizarlo en una aplicación específica.

Obtención de quitosano

La extracción del quitosano se puede realizar mediante métodos químicos o enzimáticos; pero la mayor parte de las técnicas desarrolladas usan procesos químicos de hidrólisis de la proteína y remoción de la materia inorgánica, debido a que la quitina se encuentra en sus fuentes naturales asociada a proteínas, pigmentos y sales inorgánicas por lo que, para ser utilizada, deben ser separados estos compuestos. Estos procesos utilizan habitualmente grandes cantidades de agua y energía, que generan con frecuencia desperdicios corrosivos. En la actualidad se estudian tratamientos enzimáticos como una alternativa prometedora con los que se han logrado procesos que utilizan enzimas aisladas o extractos enzimáticos y fermentaciones microbiológicas, pero aún sin la eficiencia de los tratamientos químicos, en los que intervienen soluciones de ácido clorhídrico, hidróxido de sodio o potasio, ácido acético entre otros. En la figura 2 se muestra una descripción más detallada del proceso químico para la obtención de quitina y quitosano.

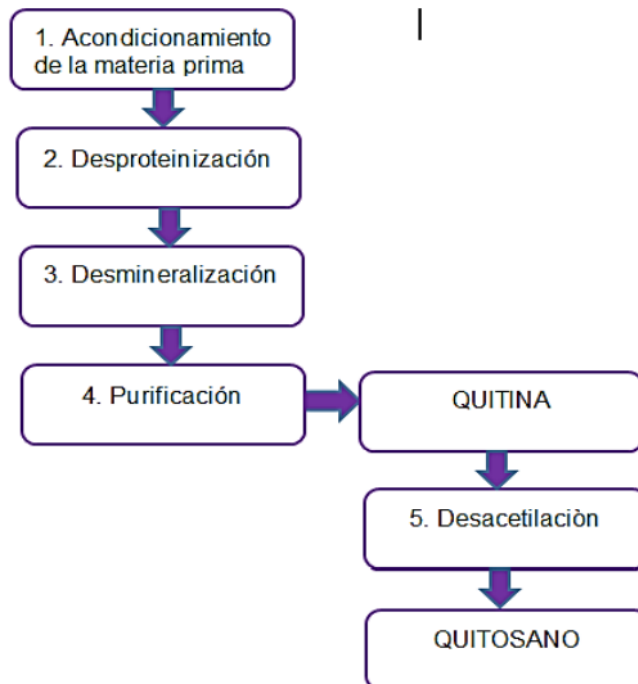


Figura 2. Diagrama de obtención de quitosano

Caracterización del quitosano

Tanto la composición de las cadenas de quitosano, como sus dimensiones, suelen variar dependiendo de la rigurosidad del método de obtención y del material de partida. Por este motivo, el grado de desacetilación y la solubilidad son parámetros que se deben conocer para caracterizar una muestra de este polisacárido ya que tiene gran incidencia en sus propiedades. Otros parámetros a determinar para una caracterización más completa serían, el peso molecular, el porcentaje de humedad, las proteínas totales, el contenido de cenizas, la cristalinidad, la determinación del contenido de material insoluble entre otros. Sin embargo, para la aplicación del quitosano como tratamiento de aguas residuales contaminadas basta con determinar su solubilidad y grado de desacetilación.

Existen numerosos métodos para caracterizar este polímero, tal como se observa en la tabla 1, en la cual se encuentran los métodos principales de caracterización según la característica fisicoquímica que se quiera identificar. Los métodos seleccionados para efectos

de este estudio son los siguientes: espectrofotométrico (IR), valoración potenciométrica de los grupos aminos y la prueba de solubilidad.

Tabla 1.
Métodos de determinación de quitosano.

Características Físicoquímicas	Métodos de determinación
Grado de acetilación	Valoración potenciométrica, Espectroscopia IR, Espectroscopia UV Espectroscopia RMN (^1H y ^{13}C) Conductimetría DSC Análisis elemental Cromatografía GPC Dicroísmo circular.
Peso molecular promedio	Viscosimetría Cromatografía GPC Dispersión de Luz.
Solubilidad	Prueba de Solubilidad en diferentes soluciones.
Cristalinidad	Difracción por rayos X.
Contenido en humedad	Gravimetría.
Contenido en cenizas	Gravimetría.
Contenido en proteínas	Bradford.

Aplicaciones del quitosano

A nivel comercial el quitosano es un compuesto de gran interés, ya que son obtenidos de fuentes naturales, son biocompatibles, biodegradables y no tóxicos en comparación con los materiales sintéticos. Sus primeras aplicaciones fueron en tratamiento de aguas y efluentes, debido a su capacidad de secuestrar iones metálicos de transición y posttransición, que resultan útiles en la descontaminación de aguas residuales industriales, además funciona como floculante debido a su carácter policatiónico; por tal motivo, se utiliza con este fin en diversas industrias. Además, la reactividad que le confieren sus 58 grupos amino e hidróxidos (NH_2 y OH) permiten la preparación de derivados que amplían grandemente su campo de acción. La evolución de los usos y aplicaciones de este polímero es muy significativa y su tendencia crece año tras año, con él se han podido identificar una enorme cantidad de aplicaciones que abarcan campos tan variados como el de la alimentación, la medicina, la agricultura, la cosmética, la farmacia y el control ambiental, entre otros.

Tabla 2
Datos teóricos y referenciales de longitud de onda IR.

GRUPO FUNCIONAL	NUMERO DE ONDA (cm^{-1})	GRUPO FUNCIONAL	NUMERO DE ONDA (cm^{-1})
-----------------	-------------------------------------	-----------------	-------------------------------------

OH (enlace de hidrógeno)	3100-3200	-C $\equiv$ C-	2300-2100
OH (sin enlace de hidrógeno)	3600	-C $\equiv$ N	~ 2250
Cetonas	1725-1700	-N=C=O	~ 2270
Aldehídos	1740-1720	-N=C=S	~ 2150
Aldehídos y cetonas α,β -insaturados	1715-1660	C=C=C	~ 1950
Ciclopentanonas	1750-1740	NH	3500-3300
Ciclobutanonas	1780-1760	C=N-	1690-1480
Ácidos carboxílicos	1725-1700	NO ₂	1650-1500 1400-1250
Esteres	1750-1735	S=O	1070-1010
Esteres α,β -insaturados	1750-1715	sulfonas	1350-1300 1150-1100
δ -Lactonas	1750-1735	Sulfonamidas y sulfonatos	1370-1300 1180-1140
γ -lactonas	1780-1760	C-F	1400-1000
Amidas	1690-1630	C-Cl	780-580
-COCl	1815-1785	C-Br	800-560
Anhidridos	1850-1740	C-I	600-500

1.1. Trayectoria del autor

AQA QUIMICA S.A.

Empresa especializada en el servicio de programas químicos y equipos para el tratamiento de aguas industriales.

Área : Control de tratamiento

Cargo : Supervisor de control de tratamiento químico

Periodo : De Octubre del 2014 hasta la actualidad

Encargado del análisis del programa químico aplicado a diferentes sistemas industriales: calderos, torres de enfriamiento, sistemas cerrados, chillers y osmosis inversa y de la elaboración del indicador, y de informes del área

CPPQ S.A.

Corporación Peruana de Productos Químicos

CPPQ S.A., ahora Qroma S.A., es una empresa del Grupo Brea con más de 80 años de experiencia en el mercado de pinturas, productos químicos y adhesivos.

Área : Investigación y Desarrollo

Cargo : Asistente de laboratorio

Periodo : De junio del 2013 hasta febrero 2014

Responsable de la investigación, desarrollo y fabricación de nuevos productos en la línea arquitectónica, supervisiones en planta y análisis de materias primas; líder de área en el programa de “5S”, práctica de Calidad ideada en Japón.

AQA QUIMICA S.A.

Área : Control de tratamiento

Cargo : Inspector técnico

Periodo : De noviembre del 2012 hasta mayo del 2013

Encargado del análisis del programa químico aplicado a diferentes sistemas industriales: calderos, torres de enfriamiento, sistemas cerrados, chillers y osmosis inversa.

Responsable de la inspección del programa químico a empresas como:

Alicorp S.A.A.

Avinka S.A. (Planta Chancay)

B.Braun Medical Perú S.A.

Corporación Lindley S.A.

Ferreyros S.A.

Intradevco S.A. (Planta Chorrillos, Lurin)
Kraft Foods Peru S.A.
Ransa Comercial S.A. (Planta Callao, Torre Blanca-Huaral)
San Fernando S.A. (Planta Lurin, Huaral, Chorrillos y Surquillo)
San Miguel Industrias Pet S.A.
Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A.

AQA QUIMICA S.A.

Área : Laboratorio
Cargo : Asistente de laboratorio.
Periodo : De febrero del 2012 hasta noviembre de 2012

Encargado del control de calidad de producto terminado y materia prima, elaboración de producto terminado, pruebas específicas para el área de investigación y desarrollo; análisis de aguas, sólidos y resinas; análisis microbiológicos; preparación de soluciones; procedimientos de limpiezas químicas; responsable de la calibración, mantenimiento de equipos y elaboración de reportes.

LABORATORIOS ANALÍTICOS J&R

Empresa dedicada a ensayos ambientales

Área : Laboratorio
Cargo : practicante de laboratorio.
Periodo : De noviembre del 2011 hasta febrero de 2012

1.2 Descripción de la empresa

AQA QUIMICA S.A., es una empresa especialista en el servicio de programas químicos y equipos para el tratamiento de aguas industriales.

Se producen químicos para sistemas de enfriamiento abierto y cerrado, generación de vapor, ósmosis inversa y tratamiento de efluentes industriales.

Distribuyen equipos y componentes para el tratamiento de agua comercial e industrial. Además, una línea completa de los sistemas de ósmosis inversa y ultrafiltración.

También es especialista en limpiezas químicas integrales de: Calderos, Torres de Enfriamiento, Chiller's, Intercambiadores de calor y equipos de ósmosis inversa.

1.3 Organigrama de la empresa

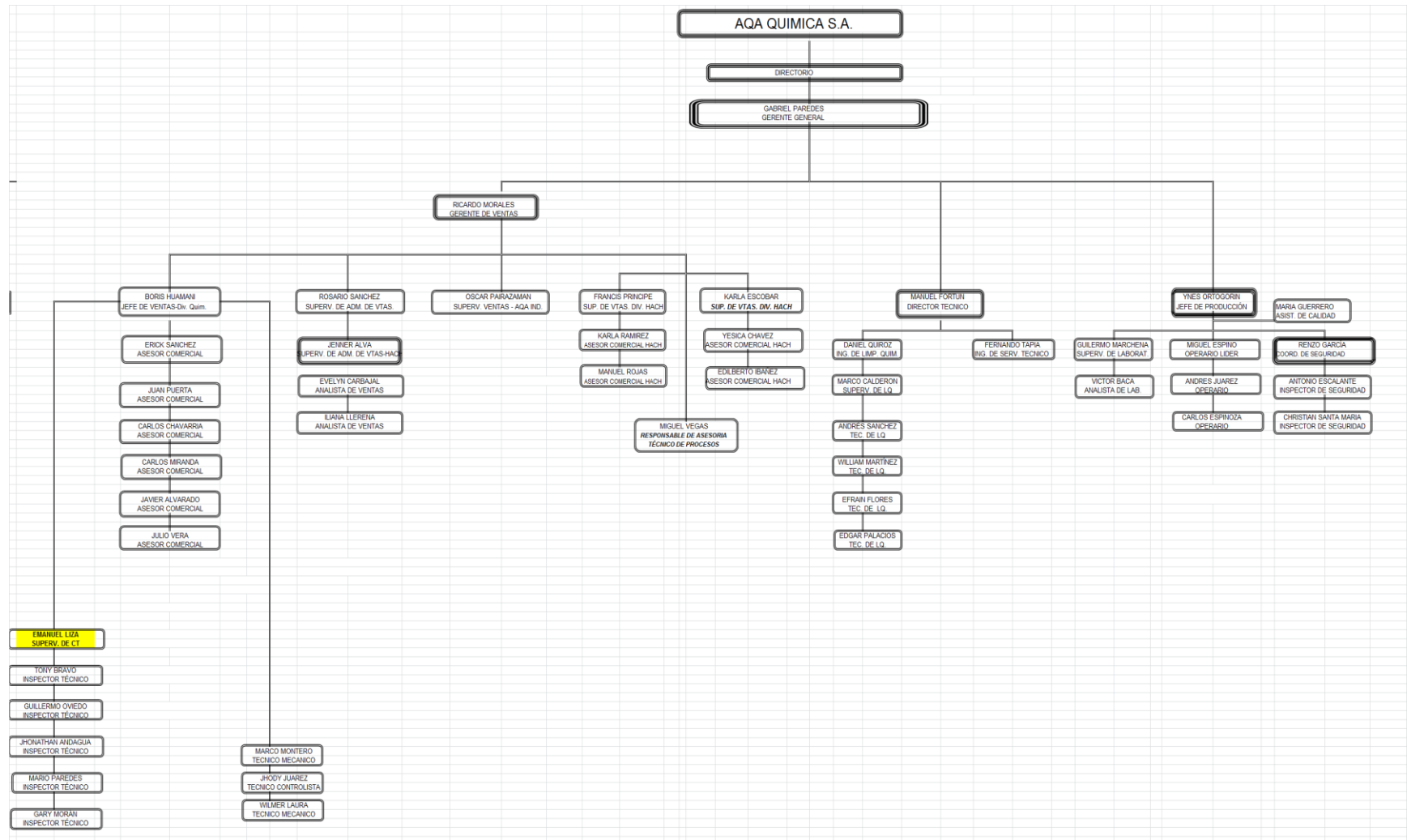


Figura 3. Organigrama de la empresa Aqaquimica.

1.4 Área y funciones desempeñadas

El área de Control de Tratamiento Químico de la empresa Aqaquímica se encarga de realizar el análisis fisicoquímico, seguimiento y asesoramiento del programa químico que brinda a sus clientes.

Como supervisor del área realizo el control de las actividades y cumplimiento de las visitas realizadas por el personal a mi cargo, inspectores de control de tratamiento a nivel nacional.

Responsable del asesoramiento y tratamiento químico realizado por los inspectores a las diferentes empresas como: San Fernando, San Miguel ind pet, minera Hudbay, Minera Cerro Verde, Aris ind, Ransa Callao, Arcor, Avicola Redondos, Gloria, Sudamericana de fibras

Encargado de la elaboración de los indicadores del área y de liderar las capacitaciones internas, además de llevar acabo el cumplimiento de la ISO 9001-2015.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

2.1 OBJETIVO

Obtener quitosano a partir del caparazón del cangrejo y luego clarificar el agua industrial de la empresa Befesa.

2.2 OBTENCION DE QUITOSANO Y CLARIFICACION DE AGUA DE LA EMPRESA BEFESA

Método a utilizar

El método que se empleará para el análisis de quitosano fue espectrofotometría infrarrojo y el espectrofotómetro que es de la marca Thermo Scientific Nicolet iS10 FT-IR. Cuyo rango de medición será 4000-350 cm⁻¹

Para el análisis previo de la muestra se utilizó un turbidímetro de la Marca Hach HQ, Rango (0 -1000 ntu) y un test de jarras.

Población de estudio y muestra

Muestra de 20 litros de agua de la Empresa Befesa y se trabajó en laboratorio de la empresa AQA QUÍMICA y laboratorio de química experimental de UNFV en la FCCNN Y MATEMÁTICAS

2.3 INSTRUMENTOS

Se usó un espectrofotómetro ultravioleta-visible de la marca Thermo Scientific Nicolet iS10 FT-IR. Cuyo rango de medición será 4000-350 cm^{-1} . (Anexo 3).



Figura 4. Espectrofotometro IR.

- Para el análisis previo de la muestra se utilizó un turbidímetro y un test de jarras



Figura 5. Turbidímetro.



Figura 6. Test de jarras.

2.4 MATERIALES Y REACTIVOS

Para la obtención de quitosano

Materiales

- 1 Kg de cangrejo
- 2 vasos precipitados de 200 mL.
- 1 Embudo
- 1 Soporte universal
- 2 Bagueta
- 3 fioles de 1000mL
- 4 pipetas de 10mL graduadas
- Papel de filtro
- Mortero
- 1 columna de de 1 litro

Reactivos

- 10 mL NaOH
- 10 mL de HCl
- Agua desmineralizada de conductividad cero
- Carbón activado en polvo
- Carbón activado granulado
- Coagulante obtenido de a partir de la caparazón de cangrejo

Para la clarificación de agua industrial

Materiales

- 8 Vasos precipitados de 500 mL.
- 1 bagueta
- 8 pipetas Graduadas de 10 mL.
- 5 Fiola de 1L.

2.5 PROCEDIMIENTO

Se tomó una muestra de 20 litros de efluente, proveniente del proceso de lavados de bolas de la empresa BEFESA.



Figura 7. Muestra de agua de la empresa Befesa.

OBTENCIÓN DEL QUITOSANO

- Se usó 4 cangrejos como materia de partida, los cuales se trozaron y se colocaron en una estufa durante 1-2 días.



Figura 8. Cangrejos ingresando a la estufa.

- Luego de este tiempo se procedió a triturar la muestra con la ayuda de un mortero, después se desmineralizo la muestra, esto se hizo con HCl al 10% w/v, se le fue agregando poco a poco, esto porque formaba efervescencia. Se procedió a agitar durante 1 hora. Luego se filtró haciéndole varias lavadas con agua destilada.



Figura 9. Triturando Cangrejo salido de la estufa.



Figura 10. Agregando HCl al 10% w/v.

- Luego de esto se procedió a desproteínizar la muestra, para esto se preparó una solución de hidróxido de sodio al 10% , se colocó en un vaso de precipitados junto con la muestra que quedó al final, este vaso de precipitados se puso en baño maría a 65°C durante un lapso de 2 hora.



Figura 11. Agregando hidróxido de sodio al 10% al cangrejo.



Figura 12. Muestra en baño maría a 65°C.

- Luego se esto se filtró y lavo con la despigmentación que se realizó con una mezcla de etanol y acetona , para empezar con la síntesis de quitosano.



Figura 13. Lavando con acetona y etanol la muestra de cangrejo.

- Para la síntesis de quitosano se le agregó una solución de hidróxido de sodio al 50% y se lo llevó a baño de agua hirviendo (100°C) durante una hora. Luego se esto se filtró y se hizo lavados con agua para extraer las sales o residuos de NaOH, dejándolo en estufa, obteniendo como producto final el quitosano.



Figura 14. Producto Final Quitosano.

Clarificación de aguas

- Se tomó aproximadamente 500 mL de la muestra tratar.

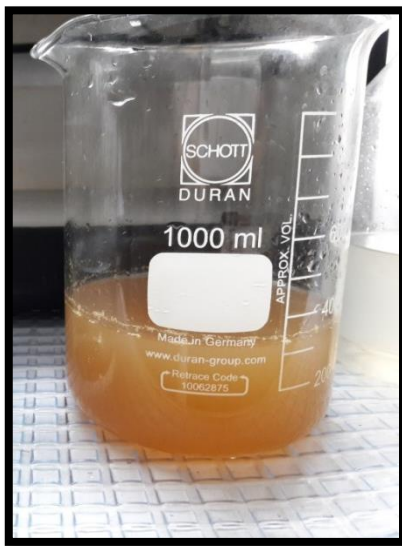


Figura 15. Coloración de muestra Inicial.



Figura 16. Lectura Inicial de la muestra en turbidímetro.

- Se usó el quitosano obtenido, del cual se añadió 400 ppm, se agregó el coagulante, por 1 minuto con agitación rápida ; antes de terminar el minuto se adicionó 3ppm de floculante y luego se dio 5 minutos a velocidad lenta, tiempo de reposo 10 minutos.

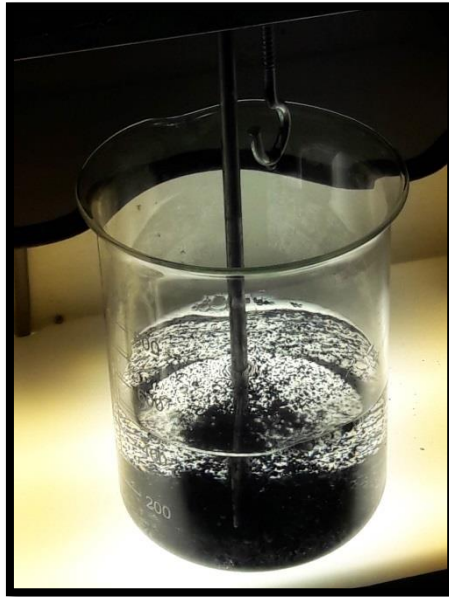


Figura 17. Añadiendo el quitosano obtenido.

- Se añadió carbón activado en polvo. (1kg/m³) en agitación rápida por 30 minutos. Se dejó en reposo y se pasó por una columna de carbón granulado .

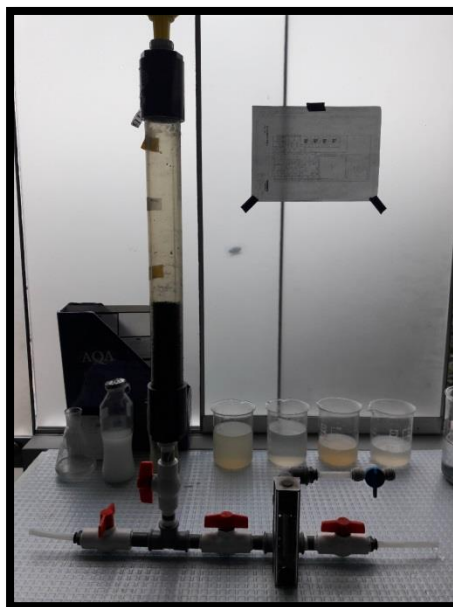


Figura 18. Columna de carbón granulado.

- Al final se midió turbidez..

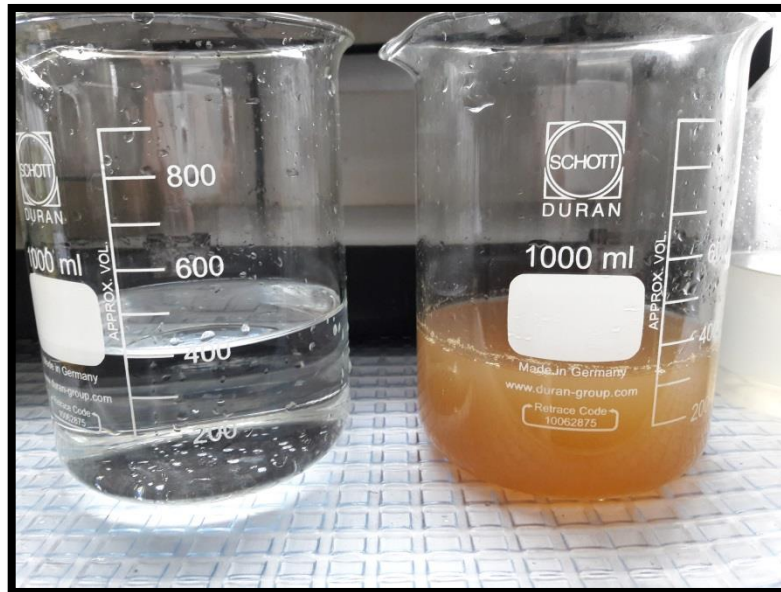


Figura 19. Comparación de muestra nuestra final e inicial.



Figura 20. Lectura de turbidez de muestra final.

2.6 RESULTADOS

Para la clarificación de la muestra se utilizó el quitosano extraído del caparazón del cangrejo, NaOH, HCl. Las lecturas de la muestra se realizaron por triplicado.

Resultados previos al análisis de muestras:

Tabla 3

Aspecto, pH y Turbidez de la muestra.

Muestra	Aspecto	pH	Turbidez (NTU)
Agua Industrial	Líquido de color Marrón Claro.	7.03	208

Resultados del quitosano extraído

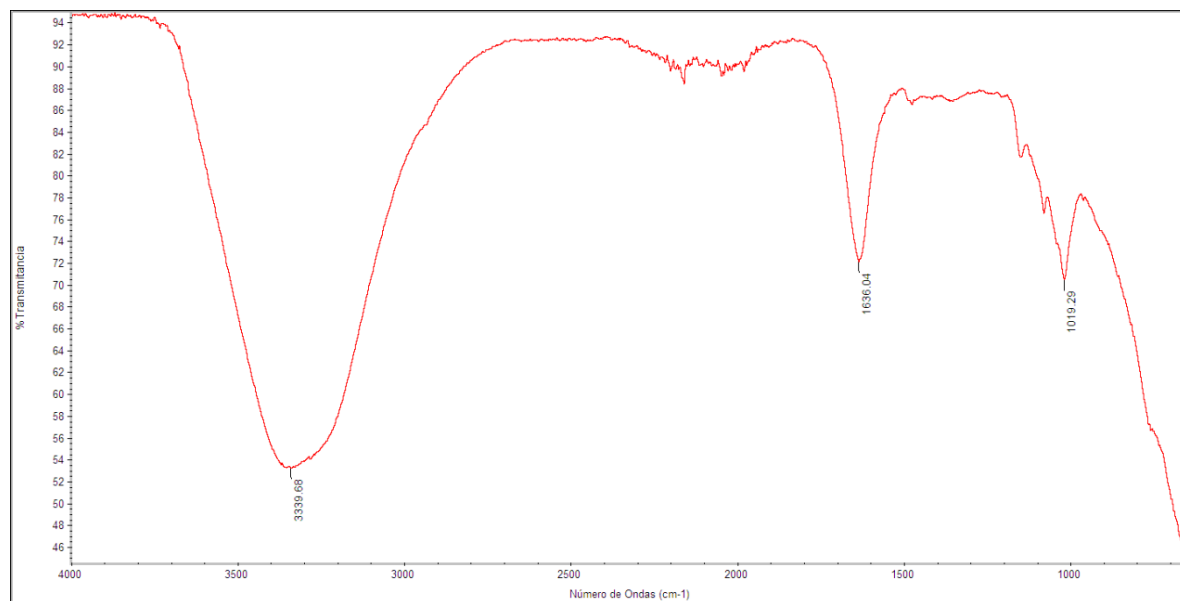


Figura 21. Lectura por IR del Quitosano extraído

Tabla 4
Resultados de la adición de quitosano.

Turbidez (NTU)				
mL	Adicionando Quitosano extraído (200ppm)	Adicionando Quitosano extraído (350ppm)	Adicionando Quitosano extraído (400ppm)	Adicionando Quitosano extraído (500ppm)
0	208	208	208	208
4	190	156	92	195
5	185	150	70	196
6	183	148	65	196
7	180	144	53	198
8	180	140	60	198
9	180	133	67	198

Tabla 5
Resultados de la adición quitosano y floculante.

Turbidez (NTU)				
mL	Adicionando Quitosano extraído (400ppm) + 1ppm de floculante	Adicionando Quitosano extraído (400ppm) + 2ppm de floculante	Adicionando Quitosano extraído (400ppm) + 3ppm de floculante	Adicionando Quitosano extraído (400ppm) + 4ppm de floculante
0	53	53	53	53
4	5	3	2.53	2.6
5	4	2.95	2	2.62
6	4	2.91	2.5	2.62
7	3.9	2.88	2.55	2.63
8	3.9	2.82	2.57	2.64
9	3.6	2.77	2.59	2.69

Tabla 6

Resultados de la adición de quitosano, floculante, carbón activado y pasándolo por la columna de carbón granulado.

Turbidez	
	Adicionando Quitosano extraído + 3ppm de floculante + Carbón activado + Columna del carbón granulado
Inicial	2
Final	0.66

Cálculo % de rendimiento de quitosano

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Peso del quitosano obtenido}}{\text{Peso del cangrejo seco y molido}} \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{28.5 \text{ g}}{187 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ de rendimiento} = 15.2\%$$

Cálculo % de remoción de turbidez

$$\% \text{ de remocion de turbidez} = \frac{\text{Turbidez Inicial} - \text{Turbidez Final}}{\text{Turbidez Inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de remocion de turbidez} = \frac{208\text{NTU} - 0.66\text{NTU}}{208\text{NTU}} \times 100$$

$$\% \text{ de remocion de turbidez} = 99.68\%$$

Tabla 7

Resumen: Clarificación del efluente industrial de la empresa Befesa.

Muestra	pH	Turbidez (NTU)
Inicio	7.03	208
Muestra + Quitosano	7.09	53
Muestra + Quitosano+ Floculante	7.11	2
Muestra + Quitosano+ Floculante+ Carbón Activado+ Columna de carbón Granulado	7.11	0.66

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

Elaboración de nuevos coagulantes a base de quitosano.

Estandarización de fórmulas de los productos terminados.

Mejoras en el control de análisis químico.

Optimización de procesos de control de calidad y atención al cliente.

Planteamiento de una data donde se registre las características fisicoquímicas de los productos terminados.

Reducir costos de materias primas para la elaboración de productos químicos.

Elaboración del indicador del área para control de tiempos de visitas a clientes.

IV. DISCUSION

Con el fin de obtener parámetros fisicoquímicos, la tabla 3 muestra el aspecto, pH y turbidez de la muestra al inicio, en la cual se puede observar un carácter neutro pues marco un pH de 7.03 y una turbidez elevada de 208 NTU el cual se quiere disminuir a un valor mínimo turbidez.

En la figura 21, el espectro IR de absorción de la muestra de quitosano extraído, se observa que las bandas de tensión de vibración del quitosano están a 3339.68 cm^{-1} que corresponden a los grupos hidroxilos (O-H) del polímero, a 1636 cm^{-1} aparecen el doblaje del grupo NH_2 (Amida II).

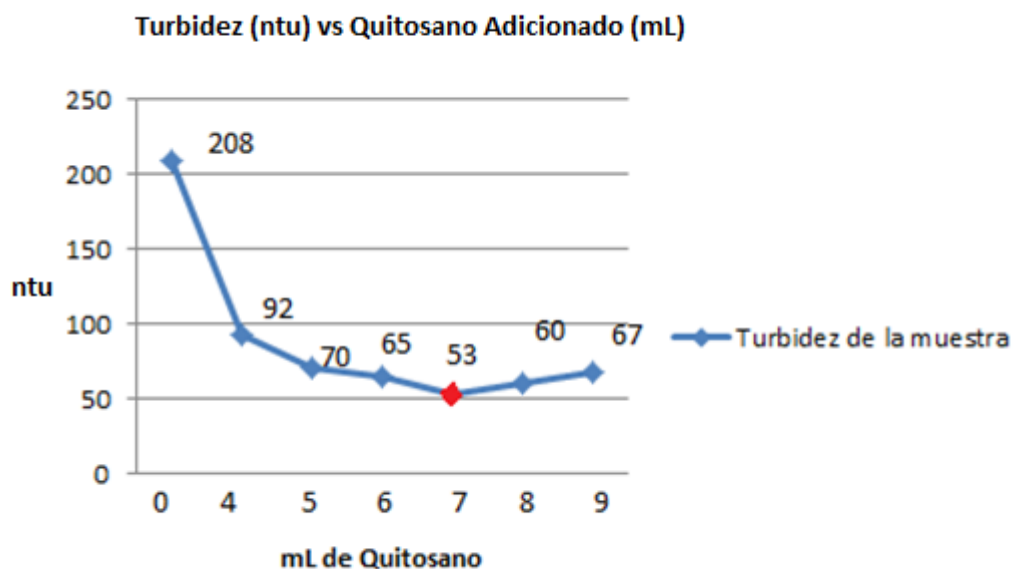


Figura 22. Clarificación de agua adicionando Quitosano

Como se puede observar en la figura 22 de turbidez vs quitosano adicionado, cuando se adiciona 7mL de quitosano, se obtiene el valor más bajo de turbidez 53 NTU.

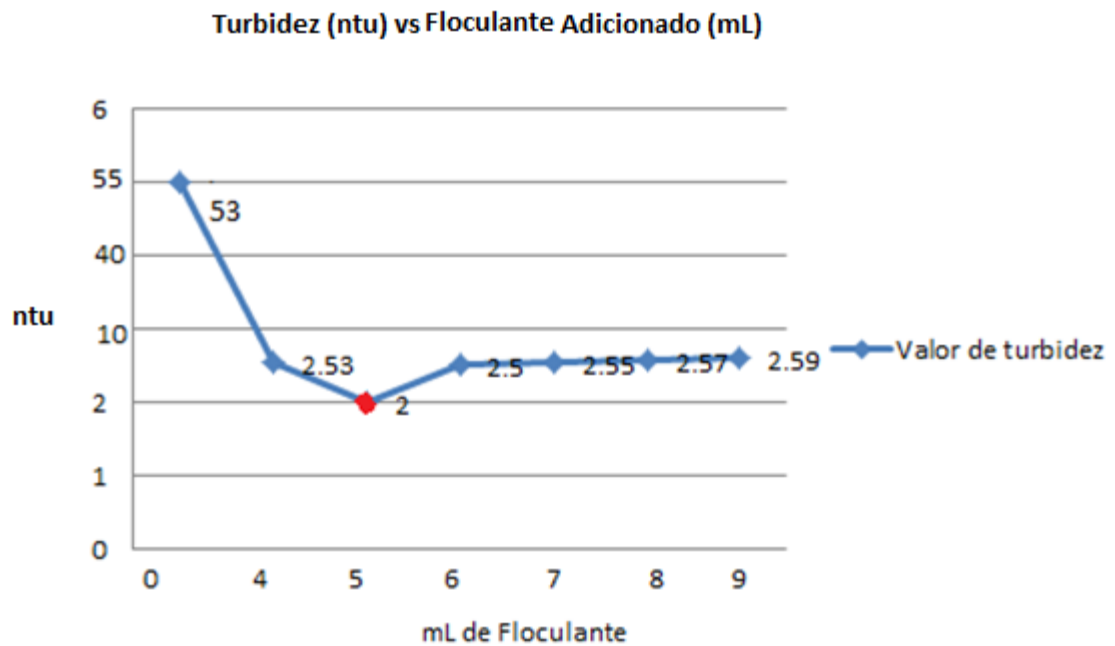


Figura 23. Clarificación de agua adicionando floculante

Como se puede ver en la figura 23 de turbidez vs floculante adicionado, cuando se adiciona 2 mL de Floculante, se obtiene el valor más bajo de turbidez 2 NTU, además se adicionó carbón activado y se hizo pasar por una columna de carbón granulado, con la cual se obtuvo una turbidez baja de 0.66 NTU.

También se puede observar el cálculo del % de remoción de turbidez que fue de 99.68%, el cual fue muy importante, ya que el agua después del tratamiento fue cristalina como se muestra en el procedimiento Figura 19, comparación de muestra final e inicial.

V. CONCLUSIONES

Se logró clarificar el efluente del proceso del lavado de bolas de acero usando el quitosano obtenido del caparazón del cangrejo.

El quitosano obtenido permitió alcanzar una remoción de turbidez del 99.69%, dándole un valor comercial a un residuo.

El quitosano obtenido del caparazón del cangrejo fue beneficioso para el medio ambiente, debido a que se puede utilizar un desecho del cangrejo en un proceso de clarificación de agua.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el estudio de otros moluscos para la obtención de quitosano, con el fin de comparar la clarificación del agua.

Se recomienda hacer pruebas con quitosano obtenido de la caparazón del cangrejo, en otras muestra de aguas industriales

Se recomienda utilizar otras técnicas de análisis para la clarificación de aguas, como electroforesis capilar.

VII. REFERENCIAS

- Alvarado, J., Almeida, A., Arancibia, M., Aparecida de Carvalho, R., Sobral, P., Quinta Barbosa, A., Monterrey-Quintero, E., & Sereno, A. (2007).
Método Directo para la Obtención de Quitosano de Desperdicios de Camarón para la Elaboración de Películas Biodegradables. Mexico: Nuevo siglo
- Chen, G. (2004) *Purif.*
Estados Unidos. : Technol
- Koren, J.P.K.; (1995). *U. Filtr.*
Alemania. Aufbau Verlag
- OMS. (2011). *Agua, saneamiento y salud*.
Suiza: OMS
- Parazak, D. P., Burkhardt, C. W., McCarthy, K. J., & Stehlin, M. P. (1988).
Hydrophobic flocculation. Journal of Colloid and Interface Science,. New
york, Estados unidos : Macgraw –hill
- Qin, J.-J., Oo, M. H., Kekre, K. A., Knops, F., & Miller, P.(2006) .
*Impact of coagulation pH on enhanced removal of natural organic matter in
treatment of reservoir water. Separation and Purification Technology* .
Estados unidos : Parson
- Renault, F., Sancey, B., Badot, P. M., & Crini, G. (2009).
*Chitosan for coagulation and flocculation processes - An eco-friendly
approach*. Inglaterra : IWA
- Roussy, J., Van Vooren, M., & Guibal, E. (2005).
*Influence of chitosan characteristics on coagulation and flocculation of
organic suspensions*. Estados unidos: Journal of Applied Polymer Science

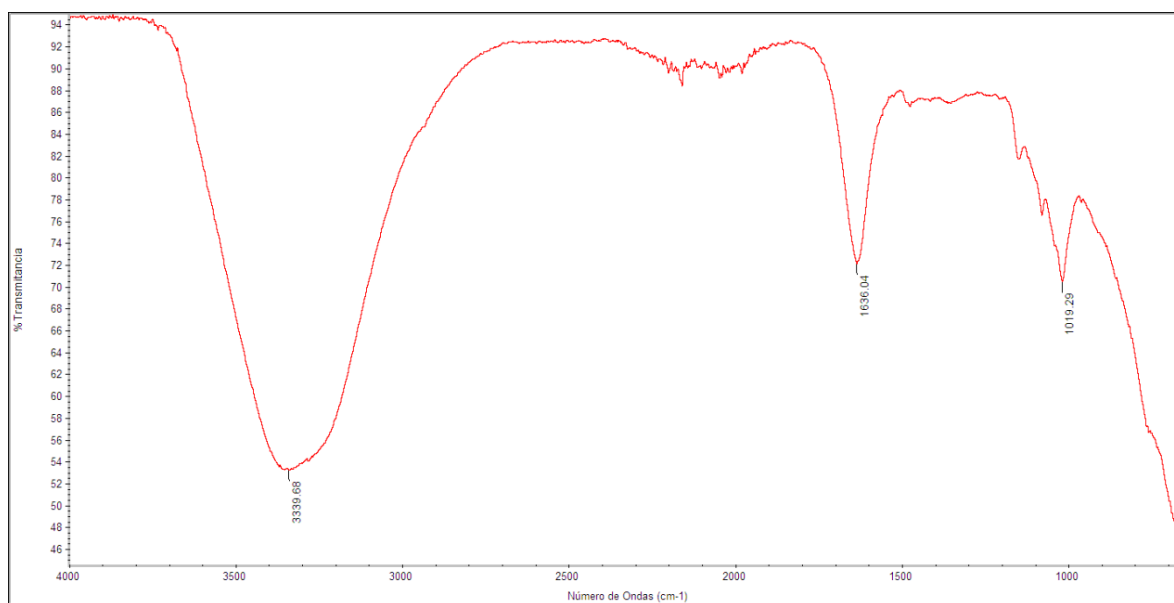
- Somasundaran, P., & Yu, X. (1994).
Flocculation/dispersion of suspensions by controlling adsorption and conformation of polymers and surfactants Estados unidos : Advances in Colloid and Interface Science.
- Sinha, S., Yoon, Y., Amy, G., & Yoon, J. (2004).
La determinación de la eficacia de coagulantes convencionales y alternativos .estados unidos: Brain Research Bulletin

Referencias electrónicas

- De Sylvia Cerdeira (2017) *Determinación de pH* (2017). Recuperado de www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/PH/pH.htm
- De Fabiola Martínez Navarro (24 de junio 2017) *Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional*. Recuperado de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle>
- De Ing. Yolanda Andía Cárdenas. (2012) *Tratamiento de agua coagulación y floculación*. Recuperado de <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria>
- De Jaime Roset Álvarez. (2018). *Las sustancias para el tratamiento y los materiales en contacto con agua de consumo humano*. Recuperado de <http://www.accede.org/aguas/ppt/sustancias-web.pdf>
- De Lenntech. (2017). *Soluciones para tratamiento de aguas* .Recuperado de www.lenntech.es/turbidez.htm
- Maricruz Vargas Camareno, Luis Guillermo Romero Esquivel. (2018). *Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica*. Recuperado de <http://www.tec.cr>
- Roberto Zegarra (2017). *Coagulación-Floculación*. Recuperado de http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf

ANEXOS

ESPECTROS IR DE QUITOSANO OBTENIDO



FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS



Turbidímetro portátil 2100Q

El turbidímetro portátil 2100Q/2100Q IS de Hach ofrece una facilidad de uso y una exactitud insuperables en la medición de turbidez.

Con las instrucciones en pantalla fáciles de seguir, no son necesarios manuales ni hay que memorizar ningún paso para las calibraciones rutinarias.

El modo Rapidly Settling Turbidity™ permite realizar mediciones exactas incluso con las muestras de sedimentación más difíciles de medir. Además, su diseño robusto hace que este instrumento sea el idóneo para los entornos más duros.

Número de parte	Fuente de luz	Interfaz	Fuente de luz	USD Precio
2100Q01	Lámpara de Tungsteno	Optional USB	Lámpara de tungsteno	
2100QIS01	LED	USB opcional	LED	
2100Q01USB	tungsten filament lamp	USB	Tungsten filament lamp	



System is always qualified

- Save valuable time and optimize laboratory throughput by running system qualification overnight, every night with System Performance Verification (SPV)
- Qualify the spectrometer and the accessory
- System suitability testing complements performance verification
- Constant system monitoring

Sample information loading and preparation

- Minimize user interaction by loading sample information through bar codes
- Standardize sample preparation and quality of results by using the Thermo Scientific™ Smart ITX™ ATR sampling accessory
- Automate method selection for error-free operation



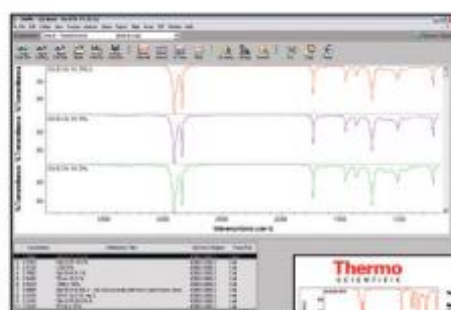


Sample verification

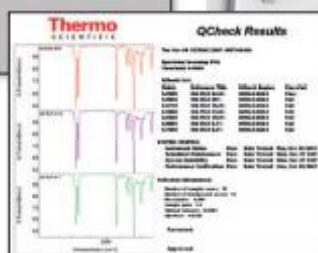
- Verify raw materials, intermediates and finished products for consistency, purity and concentration
- Be absolutely confident in your pass/fail results, regardless of your sample, thanks to the new and unique compare tools in the Thermo Scientific™ QCheck™ feature
- Quantify your compounds with classic and chemometric tools in Thermo Scientific™ TQ Analyst™ software

Comprehensive reports, quick and easy

- System validation status and date
- Sampling accessory validation status and date
- Method verification (suitability) status and date
- Sample verification status (pass or fail)
- User ID and digital signature (where applicable)
- Generated and digitally stored for convenient review throughout your organization



Clear and simple answers for smooth quality control and assurance.





Attenuated Total Reflectance (ATR) is a powerful sampling technique that virtually eliminates sample preparation. The Thermo Scientific Smart iTX ATR sampling accessory for the Nicolet iS10 spectrometer offers outstanding performance and universal sampling.

- Multiple crystal options make it possible to sample virtually any liquid or solid
- Automatic recognition, collection parameters, spectral quality check
- Factory-calibrated pressure tower ensures spectral uniformity
- Easy to clean and quickly load your next sample
- Maximum durability; withstand hard and harsh samples with diamond ATR
- OMNIC ATR correction allows spectral search without dedicated ATR libraries
- Qualification available for diamond crystals

Smart iTX Universal ATR Sampling accessory reference chart

MATERIAL TO BE SAMPLED	CRYSTAL TYPE		
	Diamond	ZnSe	Germanium
Soft solids, powders	Best	Best	Good
Rigid samples	Best	Weak	Weak
Harsh chemicals	Best	Weak	Good
Coatings on metal	Good	Weak	Weak
Liquid samples, gels	Best	Good	Good
Carbon black filled samples	Weak	Medium	Best

More than 60% of FTIR users get their results by using a single reflection ATR. The popular Smart iTX sampling accessory delivers exceptional energy throughput, which allows you to acquire high-quality spectra in seconds. The interchangeable crystals meet your needs for flexibility, ease of cleaning and reproducibility of data.

Carbon black filled samples can be effectively characterized with the Smart iTX universal sampling module by using the germanium crystal.

