

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



**ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO FLOCULANTE DEL QUITOSANO Y
SULFATO DE ALUMINIO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y LÁCTEA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR
MARÍA DEL CARMEN POLÍO MARTÍNEZ
IRIS IVETTE ROMERO LÓPEZ**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUÍMICA Y FARMACIA**

MAYO DE 2003

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



© 2001, DERECHOS RESERVADOS

**Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador**

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL

LIC. LILIAN MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

LIC. MARÍA ISABEL RAMOS DE RODAS

SECRETARIA

LIC. ANA ARELY CÁCERES MAGAÑA

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

LIC. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO

COORDINADORA DE ÁREA: GESTIÓN AMBIENTAL, TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL

LIC. MARÍA LUISA ORTIZ DE LÓPEZ

COORDINADORA DE ÁREA: ANÁLISIS DE ALIMENTOS FISICOQUÍMICO

ING. RINA DE MEDRANO

DOCENTE DIRECTOR

LIC. LORENA MARGARITA RAMÍREZ

DOCENTE DIRECTOR

ING. SERGIO ARMANDO MARAVILLA

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por haber permitido este logro en mi vida.

A mis padres, Ester María y Victor Manuel, quienes me apoyaron incondicionalmente durante todo el desarrollo del trabajo.

A mis hermanas, Blanca Lorena y Rubidia Guadalupe por estar siempre pendientes de mi y ayudarme a lograr este éxito.

A la Licenciada Lorena Margarita Ramírez y al Ingeniero Sergio Armando Maravilla quienes gentilmente nos brindaron asesoría en todo momento.

A todos aquellos amigos, por motivarme a salir adelante.

María del Carmen Polío

AGRADECIMIENTOS

Al padre, Hijo y Espíritu Santo por darme sabiduría, fortaleza y guiado mis pasos hasta alcanzar esta meta.

A mi Familia, por comprenderme, apoyarme y estar conmigo siempre que los necesité.

A mi compañera de tesis, por ser parte integral de este arduo esfuerzo.

A mis asesores, Licda. Lorena Ramírez e Ing. Sergio Maravilla por habernos brindado generosamente su apoyo durante la realización de este trabajo.

Y a todas las personas que me ayudaron de cualquier forma.

Iris Ivette Romero

INDICE

INTRODUCCION.....	i
OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 Contaminación ambiental.....	5
1.2 Aguas industriales residuales.....	5
1.3 Captación y tratamiento.....	7
1.4 Pretratamiento de las aguas residuales.....	7
1.5 Sulfato de Aluminio.....	8
1.6 Quitina.....	10
1.7 Quitosano.....	10
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA	
2.1 Planeamiento de la investigación.....	14
2.2 Trabajo de campo.....	14
2.3 Muestreo.....	15
2.4 Trabajo de laboratorio.....	16
2.5 Análisis estadístico.....	17
2.6 Ensayo para la determinación de las condiciones óptimas de floculación de Quitosano.....	19
2.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	24

2.8	Demanda Química de Oxígeno.....	27
2.9	Turbidez.....	29
2.10	Sólidos totales.....	30
2.11	Sólidos sedimentables.....	31

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1	Resultados de las condiciones óptimas de floculación de Quitosano.....	33
3.1.1	Industria Láctea.....	33
3.1.2	Industria Farmacéutica.....	34
3.2	Condiciones óptimas de floculación del Quitosano.....	35
3.3	Tratamiento previo de las muestras para la determinación de la Demanda Bioquímica de oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos totales, Sólidos sedimentables y turbidez.....	36
3.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	37
3.5	Demanda Química de Oxígeno.....	41
3.6	Turbidez.....	44
3.7	Sólidos totales.....	46
3.8	Sólidos sedimentables.....	49

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	56
4.2	Demanda Química de Oxígeno.....	63
4.3	Turbidez.....	64

4.4	Sólidos totales.....	65
4.5	Sólidos sedimentables.....	66

CAPÍTULO V

Conclusiones.....	70
-------------------	----

CAPÍTULO VI

Recomendaciones.....	72
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados promedios de la Demanda Bioquímico de Oxígeno Industria Láctea	39
Cuadro 2. Resultados promedios de la Demanda Bioquímica de Oxígeno Industria Farmacéutica	39
Cuadro 3. Resultados promedios de la Demanda Química de Oxígeno Industria Láctea	42
Cuadro 4. Resultados promedios de la Demanda Química de Oxígeno Industria Farmacéutica	42
Cuadro 5. Resultados promedios de Turbidez Industria Láctea	44
Cuadro 6. Resultados promedios de Turbidez Industria Farmacéutica	44
Cuadro 7. Resultados promedios de Sólidos Totales Industria Láctea	47
Cuadro 8. Resultados promedios de Sólidos Totales Industria Farmacéutica	47
Cuadro 9. Resultados promedios de Sólidos sedimentables Industria Láctea	49
Cuadro 10. Resultados promedios de Sólidos sedimentables Industria Farmacéutica	49
Cuadro 11. Resultados analíticos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno Industria Láctea	51

Cuadro 12. Resultados analíticos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Industria Farmacéutica	52
Cuadro 13. Resultados analíticos de la Demanda Química de Oxígeno	
Industria Láctea	53
Cuadro 14. Resultados analíticos de la Demanda Química de Oxígeno	
Industria Farmacéutica	54
Cuadro 15. Resultados analíticos de Sólidos Totales Industria Láctea	55
Cuadro 16. Resultados analíticos de Sólidos Totales Industria Farmacéutica	56
Cuadro 17. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos con Quitosano en la Industria Láctea	58
Cuadro 18. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos con Sulfato de Aluminio en la Industria Láctea	60
Cuadro 19. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos después del tratamiento con Quitosano y Sulfato de Aluminio en las muestras de la Industria Láctea	62
Cuadro 20. Valores de t obtenidos en la Demanda Química de Oxígeno	65
Cuadro 21. Valores de t obtenidos en la Turbidez	66
Cuadro 22. Valores de t obtenidos en Sólidos totales	67
Cuadro 23. Valores de t obtenidos en Sólidos Sedimentables	68

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados promedios de la Demanda Bioquímico de Oxígeno Industria Láctea	40
Gráfico 2. Resultados promedios de la Demanda Bioquímica de Oxígeno Industria Farmacéutica	40
Gráfico 3. Resultados promedios de la Demanda Química de Oxígeno Industria Láctea	43
Gráfico 4. Resultados promedios de la Demanda Química de Oxígeno Industria Farmacéutica	43
Gráfico 5. Resultados promedios de Turbidez Industria Láctea	45
Gráfico 6. Resultados promedios de Turbidez Industria Farmacéutica	45
Gráfico 7. Resultados promedios de Sólidos Totales Industria Láctea	48
Gráfico 8. Resultados promedios de Sólidos Totales Industria Farmacéutica	48
Gráfico 9. Resultados promedios de Sólidos sedimentables Industria Láctea	50
Gráfico 10. Resultados promedios de Sólidos sedimentables Industria Farmacéutica	50

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el país, todos los recursos naturales están sufriendo un gran deterioro, una de las causas principales de este deterioro es la falta de conciencia ambiental por parte de cierto sector industrial, ya que generan grandes cantidades de desechos que descargan continuamente sin realizarles ningún tipo de tratamiento para minimizar el impacto ambiental que ocasionan.

La presente investigación tiene como objetivo ofrecer como alternativa el uso del quitosano para el tratamiento primario de las aguas residuales industriales, específicamente aquellas procedentes de las industria láctea y farmacéutica.

La investigación se llevó a cabo mediante análisis fisicoquímico que incluye la determinación de sólidos sedimentables para establecer las condiciones de mayor eficacia del Quitosano, así como también DBO₅, DQO, Turbidez y Sólidos Totales en muestras de aguas residuales obtenidas de las industrias antes citadas en comparación con el floculante comúnmente utilizado, Sulfato de aluminio.

Los resultados fueron evaluados posteriormente para la determinación de la efectividad de las sustancias químicas en comparación, así como también para establecer el grado de contaminación de las aguas residuales después del tratamiento químico.

Este trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos; en el primero se mencionan generalidades acerca del problema que ocasionan las aguas residuales industriales y por ende la necesidad de llevar a cabo un método de

tratamiento para disminuir el impacto ambiental negativo que esta situación genera, se menciona específicamente el Quitosano y el sulfato de aluminio los cuales son utilizados en el tratamiento de aguas residuales, su estructura, propiedades físicas y condiciones bajo las cuales estas sustancias proporcionan los mejores resultados.

En el capítulo dos se desarrolla la metodología utilizada en esta investigación, muestreo, trabajo de campo, ensayos realizados en el laboratorio para determinar condiciones óptimas de floculación de Quitosano en el tratamiento de aguas residuales, así como las diferentes pruebas realizadas a las muestras tanto con Sulfato de Aluminio como con Quitosano.

En el tercer capítulo se presentan los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas a las muestras después de su tratamiento con Quitosano y Sulfato de Aluminio.

Finalmente el capítulo cuatro trata sobre el análisis de resultados obtenidos luego de tratar las muestras con Quitosano y Sulfato de Aluminio, se hace comparación de resultados de las diferentes pruebas realizadas en el laboratorio utilizando los agentes floculantes antes mencionados.

I. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto floculante del Quitosano con respecto al Sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria farmacéutica y láctea.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1. Determinar las condiciones bajo las cuales el Quitosano proporciona mejores resultados, tales como: Temperatura, concentración, pH, velocidad y tiempo de agitación.
- 2.2. Realizar a las muestras de aguas residuales, antes y después del tratamiento con Quitosano y Sulfato de aluminio, la determinación de los parámetros: DQO, DBO₅, Turbidez, sólidos totales y sólidos sedimentables.
- 2.3. Comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos por la Norma Salvadoreña en Revisión NSR 13.07.03:00 para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.
- 2.4. Recomendar a las industrias involucradas la implementación del tratamiento propuesto para las aguas residuales.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.0 Marco Teórico

1.1 Contaminación ambiental

Actualmente, uno de los mayores problemas que aqueja a el país, es el grado de contaminación ambiental, en especial la contaminación del agua, lo cual agudiza los problemas de salud de nuestra población y cada día se vuelve más preocupante, por lo que surge la necesidad de desarrollar métodos de tratamiento de aguas residuales para disminuir en alguna medida el impacto ambiental negativo que generan este tipo de vertidos en nuestra fuentes de agua, lo cual es indispensable para lograr un mayor nivel de desarrollo de nuestra población.

Debido a la magnitud de este problema se hace necesario llevar a cabo un efectivo tratamiento de las aguas residuales, en el pasado el objetivo era la remoción de parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos y patógenos. En la actualidad, toma cada vez mas importancia la remoción de nutrientes de compuestos tóxicos y la neutralización de los efluentes.¹³

1.2 Aguas residuales industriales

La fracción del agua empleada por las industrias se incorpora a sus productos o se pierde por evaporación; la mayor parte del flujo se vierte finalmente a las corrientes naturales de agua en forma de agua de desecho. En esta forma, la industria contribuye a contaminar el medio ambiente. Se ha prestado mucha atención al tratamiento de las aguas residuales industriales debido al progreso de la industrialización y de las cargas que resultan en los

recursos disponibles de agua para usos industriales y potables, así como para recreación y evacuación de aguas residuales⁵.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de las aguas industriales residuales son complejas; son tan variadas como la industria misma. Por lo general, contienen materia mineral suspendida, coloidal y disuelta, así como sólidos orgánicos. Además pueden ser excesivamente ácidas o alcalinas y tener baja o alta concentración de materias colorantes⁵.

Estos desechos varían también en composición según el tipo de industria y los procesos empleados en la misma, prácticamente todas las clases de material que entren a una planta se pueden convertir en una impureza de aguas residuales. Entre los contaminantes se encuentran las materias primas, así como los productos auxiliares intermedios, finales y residuales, los subproductos, lubricantes y limpiadores. Así los desechos de la industria láctea proceden principalmente de los lugares de recepción, plantas embotelladoras, cremerías y de las aguas de lavado de pisos y equipo en general, estos desechos contienen por lo tanto sólidos orgánicos en estado coloidal o disueltos que se miden generalmente por la DBO₅ y DQO⁵.

La industria farmacéutica genera desechos líquidos y sólidos que proceden de las operaciones de limpieza, lavado de equipos y pisos. Algunos ácidos, álcalis y otros tipos de contaminantes químicos se originan en este tipo de industria.

1.3 Captación y tratamiento

Las aguas residuales industriales se pueden descargar en los sistemas municipales de aguas residuales en algunos puntos convenientes, siempre que no los sobrecarguen o dañen las obras de captación y tratamiento. Sin embargo, puede ser ventajoso conducir las aguas residuales a sistemas separados de evacuación en las partes en que ya existen éstos o se pueden construir convenientemente, o bien proporcionarse de alguna otra manera. El pretratamiento antes de la descarga a las alcantarillas municipales es también un asunto que se debe decidir⁵.

En general cada industria es responsable de la disposición de sus desechos. En todo caso, conviene hacer un tratamiento preliminar⁵.

1.4 Pretratamiento de las aguas residuales

El objetivo del pretratamiento de las aguas residuales es remover grasas, aceites y otros materiales flotantes o sedimentables para que el agua residual pueda ser tratada eficientemente y neutralizada o vertida sin ningún riesgo¹³.

A medida que el nivel de tratamiento de las aguas residuales aumenta la potencialidad de un uso benéfico para las aguas tratadas también aumenta. La ventilación de los efluentes tratados requiere que los criterios de calidad del agua tratada sean cada vez más exigentes. En los sistemas de manejo de aguas residuales en zonas rurales, las formas más probables de reutilización serían el riego agrícola y el riego de campos. En países industrializados se han desarrollado sistemas para reciclar agua en áreas urbanas los cuales toman las aguas residuales de los sanitarios; en los edificios las tratan y retornan todo el

volumen de agua para su uso en descargas de inodoros; a pesar de que algunos procesos de tratamiento son costosos, se utilizan para edificios de oficinas ubicados en áreas sin alcantarillado y donde hay limitaciones en el agua para uso doméstico¹³.

Los métodos de tratamiento que se usan incluyen la coagulación química seguida de la sedimentación. Este tratamiento es uno de los más antiguos y consiste en agregar uno o más reactivos a las aguas residuales para producir un flóculo, que es un compuesto químico insoluble que absorbe la materia coloidal, envolviendo a los sólidos suspendidos no sedimentables y que se depositan rápidamente. La sustancia química que se precipita también se disocia o ioniza en las aguas residuales y neutraliza las cargas eléctricas que tienen las partículas coloidales, haciendo que se aglomeren y formen grumos fácilmente sedimentables. Los reactivos que más se emplean son el Sulfato de aluminio, el sulfato ferroso con cal, el sulfato férrico y el cloruro férrico con o sin cal⁴.

1.5 Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

Propiedades: cristales blancos; soluble en agua; insoluble en alcohol. Es estable en el aire⁸.

Se obtiene en diversas formas: molida, gránulos tamaño arroz, polvo y terrones; pulverulento, astringente, solo ligeramente higroscópico⁸.

El Sulfato de aluminio es, de los diversos compuestos químicos, el más comúnmente usado como coagulante en el tratamiento de aguas⁸. El aluminio (III) se comporta en una forma muy similar al hierro (III), pero su hidrólisis es más complicada. Las sales de aluminio, como Sulfato de aluminio, se hidrolizan con

facilidad, y dicha hidrólisis aumenta con la edad de las soluciones, por lo tanto los efectos coagulantes de las soluciones añejas y de las recientemente preparadas muestran diferencias considerables⁵.

De lo anterior se concluye que el efecto de estos iones metálicos multivalentes sobre la coagulación no se produce generalmente por los mismos iones sino por sus productos de hidrólisis. Los complejos hidroxopolinucleares disueltos que son intermedios en la transición de los iones de aluminio a óxidos hidratados son coagulantes eficientes. Bajo condiciones favorables de pH y tiempo de añejamiento, los productos de hidrólisis de iones metálicos poseen una mayor carga a la de los iones metálicos mismos y se absorben más fuertemente sobre dispersiones coloidales⁵.

El aluminio (III) tiene fuertes tendencias a formar complejos solubles e insolubles con los iones hidroxilo, el ion hidroxilo es solamente uno de los ligandos posibles. También existe la formación de complejos con otras bases presentes en las aguas de desecho⁵.

El Sulfato de Aluminio es usado en solución 50g/L y es efectivo como coagulante a una concentración de 250mg/L a pH 7, aunque puede usarse en un rango de pH de 6.0 a 10.0¹⁰

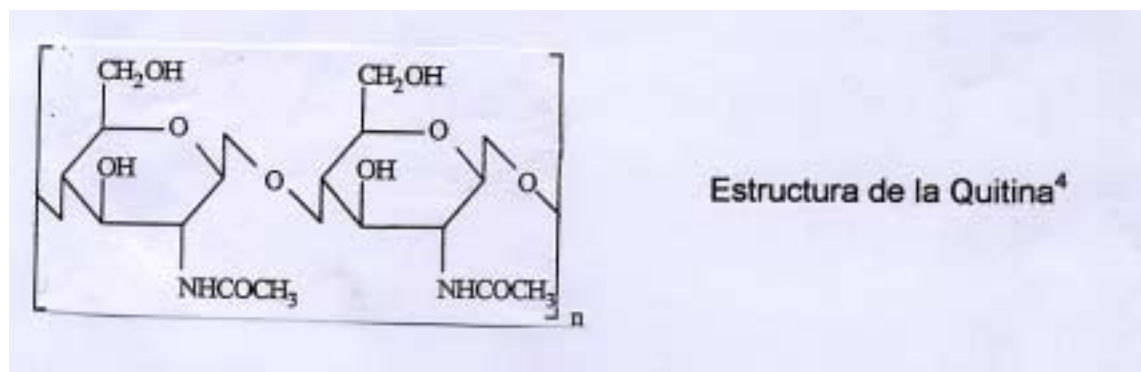
1.6 Quitina

La industria de camarón y langostino generan los caparazones, los que contienen proteínas, lípidos y en mayor proporción la quitina⁴.

La Quitina pasa de ser desecho a convertirse en materia prima que posee múltiples usos uno de los cuales es filtrar agua contaminada. Su nombre, derivado

del griego Kitos, significa cavidad o bóveda, y el sitio en que se encuentra es el caparazón de muchos artrópodos como el camarón, langostinos, etc.; también refiere su capacidad para enfrentar a diversos agentes externos⁴.

La quitina es un biopolímero, que se diferencia de la celulosa por la posición del grupo hidroxilo del carbono 2, el cual en la quitina ha sido sustituido por el grupo acetamida y cuyo monómero es 2-acetamido-2-deoxi-β-D-glucosa⁴.



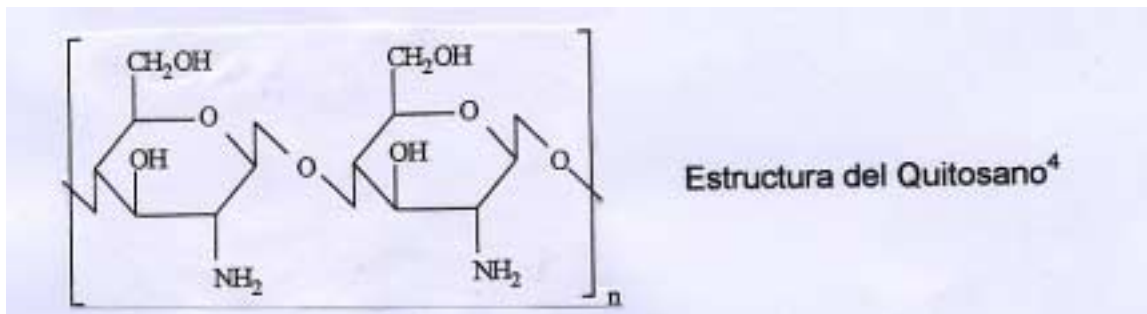
1.7 Quitosano

El quitosano es el principal derivado de la quitina, soluble en soluciones ácidas diluidas en las que adquiere una carga positiva consecuencia de su carácter básico. Dadas estas características es que se recomienda su uso en el tratamiento de aguas residuales¹⁰.

El Quitosano es un polímero de [β-(1→4)-2-amino-2-dioxi-D-glucopiranos], que se obtiene por modificación química de la quitina. A pesar de tener una estructura química similar a la celulosa exhibe muchas propiedades diferentes. De hecho, debido a la presencia de grupos aminos, el quitosano se considera químicamente más versátil que la celulosa, este grupo amino le confiere solubilidad a pH 6.0, aproximadamente, en ácidos diluidos tales como

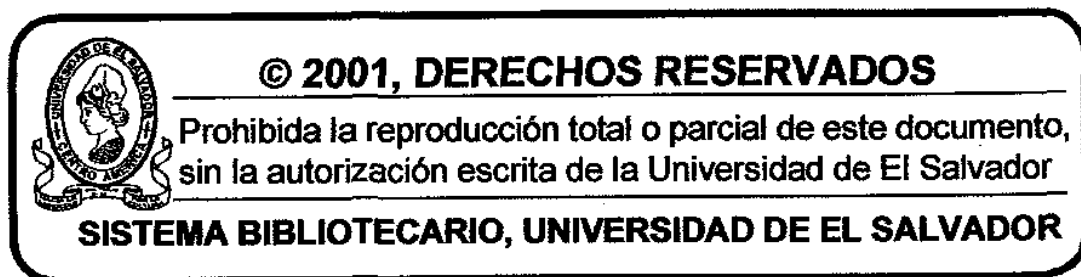
ácido acético y ácido fórmico, para formar soluciones muy viscosas con grandes posibilidades de formar filmes, fibras y microcápsulas⁴.

El nitrógeno contenido en el quitosano está como amina primaria y por esto presenta reacciones típicas del grupo amino (Ver estructura y fig. 1). El quitosano posee un grado de acetilación menor a 0.35⁴.



El Quitosano ha sido de gran interés debido a sus diversas aplicaciones en la industrias farmacéutica y alimenticia, además es conocido como floculante de sólidos suspendidos, esta propiedad es de especial interés para el tratamiento de aguas residuales¹⁰.

Estudios realizados muestran la eficiencia de Quitosano en la coagulación de proteínas, grasa y sólidos suspendidos en general, presentes en aguas residuales municipales, dichos estudios revelan que pequeñas cantidades de Quitosano en solución 5g/L, incorporado en un tanque de aireación, produce una reducción de la DQO, nitrógeno total y bacterias en el efluente¹⁰.



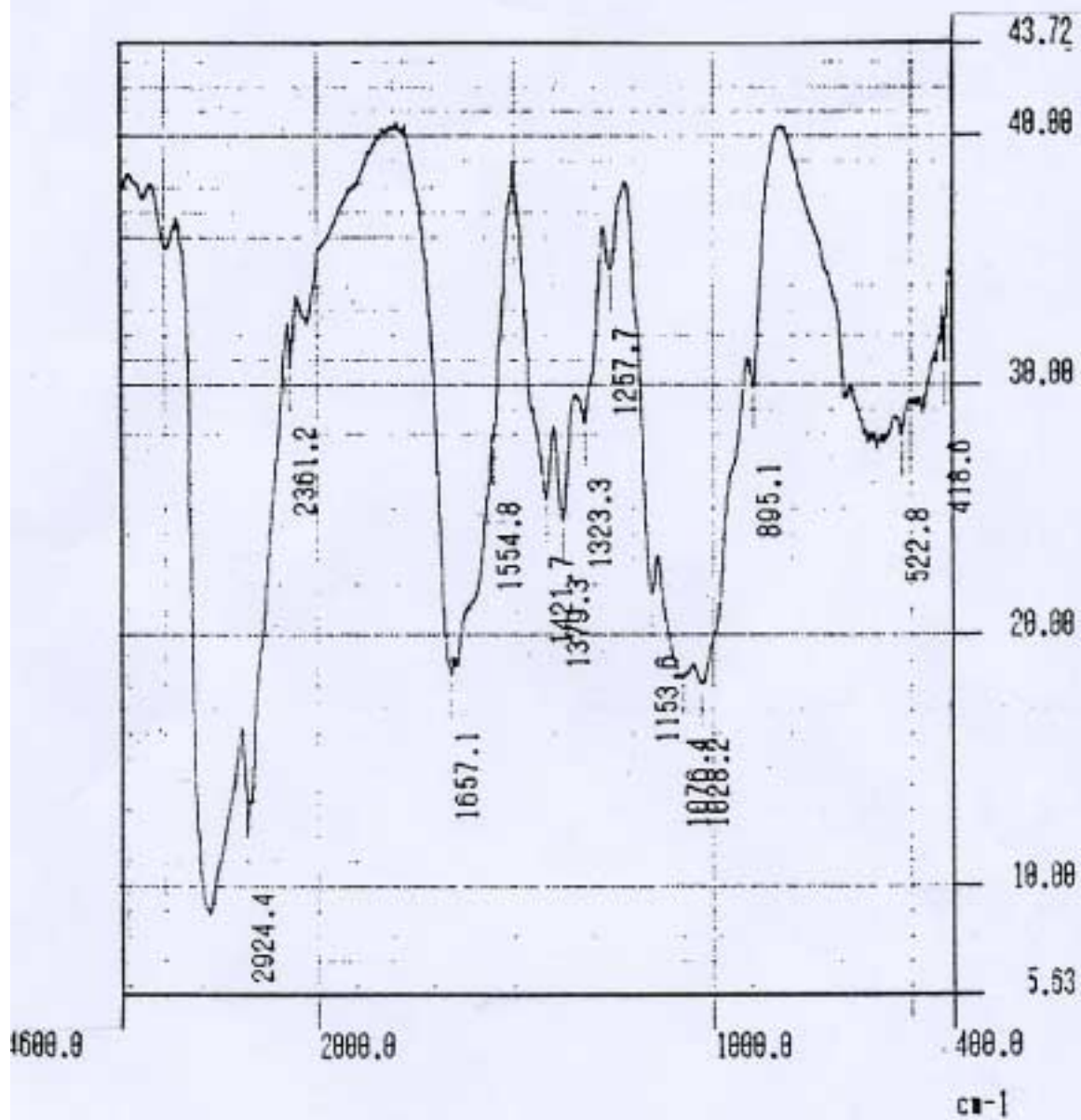


Fig. 1 Espectro Infrarrojo del Quitosano

CAPÍTULO II
METODOLOGÍA

2.0 Metodología

2.1 Planeamiento de la Investigación

El procedimiento llevado a cabo, para la evaluación del efecto floculante del Quitosano y del Sulfato de Aluminio en el tratamiento de Aguas residuales procedentes de las industrias farmacéutica y láctea, fué el siguiente:

- Investigación Bibliográfica para conocer las propiedades físicas y químicas de Sulfato de Aluminio y Quitosano, así como también sus antecedentes como floculantes, y en base a los cuales se establecieron las condiciones necesarias para su efectividad. Por otra parte se realizó una investigación sobre cuales pruebas físico-químicas relacionadas con la contaminación del agua se determinarían, para conocer las condiciones de mayor efectividad de Quitosano.
- Se establecieron las pruebas a realizar y se especificaron cada uno de los métodos a utilizar para los análisis.
- Presentación del Proyecto a laboratorios privados involucrados en el estudio, con el objetivo de obtener la autorización de muestreo de aguas residuales en las instalaciones de dichas industrias. El proyecto presentado incluía la importancia del estudio, los análisis a realizar y los métodos de análisis.

2.2 Trabajo de Campo

Visita de campo a las instalaciones de las industrias involucradas para conocer la zona de trabajo, establecer los puntos de muestreo y el cronograma de actividades. Los muestreos se establecieron en el punto de descarga de las aguas residuales procedentes del lavado de los equipos utilizados en ambas

industrias luego del proceso de producción, de formas farmacéuticas sólidas en el caso de la industria farmacéutica, y de yogurt en la industria láctea.

2.3 Muestreo

Para la toma de las muestras de agua se utilizaron frascos nuevos de polietileno con capacidad de 2 litros, de boca ancha y tapón de rosca. El volumen de muestra utilizado para realizar las determinaciones fue de seis litros.

Para la obtención de las muestras, primero se enjuaga el recipiente con la muestra, luego se llena completamente, cerrándolo y evitando la formación de burbujas. Las muestras se refrigeraron a una temperatura de 4°C para su análisis respectivo.

El programa de muestreo fué el siguiente:

- Al inicio se realizaron tres muestreos en cada industria cuyas muestras provenían de iguales procesos de producción. Con las muestras obtenidas se trabajaron diferentes condiciones de temperatura, concentración, pH, velocidad y tiempo de agitación.
- Después de haber sido determinadas las condiciones óptimas de floculación, se realizaron cuatro muestreos en cada una de las industrias, tales muestreos se llevaron a cabo en las fechas indicadas en el anexo 1 dependiendo de la autorización de cada empresa y a la planificación de los procesos de producción. Las muestras fueron recolectadas tomando en consideración que las aguas residuales provinieran de un proceso similar al de las muestras ensayadas inicialmente. En estas muestras se determinaron los parámetros de DBO₅, DQO, turbidez, sólidos totales y sólidos sedimentables.

- El número de muestreos en total, realizados en cada industria fue de 7, el lapso de tiempo durante el cual se tomaron muestras de ambas empresas fué de 3 meses.

2.4 Trabajo de laboratorio

2.4.1 Determinación de las condiciones de temperatura, pH, concentración, velocidad y tiempo de agitación, bajo las cuales el Quitosano proporciona los mejores resultados.

El procedimiento realizado a las primeras tres muestras de cada empresa fue el siguiente:

- Se tomaron 1000 mL de muestra, se colocaron en beakers de 2000 mL.
- Cada muestra fué tratada con Quitosano a diferentes condiciones de pH, temperatura, concentración, velocidad y tiempo de agitación.
- Ya que lo que interesa evaluar es el efecto floculante del Quitosano, se determinaron los sólidos sedimentables para cada una de las muestras y en las diferentes condiciones de pH, temperatura, concentración, velocidad y tiempo de agitación; antes y después del tratamiento con Quitosano.
- Al finalizar este procedimiento y por comparación se determinaron las condiciones de trabajo con las cuales el Quitosano proporciona los mejores resultados.

2.4.2 Determinación de DBO₅, DQO, turbidez, sólidos totales y sólidos sedimentables antes y después del tratamiento con Quitosano y con Sulfato de Aluminio.

Los parámetros que se analizaron tanto en el agua residual como en las tratadas, nos proporciona información suficiente sobre el grado de contaminación del vertido que desecharía la empresa, tanto si lo vierten crudo o si lo desecha después del tratamiento con Quitosano o Sulfato de Aluminio.

También es importante mencionar que los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, nos muestra el contenido de oxígeno que lleva el agua de un efluente crudo, antes del tratamiento, pero después del tratamiento de ese vertido se eliminan contaminantes del mismo, así como por la agitación involucrada en el proceso de tratamiento, el vertido gana oxígeno, por lo que la DBO₅ después del tratamiento será menor, garantizando con esto que el agua tratada, al ser desechada de la empresa hacia alcantarillas o ríos, ya no irá tan contaminada como si se desechara sin ningún tipo de tratamiento.

2.5 Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos del estudio comparativo del efecto floculante de Quitosano y Sulfato de Aluminio, en la determinación de cada parámetro realizada por dos analistas, se evalúan inicialmente utilizando la prueba para la diferencia de medias de dos poblaciones relacionadas, considerando que los resultados del analista A no son independientes de los del analista B. El objetivo del análisis es estudiar la diferencia entre dos mediciones al reducir el efecto de la variabilidad debida a las personas¹².

Luego de determinar si hay alguna diferencia entre los dos grupos de resultados se aplica el enfoque de la prueba para la diferencia de medias de dos poblaciones independientes, una población sería los resultados con Quitosano y la otra población, los resultados con Sulfato de Aluminio.

2.6 Ensayo para la determinación de las condiciones óptimas de floculación de Quitosano

Las condiciones teóricas de floculación de sulfato de aluminio son las siguientes: pH: 7 ; concentración : 250mg/L; Temperatura: 25°C.

Para Quitosano: pH: 6.0-10.0; Concentración: 20-90mg/L; T°C: 25°C, velocidad y tiempo de agitación: 150 rpm por 2 minutos ó 20 rpm por 15 minutos¹⁰.

Con el objetivo de comprobar el funcionamiento efectivo de Quitosano a iguales condiciones de uso que Sulfato de Aluminio, se realizó un ensayo consistente en la determinación de los sólidos sedimentables resultantes de la adición de Quitosano a las muestras a diferentes condiciones, las cuales se detallan a continuación:

a) Variación de pH:

pH = 6
T°C= 25°C
Tiempo de agitación: 15 minutos
Velocidad de agitación: 20 rpm
Concentración de Quitosano: 20mg/L

pH = 7
T°C= 25°C
Tiempo de agitación: 15 minutos
Velocidad de agitación: 20 rpm
Concentración de Quitosano: 20mg/L

pH = 9
T°C= 25°C
Tiempo de agitación: 15 minutos
Velocidad de agitación: 20 rpm
Concentración de Quitosano: 20mg/L

b) Variación de pH, velocidad y tiempo de agitación:

pH = 6
T°C= 25°C
Tiempo de agitación: 2 minutos
Velocidad de agitación: 150 rpm
Concentración de Quitosano: 20mg/L

pH = 7
T°C= 25°C
Tiempo de agitación: 2 minutos
Velocidad de agitación: 150 rpm
Concentración de Quitosano: 20mg/L

pH = 9

T°C= 25°C

Tiempo de agitación: 2 minutos

Velocidad de agitación: 150 rpm

Concentración de Quitosano: 20mg/L

c) Variación de pH, temperatura y concentración

pH = 6

T°C= 30°C

Tiempo de agitación: 2 minutos

Velocidad de agitación: 150 rpm

Concentración de Quitosano: 50mg/L

pH = 7

T°C= 30°C

Tiempo de agitación: 2 minutos

Velocidad de agitación: 150 rpm

Concentración de Quitosano: 50mg/L

pH = 9
T°C= 30°C
Tiempo de agitación: 2 minutos
Velocidad de agitación: 150 rpm
Concentración de Quitosano: 50mg/L

d) Variación de pH, temperatura y concentración

pH = 6
T°C= 25°C
Tiempo de agitación: 2 minutos
Velocidad de agitación: 150 rpm
Concentración de Quitosano: 90mg/L

pH = 7
T°C= 25°C
Tiempo de agitación: 2 minutos
Velocidad de agitación: 150 rpm
Concentración de Quitosano: 90mg/L

pH = 9

T°C= 25°C

Tiempo de agitación: 2 minutos

Velocidad de agitación: 150 rpm

Concentración de Quitosano: 90mg/L

Procedimiento para la determinación de las condiciones óptimas de floculación del Quitosano

1. Transferir a beakers de 2000 mL, 1000 mL de muestra, determinar pH y temperatura, realizar ajuste de pH con hidróxido de amonio concentrado o ácido sulfúrico concentrado según se requiera, ajustar temperatura con baño maría para obtener las condiciones descritas en el cuadro
2. Adicionar a la muestra la cantidad necesaria de solución de Quitosano 5g/L, para obtener la concentración establecida, agitar por el tiempo requerido en las condiciones establecidas.
3. Transferir a cono de sedimentación (seguir procedimiento descrito bajo sólidos sedimentables), y efectuar la lectura directa.

2.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias mientras descomponen la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias¹³.

La DBO₅ es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. Tres actividades más o menos diferenciadas pueden ocurrir. Primero, una parte del desecho se oxida a productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevo tejido celular. Simultáneamente, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular¹³.

Esta prueba es una de las más importantes en las actividades de control de contaminación de corrientes, donde la carga orgánica debe ser restringida para mantener los niveles de oxígeno disuelto. Esta determinación es usada también en estudios para medir la capacidad de purificación y sirve a las autoridades para regular la calidad de los efluentes descargados a las aguas¹³.

Además es importante en el diseño de sistemas de tratamiento, siendo un factor en la elección del método del tratamiento y para determinar el tamaño de ciertas unidades, particularmente filtros de goteo y unidades activadas de sedimentos.⁵

Luego que las plantas de tratamiento entran en operación, la prueba es usada para evaluar la eficiencia de esta unidad.⁵

Material y equipo: (Ver anexo 3)

Procedimiento²

Preparación de agua de dilución

1. Colocar 1 L de agua destilada en un equipo de aireación.
2. Hacer pasar, a través del agua destilada aire comprimido durante 8 horas.
3. Adicionar 1 mL de las siguientes soluciones (Por cada litro de agua aireada):
 - Buffer fosfato
 - Solución de Sulfato de Magnesio
 - Solución de Cloruro de Calcio
 - Solución de Cloruro de hierro
4. Homogenizar la solución.

Preparación de las muestras

1. Tomar 3mL de la muestra y agregarlos a una botella de incubación de DBO₅ de 300 mL y llenarla con agua de dilución, Tapar el frasco.
2. Hacer una muestra para el primer día y otra para el quinto día

Preparación del Blanco

1. Llenar una botella de incubación de DBO₅ de 300 mL con agua de dilución.
2. Realizar procedimiento indicado en los pasos 1, 2, y 3 para la preparación de la muestra.

Preparación de muestra para el primer día

1. A una de las botellas de incubación conteniendo la muestra, agregar 2 mL de Sulfato de Manganeso y 2 mL de Azida, tapar de inmediato (se forma un precipitado amarillo) agitar el frasco por inversión y colocarlo quince minutos en la oscuridad.
2. Adicionar 2 mL de ácido sulfúrico concentrado por las orillas.
3. Transferir a un erlenmeyer y valorar con tiosulfato de sodio.

Preparación de muestra del quinto día

1. Dejar en reposo, la botella de incubación conteniendo la muestra en una incubadora a 20°C, en la oscuridad por cinco días.
2. Realizar procedimiento indicado en los pasos 1, 2, y 3 anteriores.

2.8 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La prueba de la DQO es usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptible de ser oxidado químicamente con una solución de dicromato en medio ácido¹³.

Muchos tipos de materia orgánica se destruyen por la mezcla en ebullición de ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra con cantidades conocidas de dicromato de potasio y de ácido sulfúrico, y el exceso de dicromato de potasio se titula con sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al dicromato de potasio que se consume.²

Material y equipo: (Ver anexo 4)

Procedimiento²

- a. Colocar 20 mL o una alícuota menor diluida a 20 mL en un frasco de reflujo de 250mL.
- b. Adicionar 0.2g HgSO_4 , y lentamente adicionar 5 mL de H_2SO_4 , dejar enfriar la muestra, adicionar perlas de vidrio.
- c. Adicionar 10mL de Dicromato de Potasio 0.25N y mezclar nuevamente.
- d. Adicionar el ácido remanente 25 mL, continuar mezclando la muestra mientras se adiciona el ácido.
- e. Colocar el condensador y asegurarse que la mezcla ha sido completa antes de aplicarle calor.
- f. Dejar reflujar por 2 horas, luego dejar enfriar y lavar la base del condensador con agua destilada.
- g. Diluir la mezcla con agua destilada doblando su volumen, enfriar a temperatura

ambiente y titular el exceso de dicromato con solución de sulfato amónico ferroso 0.1N, usando 2-3 gotas de ferroína como indicador. El punto final de la valoración es el viraje de color verde a rojo-marrón y color marrón a azul-gris.

h. Seguir el mismo procedimiento para el blanco de reactivo.

2.0 Turbidez

La turbidez, como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. La medición de la turbidez se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones¹³.

Método de análisis: Fotométrico, con Fotómetro SQ 118. MERCK. Método 113.

Equipo: Fotómetro SQ 118 (Rango de medición 10-300 UNT).

El resultado es obtenido por medición directa en el equipo

2.10 Sólidos Totales

Los sólidos en el agua se definen como el residuo que se obtiene, después de haber sometido a evaporación una muestra de agua, a ese residuo se le conoce como sólidos totales⁵.

Método: Gravimétrico

Consiste en la evaporación de una muestra de agua en una cápsula previamente tarada y luego secada en estufa a una temperatura definida¹³.

El incremento en el peso de la cápsula vacía representa el valor de sólidos totales o residuo total¹³.

Material y equipo: (Ver anexo 5)

Procedimiento³

1. Colocar una cápsula de porcelana limpia en una estufa a 105°C por una hora.
2. Sacar la cápsula de la estufa, enfriarla en desecador por 30 minutos y pesarla hasta peso constante.
3. Medir 50mL de muestra, transferirlos a la cápsula tarada
4. Llevar la muestra a sequedad en un baño de vapor
5. Secar la muestra evaporada en la cápsula en estufa por una hora a 105°C
6. Sacar la cápsula de la estufa y enfriar en un desecador por 30 minutos pesar hasta peso constante.

2.11 Sólidos sedimentables

Son los materiales que se depositan en el fondo de un recipiente, debido a la operación de su sedimentación.¹

Fundamento.

El método se basa en la propiedad que tienen los cuerpos, de asentarse en niveles progresivos de acuerdo a sus diferentes densidades.¹

Material: Cono de Sedimentación estilo I (Imhoff) aforado a un litro

Procedimiento¹

-Se mezcla cuidadosamente la muestra no filtrada a fin de asegurar una distribución homogénea de los sólidos a través de todo el cuerpo del líquido, teniéndose especial cuidado en desalojar a las partículas del ángulo formado entre el lado y la base del recipiente muestreador.

-Se llena el cono de sedimentación con la muestra hasta el aforo y se deja reposar durante 45 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se agita ligeramente el líquido cercano a las paredes del recipiente y se deja reposar durante un lapso de 45 minutos.

Interpretación de resultados. El volumen de materia sedimentable se lee directamente en el cono y se reporta como mL/L.

CAPÍTULO III
RESULTADOS

3.0 Resultados

3.1 Resultados de las condiciones óptimas de floculación del quitosano

El resultado de floculación fue determinado en la medición de los sólidos sedimentables. Los resultados se reportan en mL/L.

3.1.1 Industria Láctea

Condiciones a las cuales se sometieron las muestras	Sólidos Sedimentables (mL/L)			
	Muestras sin tratar pH inicial	Muestras tratadas a diferentes pH		
		pH = 6	pH = 7	pH = 9
T°C= 25°C Tiempo de agitación: 15 min. Veloc. de agitación: 20 rpm Concentración de Quitosano: 20 mg/L	10 (pH = 5)	250	300	250
T°C= 25°C Tiempo de agitación: 2 min. Veloc. de agitación: 150 rpm Concentración de Quitosano: 20 mg/L	10 (pH = 5)	260	300	250
T°C= 30°C Tiempo de agitación: 2 min. Veloc. de agitación: 150 rpm Concentración de Quitosano: 50 mg/L	15 (pH = 6)	300	300	250
T°C= 25°C Tiempo de agitación: 2 min. Veloc. de agitación: 150 rpm Concentración de Quitosano: 90 mg/L	10 (pH = 6.5)	325	325	300

3.1.2 Industria Farmacéutica

Condiciones a las cuales se sometieron las muestras	Sólidos Sedimentables (mL/L)			
	Muestras sin tratar pH inicial	Muestras tratadas a diferentes pH		
		pH = 6	pH= 7	pH = 9
T°C= 25°C Tiempo de agitación: 15 min. Veloc. de agitación: 20 rpm Concentración de Quitosano: 20 mg/L	15 (pH = 6.5)	275	290	275
T°C= 25°C Tiempo de agitación: 2 min. Veloc. de agitación: 150 rpm Concentración de Quitosano: 20 mg/L	15 (pH = 6.5)	250	270	240
T°C= 30°C Tiempo de agitación: 2 min. Veloc. de agitación: 150 rpm Concentración de Quitosano: 50 mg/L	15 (pH = 7.3)	300	325	310
T°C= 25°C Tiempo de agitación: 2 min. Veloc. de agitación: 150 rpm Concentración de Quitosano: 90 mg/L	10 (pH = 6.0)	325	340	310

3.2 Condiciones óptimas de floculación del quitosano

En base a los resultados obtenidos en el ensayo, las condiciones óptimas de floculación de Quitosano son las siguientes:

Temperatura : 25°C

pH : 7

Tiempo de agitación: 2 min.

Veloc. de agitación: 150 rpm

Concentración de Quitosano: 90 mg/L

Las anteriores son las condiciones a las que se someterán las muestras tratadas con Quitosano.

En el caso de Sulfato de Aluminio, las muestras se someterán a las condiciones óptimas de floculación teóricas¹⁰, las cuales se describen a continuación:

Temperatura : 25°C

pH : 7

Tiempo de agitación: 2 minutos

Velocidad de agitación: 150 rpm

Concentración de Sulfato de aluminio: 250mg/L

3.3 Tratamiento previo de las muestras para la determinación de la DBO₅, DQO, Sólidos Totales, Sólidos Sedimentables y Turbidez.

Procedimiento

1. Transferir 1000 mL de muestra sin tratar a un Beaker de 2 Litros
2. Realizar medición de pH , ajustar con hidróxido de amonio concentrado o ácido sulfúrico concentrado, hasta pH 7.
3. Determinar temperatura de la muestra, ajustar a 25 °C utilizando baño de maría.
4. Adicionar 5 mL de solución de Sulfato de Aluminio 50g/L, para obtener una concentración de 250mg/L. Adicionar 18 mL de Solución de Quitosano 5 g/L para obtener una concentración de 90mg/L.
5. Someter a agitación de 150 rpm por dos minutos.
6. Reposar por 90 minutos
7. Utilizar líquido sobrenadante para la determinación de DBO₅ , DQO, sólidos sedimentables, sólidos totales y turbidez.
8. Este procedimiento se realizó en las muestras sin tratamiento y tratadas con Quitosano y con Sulfato de aluminio.

3.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Industria Láctea

Cálculos⁶

Fórmula:

$$\text{mg/L DBO} = \frac{OD_B - (OD_1 - OD_5)}{\text{fracción de muestra diluida}}$$

Donde:

OD_B = Oxígeno disuelto del Blanco

OD₁ = Oxígeno disuelto del primer día

OD₅ = Oxígeno disuelto del 5° día

$$\text{Factor de corrección} = \frac{\text{Normalidad real Tiosulfato de Sodio}}{\text{Normalidad teórica Tiosulfato de Sodio}}$$

Cálculos a partir de la muestra 4 sin tratar, tomada de la industria láctea:

$$\text{mg/L DBO}_5 = \frac{OD_B - (OD_1 - OD_5)}{\text{fracción de muestra diluida}}$$

Datos:

$$OD_B = 13.5 \text{ mL}$$

$$OD_1 = 9.6 \text{ mL}$$

$$OD_5 = 2.4 \text{ mL}$$

$$F_c = 0.9900$$

Corrección de datos:

$$OD_B = 13.5 \text{ mL} \times 0.99 = 13.365 \text{ mL}$$

$$OD_1 = 9.6 \text{ mL} \times 0.99 = 9.504 \text{ mL}$$

$$OD_5 = 2.4 \text{ mL} \times 0.99 = 2.376 \text{ mL}$$

Cálculo de Oxígeno disuelto⁶:

OD₁ 1 mL de Na₂S₂O₃ _____ 1 mg /L

9.504 mL de Na₂S₂O₃ _____ x

$$x = 9.504 \text{ mg/L}$$

OD₅ 1 mL de Na₂S₂O₃ _____ 1 mg /L

2.376 mL de Na₂S₂O₃ _____ x

$$x = 2.376 \text{ mg/L}$$

$$\text{mg/L DBO}_5 = \frac{13.365 - (9.504 - 2.376)}{0.01} = 624 \text{ mg/L}$$

Los datos correspondientes a las demás determinaciones se presentan en los cuadros 11 y 12.

Cuadro1. Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

Industria Láctea

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	624	623	208	208	211	210
5	610	610	210	215	219	215
6	580	579	213	215	220	220
7	560	560	190	186	191	197
Promedio	594	593	205	206	210	211
Valores permisibles:60-200 mg/L Fuente: NSR 13.07.03:00						

A y B = Analistas

Cuadro 2. Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

Industria Farmacéutica

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	650	650	190	191	200	203
5	630	630	193	196	210	214
6	590	590	190	190	198	200
7	620	621	190	193	200	204
Promedio	623	623	191	193	202	205
Valores permisibles:60-200 mg/L Fuente: NSR 13.07.03:00						

A y B = Analistas

Gráfico 1

**Resultados promedios de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
Industria Láctea**

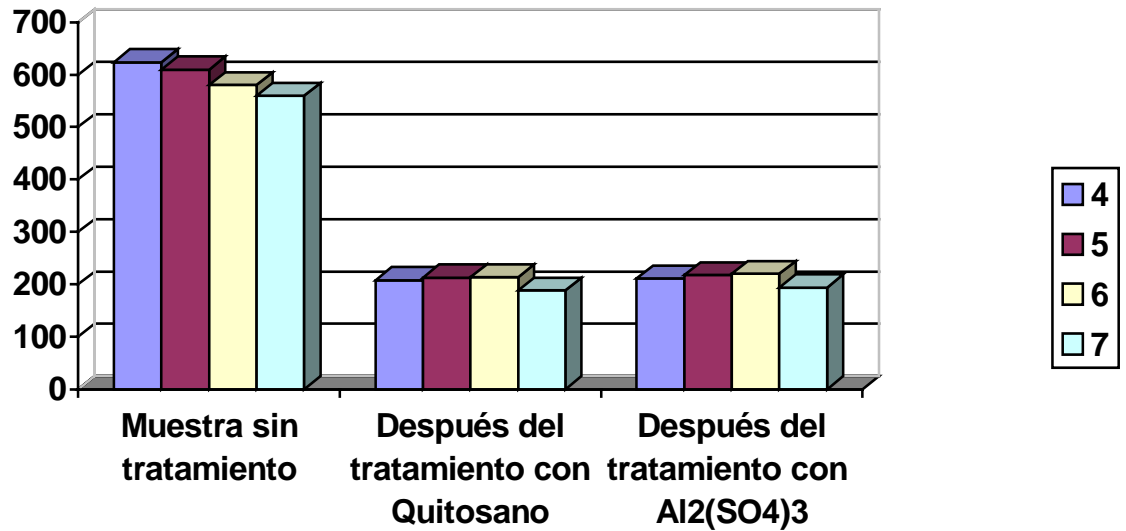
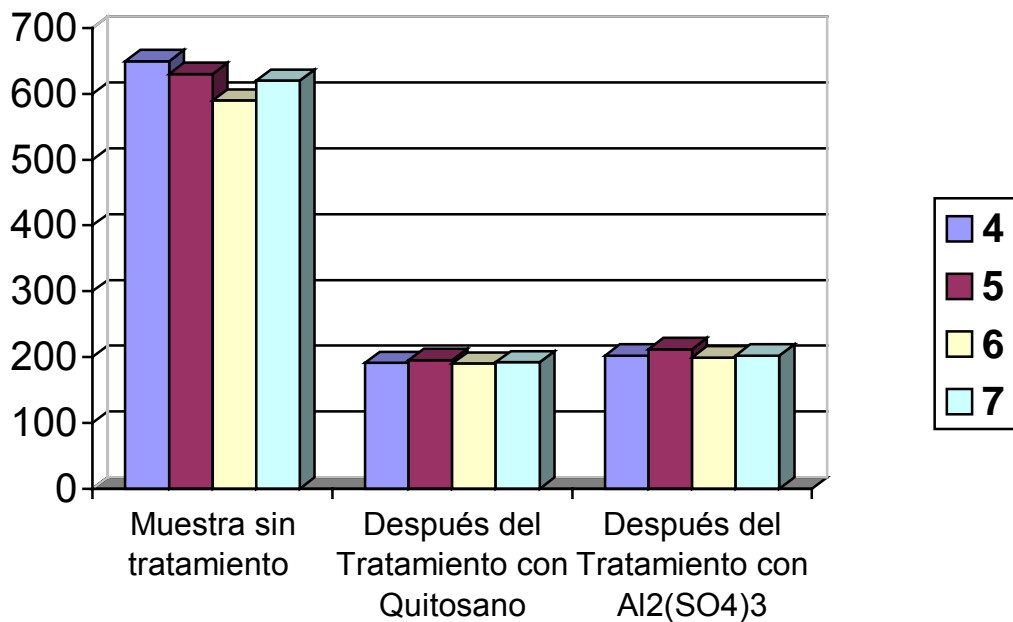


Gráfico 2

**Resultados promedios de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
Industria Farmacéutica**



3.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Industria Láctea

Cálculos²:

$$\text{mg/L DQO} = \frac{(a-b)N \times 8000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

DQO = Demanda Química de Oxígeno del dicromato

a = mL $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ usado para titular el blanco.

b = mL $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ usado para titular la muestra.

N = Normalidad de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$

Cálculos a partir de la muestra 4 sin tratar, tomada de la industria láctea

Datos:

Factor de corrección = 1.0001

a = 24.9 mL $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$

b = 24.6 mL $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$

Volumen de Muestra = 20 mL

$$\text{mg/L DQO} = \frac{(24.9 \text{ mL} - 24.6 \text{ mL}) 1.0001 \times 8000}{20 \text{ mL}} = 120 \text{ mg/L}$$

Los datos correspondientes a las demás determinaciones se presentan en los cuadros 13 y 14.

Cuadro 3. Resultados promedios de Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

Industria Láctea

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	120	120	87	89	87	88
5	160	159	106	107	108	106
6	110	110	91	93	93	97
7	200	200	105	108	108	111
Promedio	148	147	97	99	99	101
Valores permisibles: 200 - 400 mg/L Fuente: NSR 13.07.03:00						

A y B = Analistas

Cuadro 4. Resultados promedios de Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

Industria Farmacéutica

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del Tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento Con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	320	320	210	210	225	229
5	350	350	225	222	280	284
6	401	399	300	305	325	325
7	470	470	350	354	370	372
Promedio	385	385	271	273	300	303
Valores permisibles: 200 - 400 mg/L Fuente: NSR 13.07.03:00						

A y B = Analistas

Gráfico 3. Resultados promedios de Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

Industria Láctea

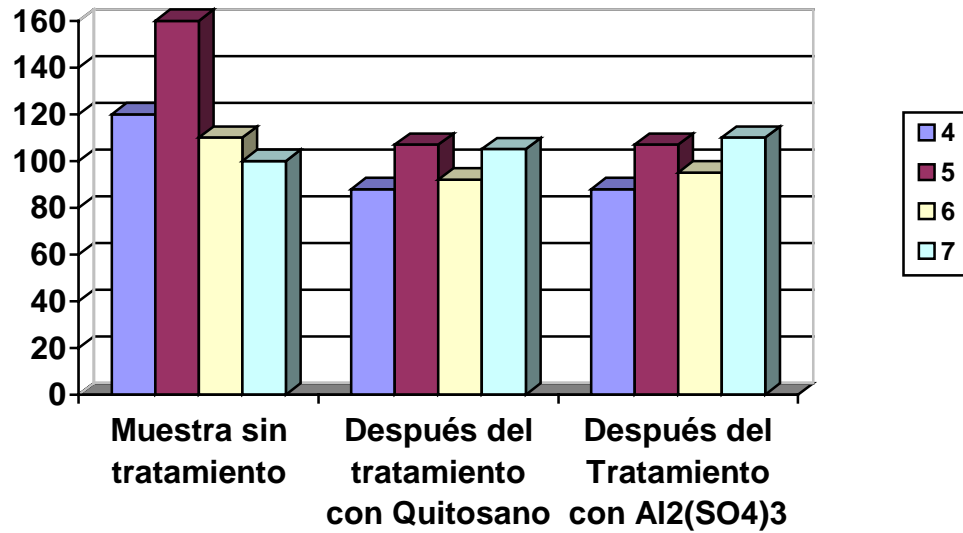
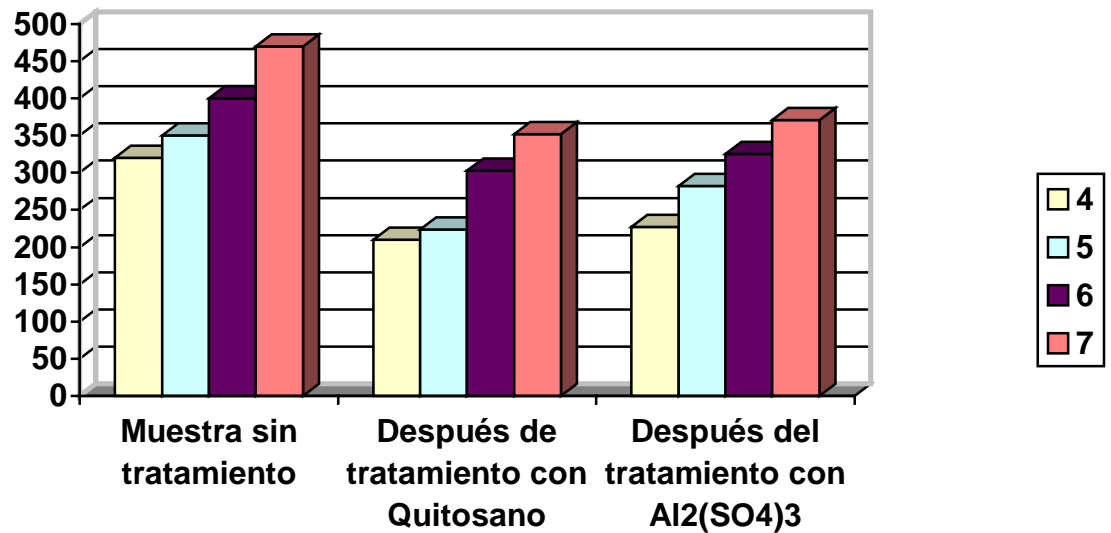


Gráfico 4. Resultados promedios de Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

Industria Farmacéutica



3.6 Turbidez

Cuadro 5. Resultados promedios de Turbidez (UNT)

Industria Láctea

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	220	220	90	91	150	152
5	230	230	105	105	183	187
6	285	285	110	112	100	100
7	250	250	106	108	125	129
Promedio	246	246	103	104	140	142

A y B = Analistas

Cuadro 6. Resultados promedios de Turbidez (UNT)

Industria Farmacéutica

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento Con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	260	260	180	180	151	152
5	197	197	95	95	99	100
6	248	248	134	137	142	145
7	224	224	101	105	139	139
Promedio	232	232	128	129	133	134

A y B = Analistas

Gráfico 5. Resultados promedios de Turbidez (UNT)

Industria Láctea

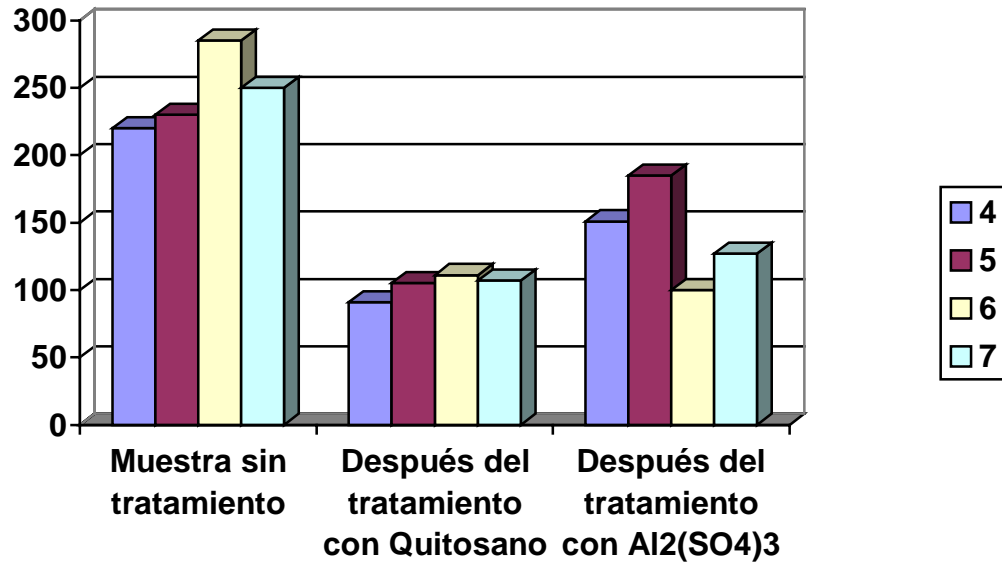
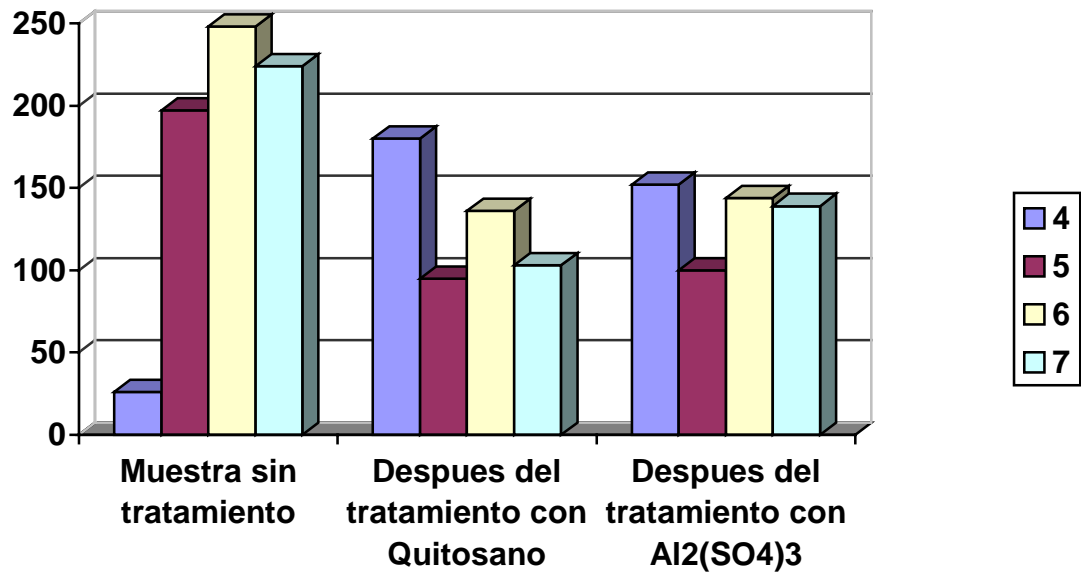


Gráfico 6. Resultados promedios de Turbidez (UNT)

Industria Farmacéutica



3.7 Sólidos Totales

Industria Láctea

Cálculos³:

$$\text{mg ST/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

donde:

ST = Sólidos Totales

A = Peso de cápsula + residuo

B = Peso de la cápsula

A-B = Peso del residuo

Cálculos a partir de la muestra 4 sin tratar, tomada de la industria láctea:

Datos:

A = 48169.8 mg

B = 48056 mg

Volumen de muestra = 50 mL

$$\text{mg ST/L} = \frac{(48169.8 \text{ mg} - 48056 \text{ mg}) \times 1000}{50 \text{ mL}} = 2276 \text{ mg/L}$$

Los resultados analíticos correspondientes a las demás determinaciones se presentan en los cuadros 15 y 16.

Gráfico 7. Resultados promedios de Sólidos Totales (mg/L)

Industria Láctea

N° Muestreo	Muestra sin Tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	2276	2276	1075	1075	1222	1226
5	2014	2014	1156	1154	1138	1138
6	4126	4126	1824	1828	1758	1758
7	2664	2664	1618	1620	1648	1650
Promedio	2770	2770	1418	1419	1442	1443

Valores permisibles: 500 – 1500 mg/L
Fuente: NSR 13.07.03.00

A y B = Analistas

Cuadro 8. Resultados promedios de Sólidos Totales (mg/L)

Industria Farmacéutica

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	4088	4088	2796	2796	2512	2512
5	3266	3266	2030	2030	2050	2046
6	2994	2994	1060	1064	1478	1474
7	4176	4176	2110	2104	2022	2022
Promedio	3631	3631	1999	1999	2016	2014

Valores permisibles: 500 – 1500 mg/L
Fuente: NSR 13.07.03.00

A y B = Analistas

Gráfico 7. Resultados promedios de Sólidos Totales (mg/L)

Industria Láctea

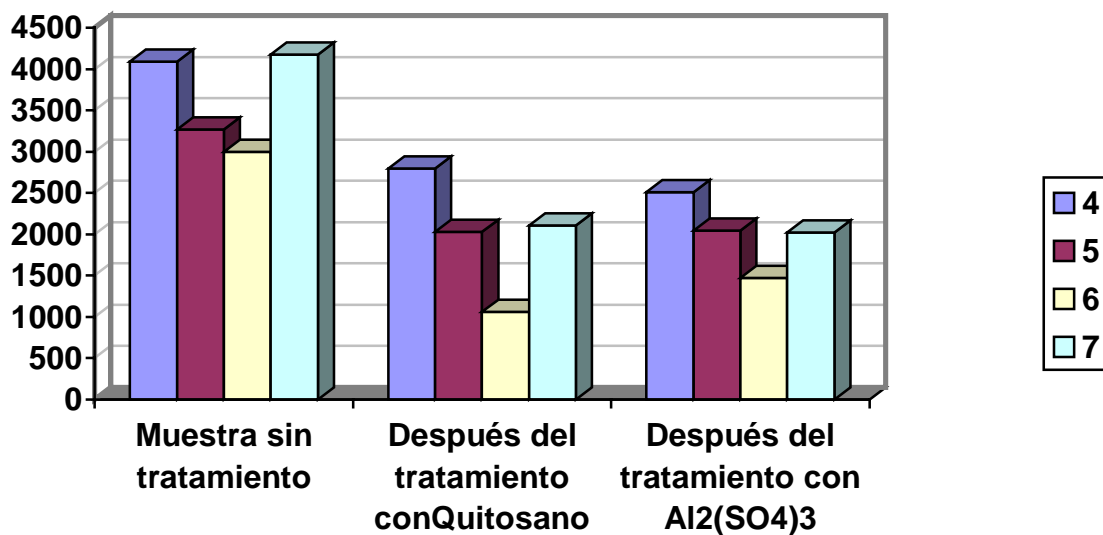
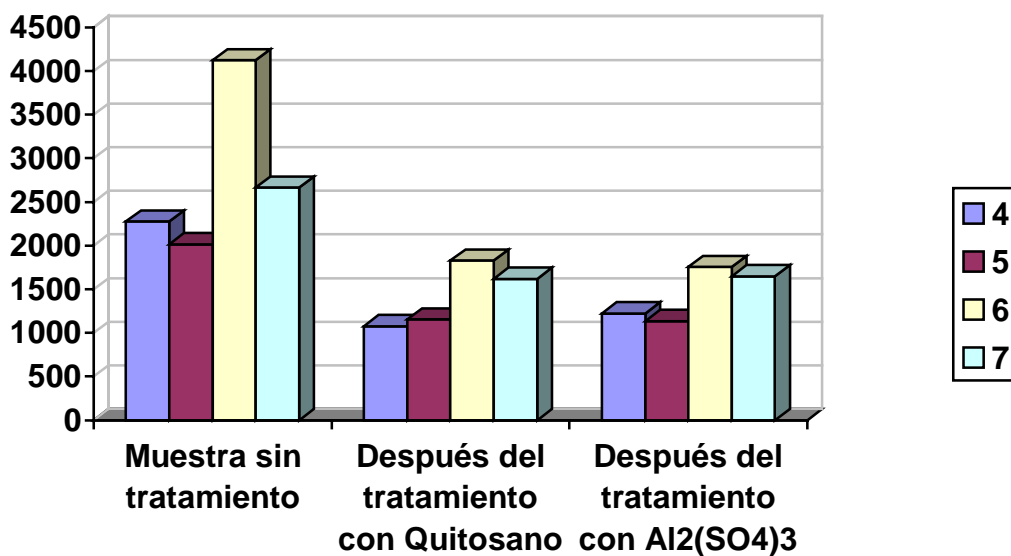


Gráfico 8. Resultados promedios de Sólidos Totales (mg/L)

Industria Farmacéutica



3.8 Sólidos Sedimentables

Cuadro 9. Resultados de Sólidos sedimentables (mL/L)

Industria Láctea

N° Muestra	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento Con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	10	10	325	325	175	171
5	10	10	300	300	200	200
6	15	15	350	348	225	222
7	10	10	325	320	100	105
Promedio	11	11	325	323	175	175

A y B = Analistas

Cuadro 10. Resultados de Sólidos sedimentables (mL/L)

Industria Farmacéutica

N° Muestreo	Muestra sin tratamiento		Después del tratamiento con Quitosano		Después del tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$	
	A	B	A	B	A	B
4	10	10	300	302	280	280
5	10	10	285	285	275	272
6	15	15	320	323	300	300
7	15	15	310	310	290	295
Promedio	13	13	304	305	286	288

A y B = Analistas

Gráfico 9. Resultados promedios de Sólidos Sedimentables (mL/L)

Industria Láctea

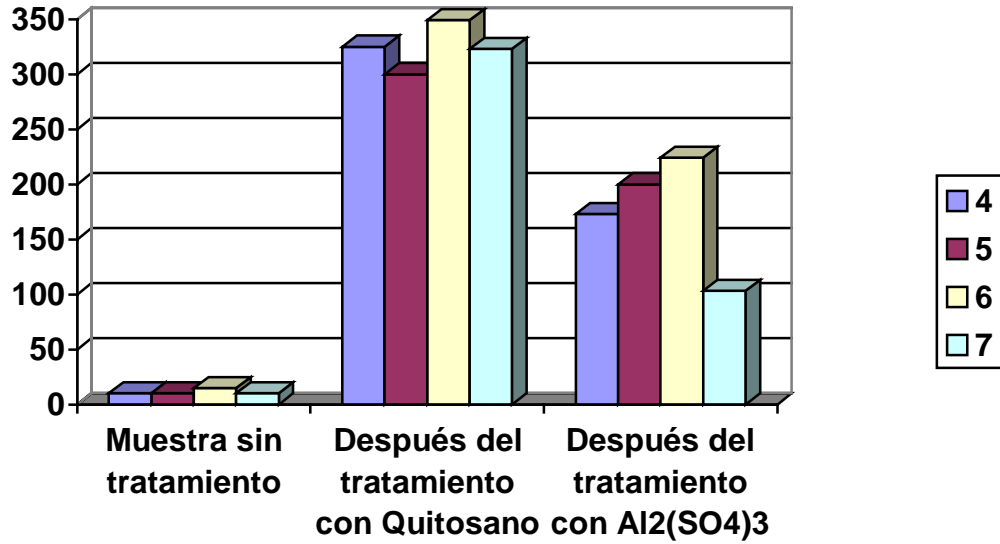
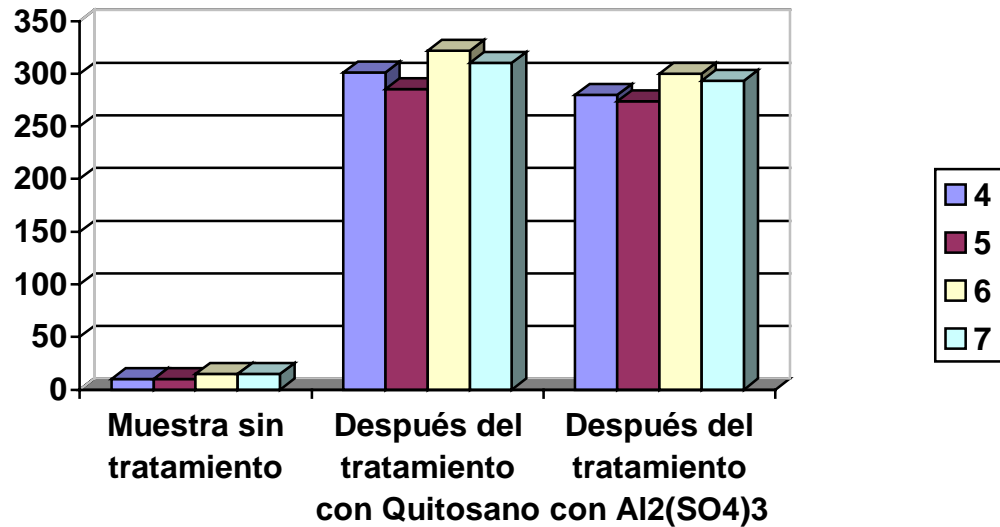


Gráfico 10. Resultados promedios de Sólidos Sedimentables (mL/L)

Industria Farmacéutica



Cuadro 11. Resultados analíticos de la DBO₅ (mL)

Industria Láctea

No de muestra	Analista	Industria Láctea					
		Muestra sin tratamiento		Muestra tratada con Quitosano		Muestra tratada con Sulfato de Aluminio	
		OD ₁	OD ₅	OD ₁	OD ₅	OD ₁	OD ₅
4	A	9.6	2.4 F=0.9900	12.9	1.4 F=1.040	12.9	1.5 F=1.005
	B	9.6	2.3 F=1.0050	12.9	1.4 F=1.040	13.0	1.6 F=1.0000
5	A	9.6	2.2 F=1.0000	13.0	1.6 F=1.0000	12.9	1.6 F=0.9955
	B	9.6	2.2 F=1.0000	13.0	1.6 F=1.0238	13.0	1.6 F=1.0238
6	A	9.7	2.0 F=1.0000	12.9	1.5 F=1.0143	12.8	1.5 F=1.0000
	B	9.8	2.1 F=0.9983	13.0	1.6 F=1.0238	12.8	1.5 F=1.0000
7	A	9.6	1.7 F=1.0000	13.0	1.4 F=1.0000	12.9	1.3 F=1.0053
	B	9.6	1.7 F=1.0000	12.9	1.2 F=1.0333	12.8	1.3 F=0.9850

OD₁ = Oxígeno disuelto del primer día

OD₅ = Oxígeno disuelto del quinto día

F = Factor de corrección

Cuadro 12. Resultados analíticos de la DBO₅ (mL)

Industria Farmacéutica

No. de muestra	Analista	Industria Farmacéutica					
		Muestra sin tratamiento		Muestra tratada con Quitosano		Muestra tratada con Sulfato de Aluminio	
		OD ₁	OD ₅	OD ₁	OD ₅	OD ₁	OD ₅
4	A	9.6	2.6 F=1.0000	12.9	1.3 F=1.0000	13.0	1.5 F=1.0000
	B	9.6	2.6 F=1.0000	12.8	1.2 F=1.0053	12.8	1.5 F=1.0150
5	A	9.7	2.5 F=1.0000	12.9	1.3 F=1.0158	12.9	1.5 F=1.0500
	B	9.7	2.5 F=1.0000	12.8	1.2 F=1.0316	12.8	1.4 F=1.0190
6	A	9.8	2.2 F=1.0000	12.9	1.3 F=1.0000	12.9	1.3 F=1.0421
	B	9.8	2.2 F=1.0000	12.9	1.3 F=1.0000	13.0	1.5 F=1.0000
7	A	9.6	2.3 F=1.0000	12.9	1.3 F=1.0000	13.0	1.5 F=1.0000
	B	9.6	2.3 F=1.0016	12.9	1.3 F=1.0158	13.0	1.5 F=1.0200

OD₁ = Oxígeno disuelto del primer día

OD₅ = Oxígeno disuelto del quinto día

F = Factor de corrección

Cuadro 13. Resultados analíticos de la Demanda Química de Oxígeno

Industria Láctea

No. de muestra	Analista	Industria Láctea					
		Muestra sin tratamiento		Muestra tratada con Quitosano		Muestra tratada con Sulfato de Aluminio	
		A	b	a	b	a	b
4	A	24.9	24.6 F=1.0001	24.9	24.7 F=1.0875	24.9	24.7 F=1.0875
	B	24.9	24.6 F=1.0001	24.9	24.7 F=1.1125	24.9	24.7 F=1.0960
5	A	24.9	24.5 F=0.9900	24.9	24.6 F=1.325	24.9	24.7 F=1.3500
	B	24.9	24.5 F=0.9937	24.9	24.6 F=1.332	24.9	24.7 F=1.3250
6	A	24.8	24.5 F=0.9166	24.8	24.6 F=1.1375	24.8	24.6 F=1.1625
	B	24.8	24.5 F=0.9166	24.8	24.6 F=1.1625	24.8	24.6 F=1.2125
7	A	24.8	24.3 F=1.0001	24.8	24.6 F=1.3125	24.8	24.6 F=1.3500
	B	24.8	24.3 F=1.0001	24.8	24.5 F=1.3125	24.8	24.6 F=1.3875

a = Volumen de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ gastados para titular el blanco (mL)

b = Volumen de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ gastados para titular la muestra (mL)

F = Factor de corrección

Cuadro 14. Resultados analíticos de la Demanda Química de Oxígeno

Industria Farmacéutica

No. de muestra	Analista	Industria Farmacéutica					
		Muestra sin tratamiento		Muestra tratada con Quitosano		Muestra tratada con Sulfato de Aluminio	
		A	b	a	b	a	b
4	A	24.9	24.1 F=1.0001	24.9	24.4 F=1.0500	24.9	24.4 F=1.1250
	B	24.9	24.1 F=1.0001	24.9	24.4 F=1.0500	24.9	24.3 F=0.9542
5	A	24.9	24.1 F=1.0937	24.9	24.4 F=1.1250	24.9	24.2 F=1.0001
	B	24.9	24.1 F=1.0937	24.9	24.4 F=1.1100	24.9	24.2 F=1.0143
6	A	24.8	24.0 F=1.0025	24.8	24.1 F=1.0714	24.8	24.0 F=1.0156
	B	24.8	24.0 F=0.9975	24.8	24.0 F=0.9531	24.8	24.0 F=1.0156
7	A	24.8	23.8 F=1.1750	24.8	24.0 F=1.0937	24.8	23.9 F=1.0278
	B	24.8	23.8 F=1.1750	24.8	23.9 F=0.9833	24.8	23.9 F=1.0330

a = Volumen de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ gastados para titular el blanco (mL)

b = Volumen de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ gastados para titular la muestra (mL)

F = Factor de corrección

Cuadro 15. Resultados analíticos de Sólidos Totales (mg)**Industria Láctea**

No. de Muestra	Analista	Muestra sin tratamiento		Muestra después del tratamiento con Quitosano		Muestra después del tratamiento con Sulfato de Aluminio	
		A*	B*	A*	B*	A*	B*
4	A	48169.8	48056.0	48223.0	48016.7	50317.0	50255.9
	B	47713.6	47599.8	51199.5	5093.2	51280.3	51219.0
5	A	58136.5	58035.8	52091.2	52033.4	47332.3	47275.4
	B	53009.4	52908.7	52660.9	52603.2	51471.7	51415.0
6	A	51975.1	51768.8	47091.0	46999.8	58213.8	58125.9
	B	48262.3	48056.0	50347.3	50255.9	51287.4	51199.5
7	A	48300.3	48167.1	51453.9	51373.0	50981.8	50899.4
	B	47733.0	47599.8	52219.7	52138.7	51192.6	51110.1

A* = Peso de la cápsula + residuo (mg)

B* = Peso de la cápsula (mg)

Cuadro 16. Resultados analíticos de Sólidos Totales (mg)**Industria Farmacéutica**

No. de Muestra	Analista	Muestra sin tratamiento		Muestra después del tratamiento con Quitosano		Muestra después del tratamiento de Sulfato de Aluminio	
		A*	B*	A*	B*	A*	B*
4	A	52400.6	52196.2	52173.2	52033.4	58161.4	58035.8
	B	48139.8	47935.4	51039.2	50899.4	47947.3	47821.7
5	A	50665.0	50501.7	48036.9	47935.4	51321.5	51219.0
	B	51752.2	51588.9	47402.3	47300.8	52241.0	52138.7
6	A	51629.8	51480.1	48220.1	48167.1	51446.9	51373.0
	B	53019.6	52869.9	48069.9	48016.7	51066.9	50993.2
7	A	48030.5	47821.7	51520.5	51415.0	50357.0	50255.9
	B	48941.9	48733.1	47105.0	46999.8	50602.8	50501.7

A* = Peso de la cápsula + residuo (mg)

B* = Peso de la cápsula (mg)

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.0 Análisis de Resultados

4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos, se procede a evaluar la diferencia entre las medias de dos grupos cuando se obtiene la información muestral de poblaciones que están relacionadas, es decir los resultados del analista A no son independientes de los del analista B¹².

Planteamiento de la Hipótesis

H₀: No existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por el analista A en relación al analista B.

H₁: Existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por el analista A en relación al analista B.

Industria Láctea

Cuadro 17. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos con Quitosano en la Industria Láctea.

Determinación de la diferencia entre los resultados de A y B (Ver cuadro 1)

Después del Tratamiento con: Quitosano			Diferencia D _i (X _{1i} - X _{2i})	Diferencia D _i (X _{1i} - X _{2i}) ²
	A	B		
4	208	208	0	0
5	210	215	-5	25
6	213	215	-2	4
7	190	186	4	16
		Σ	-3	45

A y B = Analistas

Cálculos¹²:

$$\sum_{i=1}^n D_i = -3$$

$$\sum_{i=1}^n D_i^2 = 45 \quad n = 4$$

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} = \frac{-3}{4} = -0.75$$

$$S_D^2 = \frac{\sum_{i=1}^n D_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n D_i)^2}{n}}{n - 1}$$

$$S_D^2 = \frac{45 - \frac{(-3)^2}{4}}{4 - 1} = 14.25$$

$$S_D = 3.7749$$

$$t_{n-1} = \bar{D} / S_D / \sqrt{n}$$

$$t_3 = -0.75 / 3.7749 / \sqrt{4} = -0.39736$$

$$t_{\text{tablas}} = 2.3646$$

Rechazar H_0 si $t_3 > +2.3646$

o $t_3 < -2.3646$

En vista que $-2.3646 < -0.39736 < +2.3646$, no se rechaza H_0 .

Cuadro 18. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos con Sulfato de Aluminio en la Industria Láctea.

Determinación de la diferencia entre los resultados de A y B

Después del Tratamiento con: $Al_2(SO_4)_3$			Diferencia D_i $(X_{1i} - X_{2i})$	Diferencia D_i $(X_{1i} - X_{2i})^2$
	A	B		
4	211	210	1	1
5	219	215	4	16
6	220	220	0	0
7	191	197	-6	36
Σ			-1	53

A y B = Analistas

Cálculos¹²:

$$\sum_{i=1}^n D_i = -1$$

$$\sum_{i=1}^n D_i^2 = 53 \quad n = 4$$

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} = \frac{-1}{4} = -0.25$$

$$S_D^2 = \frac{\sum_{i=1}^n D_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n D_i)^2}{n}}{n - 1}$$

$$S_D^2 = \frac{53 - \frac{(-1)^2}{4}}{4 - 1} = 17.5833 \quad S_D = 4.1932$$

$$t_{n-1} = D / S_D / \sqrt{n}$$

$$t_3 = -0.25 / 4.1932 / \sqrt{4} = -0.1192$$

$$t_{\text{tablas}} = 2.3646^{12}$$

Si se selecciona un nivel de significación de 0.05, se utilizar la distribución t con $4 + 4 - 2 = 6$ grados de libertad. Por consiguiente los valores críticos son $+ 2.3646$ y $- 2.3646$ y la regla de decisión se puede expresar en la forma siguiente:

Rechazar H_0 si $t_3 > +2.3646$

o $t_3 < -2.3646$

En vista que $- 2.3646 < -0.1192 < +2.3646$, no se rechaza H_0 .

De lo anterior, se concluye que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por los analistas A y B. Ahora debe determinarse que no

existe diferencia entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

Planteamiento de Hipótesis

H₀: No existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

H₁: Existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

Cuadro 19. Resultados obtenidos después del tratamiento con Quitosano y Sulfato de Aluminio en las muestras de la industria Láctea.

Después del Tratamiento con:		
	Quitosano	Al ₂ (SO ₄) ₃
1	208	211
2	210	219
3	213	220
4	190	191
5	208	210
6	215	215
7	215	220
8	186	197
\bar{X}	205.625	210.375

Cálculos¹²:

$$S^2_D = \frac{(X_1 - X_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S^2_P (1/n_1 + 1/n_2)}}$$

$$S^2_D = \frac{(n_1 - 1) S^2_1 + (n_2 - 1) S^2_2}{n_1 + n_2 - 2}$$

donde:

S^2_p = varianza combinada de dos grupos

X_1 = media de los resultados obtenidos con Quitosano

S^2_1 = varianza de los resultados obtenidos con Quitosano

n_1 = tamaño de la muestra

X_2 = media de los resultados obtenidos con Sulfato de aluminio

S^2_2 = varianza de los resultados obtenidos con Sulfato de aluminio

n_2 = tamaño de la muestra

$$S^2_D = \frac{(8 - 1)(11.2749)^2 + (8 - 1)(10.9275)^2}{8 + 8 - 2} = 123.2668$$

$$t_{14} = \frac{(205.625 - 210.237)}{\sqrt{123.268 (1/8 + 1/8)}} = -26.3685$$

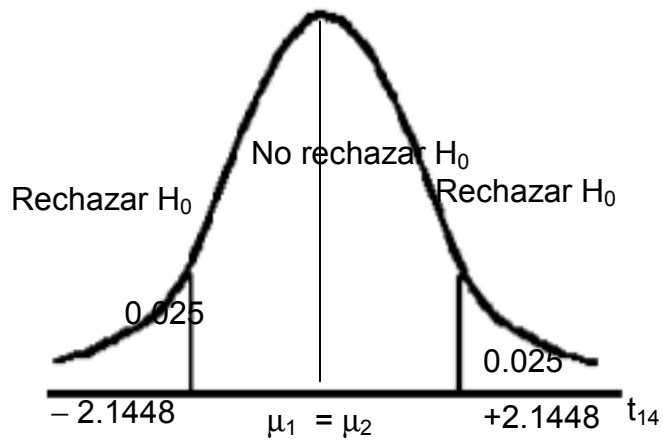
$$t_{tablas} = 2.1448^{12}$$

Si se selecciona un nivel de significación de 0.05, se utilizará la distribución t con $8 + 8 - 2 = 14$ grados de libertad. Por consiguiente los valores críticos son $+ 2.1448$ y $- 2.1448$ y la regla de decisión es¹²:

Rechazar H_0 si $t_{14} > +2.1448$

o $t_{14} > -2.1448$

En este caso H_0 se rechaza, lo cual significa que para la determinación de DBO_5 si existe diferencia entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.



4.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Cuadro 20. Valores de t obtenidos en la DQO

	Industria láctea	Industria Farmacéutica
Tratamiento con Quitosano	$t_3 = - 2.6112$	$t_3 = - 0.8115$
Tratamiento con Sulfato de Aluminio	$t_3 = - 1.1339$	$t_3 = - 2.6111$

$$t_{\text{tablas}} = 2.3646^{12}$$

Se rechaza H_0 , es decir si existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por el analista A en relación al B. Por lo tanto se evaluarán los resultados obtenidos por cada uno, para comprobar si existe o no diferencia entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

Industria Láctea:

$$t_6 = - 0.2429$$

$$t_6 = - 0.2970$$

Industria Farmacéutica:

$$t_6 = - 0.6367$$

$$t_3 = - 0.6487$$

$$t_{\text{tablas}} = 2.1448^{12}$$

Se acepta la H_0 , es decir no hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

4.3 Turbidez

Cuadro 21. Valores de t obtenidos en la Turbidez

	Industria Láctea	Industria Farmacéutica
Tratamiento con Quitosano	$t_3 = -2.6112$	$t_3 = -1.9414$
Tratamiento con Sulfato de Aluminio	$t_3 = -2.6111$	$t_3 = -1.9868$

$$t_{6\text{tablas}} = 2.3646^{12}$$

Se rechaza H_0 , es decir si existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por el analista A en relación al B en la determinación de Turbidez en las muestras de la industria láctea. Por lo tanto se evaluarán los resultados por separado.

Industria láctea

$$t_6 = -2.0119$$

$$t_6 = -2.0056$$

Industria farmacéutica

$$t_{14} = -0.4105$$

$$t_{\text{tablas}} = 2.1448^{12}$$

Se acepta la H_0 , es decir no hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

4.4 Sólidos totales

Cuadro 22. Valores de t obtenidos en Sólidos Totales

	Industria Láctea	Industria Farmacéutica
Tratamiento con Quitosano	$t_3 = -0.5941$	$t_3 = -0.4540$
Tratamiento con Sulfato de Aluminio	$t_3 = 0.1130$	$t_3 = 1.27321$

$$t_{\text{tablas}} = 2.3646^{12}$$

Se acepta H_0 , es decir no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por el analista A en relación al B.

Industria láctea

$$t_{14} = 0.5107$$

Industria farmacéutica

$$t_{14} = -0.0575$$

$$t_{\text{tablas}} = 2.1448^{12}$$

Se acepta la H_0 , es decir no hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

4.5 Sólidos sedimentables

Cuadro 23. Valores de t obtenidos en Sólidos Sedimentables

	Industria Láctea	Industria Farmacéutica
Tratamiento con Quitosano	$t_3 = 1.4812$	$t_3 = -1.6667$
Tratamiento con Sulfato de Aluminio	$t_3 = -0.3015$	$t_3 = -0.3015$

$$t_{6\text{tablas}} = 2.3646^{12}$$

Se acepta H_0 , es decir no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por el analista A en relación al B.

Industria láctea

$$t_{14} = 8.1261$$

Industria farmacéutica

$$t_{14} = 2.7856$$

$$t_{6\text{tablas}} = 2.1448^{12}$$

Se rechaza la H_0 , es decir no hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos con Quitosano y Sulfato de aluminio.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

5.0 CONCLUSIONES

1. Los resultados de los análisis realizados en las aguas residuales de la industria láctea y farmacéutica presentan un grado de contaminación que indica la necesidad de efectuar un tratamiento previo a su descarga a un cuerpo receptor, para evitar el daño ambiental que podrían causar.
2. Las condiciones de pH, temperatura, tiempo y velocidad de agitación para la floculación son las mismas para el Sulfato de Aluminio y Quitosano, difiriendo solamente en la concentración a la que cada uno es utilizado. Ambas sustancias ofrecen resultados similares como floculantes en el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea y farmacéutica.
3. La comparación entre los resultados obtenidos en las muestras analizadas y los límites permisibles establecidos por la Norma Salvadoreña en Revisión NSR 13.07:03:00, conducen a determinar que tanto el uso de Quitosano como de sulfato de aluminio no brindan la eficacia requerida para el cumplimiento de la normativa aunque si producen un agua residual con un menor grado de contaminación, lo cual es importante debido a que la floculación y posterior sedimentación es solamente una parte del tratamiento que debe darse a los vertidos industriales.
4. La concentración de uso de Quitosano es 90mg/L, mientras que Sulfato de aluminio se usa a 250mg/L generándose mayores costos en el uso de este último ya que su precio es más elevado oscilando entre los 400-500colones los 500 gramos en relación al precio de Quitosano (40-50 colones).

CAPÍTULO VI
RECOMENDACIONES

6.0 RECOMENDACIONES

1. Implementar dentro de las empresas láctea y farmacéutica, el uso de Quitosano como tratamiento primario a las aguas residuales para contribuir a mantener el medio ambiente sano considerando que dicho tratamiento es solamente una etapa del proceso al cual se deben someter las aguas residuales con la finalidad de desechar un agua con los valores establecidos por la normativa salvadoreña.
2. El Quitosano presenta grandes ventajas como la abundancia con que puede encontrarse en la naturaleza ya que se obtiene a partir de la quitina, la cual es considerada desecho por la industria camaronera, siendo importante debido a que disminuye su costo, por lo tanto se recomienda su uso como floculante en el tratamiento de aguas residuales.
3. Establecer una planta destinada a la recolección y tratamiento de la Quitina para la obtención del Quitosano y de esta manera facilitar la adquisición del mismo a las empresas interesadas en la utilización de este floculante.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Public Health Association Americanorks Association and Water Pollution Control Feredation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 13th Edition, Washington, 1973.
2. AOAC, Métodos de Análisis de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos, 20° Edición, Washington, 1975, pág. 610-611.
4. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Procedimientos Simplificados de Análisis Químico de Aguas Residuales, Perú, 1995.
5. Díaz, Guillermo. "Caracterización de Quitina y Quitosano obtenidos a partir de exoesqueletos de camarón", 2002, pág. 9.
6. Falcón, César. Manual de tratamiento de aguas residuales, Décimo tercera edición, Editorial LIMUSA, México, 1995, Pág. 43.
7. Flores, Laura Josefina y otros. "Diagnóstico Ambiental de Granjas Pecuarias en la Zona de Flor Amarilla del Distrito de Riego y Drenaje de Zapotitán", 2001, Anexo 6 pág. 45-46.
8. Harris, Daniel C. Análisis Químico Cuantitativo, 3° Edición , México, Grupo Editorial Iberoamérica, 1992, Pág. 403, 404, 564.
9. Kirk, E. Raymond. Enciclopedia de Tecnología Química, 1° Edición, Editorial Hispanoamericana, México, 1961, Pág. 576, 577.
10. Levine, David. Estadística Básica en Administración. 4° Edición, Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1992, Pág. 402-412.
11. M., Peter G. Advan. Chitin, Vol. 4, University of Potsdam, 2000.

11. Philadelphia College of Pharmacy and Science, Remington's Pharmaceutical Sciences, 15° Edición, Pennsylvania, 1975, pág 718.
12. Soler, Jaume Canela. Manual de Bioestadística, 2° Edición, Editorial MASSON, Barcelona, 2001, pág. 112-113.
13. Tchobanoglous, George. Tratamiento de Aguas residuales en pequeñas poblaciones, 1° Edición, Editorial McGraw-Hill Interamericana, Colombia, 2000, pág. 33, 48. 57, 241.
14. www.catie.ac.cr/postgrado/cursos/muestreo2002.htm

ANEXOS

ANEXO 1

PROGRAMACIÓN DE MUESTREOS

No. de muestreo	Fechas (Año 2002)	
	Industria Láctea	Industria farmacéutica
Muestreos correspondientes al ensayo		
1	8 de Junio	12 de Junio
2	15 de Junio	29 de Junio
3	27 de Junio	29 de Junio
Muestreos correspondientes al análisis comparativo entre Quitosano y Sulfato de Aluminio		
4	11 de Junio	11 de Julio
5	17 de Julio	25 de Julio
6	7 de Agosto	7 de Agosto
7	12 de Agosto	12 de Agosto

ANEXO 2

Parámetros sobre los valores permisibles para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES
DBO ₅ a 20°C (Aguas industriales)	Mg/L	60-200
DQO (Aguas industriales)	Mg/L	200-400
Sólidos totales	Mg/L	500-1500

Fuente: "Aguas. Aguas Residuales Descargadas a un cuerpo receptor"

Norma Salvadoreña en revisión NSR 13.07.03:00 (CONACYT).

ANEXO 3

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Material y equipo

Botellas de incubación de DBO₅ de 300 mL

Bureta de 50 mL

Pipetas volumétricas de 1 mL, 2 mL, 3 mL y 5 mL

Soporte y pinza para bureta

Erlenmeyers de 250 mL

Beakers de 10 mL y 100 mL

Reactivos

Buffer fosfato

Solución de Sulfato de Magnesio

Solución de Cloruro de Calcio

Solución de Cloruro Férrico

Ácido Sulfúrico concentrado

Tiosulfato de sodio 0.025 N

Solución de Azida

Solución de Almidón

ANEXO 4

Demanda Química de Oxígeno

Material

Pipetas volumétricas de 5 mL, 10 mL, 20 mL y 25 mL

Erlenmeyers de 250 mL

Bureta de 50 mL

Soporte y pinza para bureta

Aparato de reflujo

Reactivos

Sulfato de Mercurio

Ácido Sulfúrico concentrado

Dicromato de Potasio 0.250N

Sulfato amónico ferroso 0.1N

Ferroína

ANEXO 5

Sólidos Totales

Material y equipo

Cápsulas de porcelana

Balanza analítica

Estufa

Sólidos Sedimentables

Material

Cono de Sedimentación estilo I (Imhoff) aforado a un litro

ANEXO 6

GLOSARIO

- Agua residual. Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original⁵.
- Coagulación. La aglomeración de materia suspendida, coloidal o finamente dividida, por la adición al líquido de un coagulante químico apropiado, por un proceso biológico o por otros medios⁵.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). La cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, en un tiempo y a una temperatura especificadas¹³.
- Efluente. Aguas negras, agua o cualquier otro líquido, parcial o totalmente tratado, o en su estado natural, como puede ser el caso de la corriente de salida de un depósito, estanque o planta de tratamiento o de alguna sección de ella¹³.
- Efluente crudo. Agua residual cuya composición depende de la fuente de la cual se origina ya sea de origen comercial, doméstico, institucional o industrial que es vertido directamente a la red de alcantarillado sin recibir ningún tipo de tratamiento para ser desechado¹³.
- Sedimentación. Es la operación por medio de la cual, las partículas sólidas suspendidas en un líquido, se asientan debido a la fuerza de la gravedad⁷.