

# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



## Extracción y purificación de quitina de saltamontes

Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

Víctor Hugo Zamudio Domínguez

Que presenta para obtener el título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Asesor:

QFB. Fernando Daniel Bedolla Flores

Uriangato, Gto.

Noviembre 2023

# **“Extracción y purificación de quitina de saltamontes”**

Elaborada por:

**Víctor Hugo Zamudio Domínguez**

Aprobado por.....

QFB. Fernando Daniel Bedolla Flores  
Docente de la carrera de Ingeniería de Ingeniería Ambiental  
Asesor de la Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Revisado por.....

M.I. Alfredo Torres Martínez  
Docente de la carrera de Ingeniería de Ingeniería Ambiental  
Revisor de la Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Revisado por.....

Q. Brenda Huichapa Rocha  
Docente de la carrera de Ingeniería de Ingeniería Ambiental  
Revisor de la Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional



### LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 25/ Octubre/2023

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

M.C. José Gabriel Aguilera González  
Director Académico  
ITSUR  
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Nombre de estudiante y/o egresado(a): Víctor Hugo Zamudio Domínguez       |                            |
| Carrera: Ing. Ambiental   | Núm. de control: C17120510 |
| Nombre del proyecto: Extracción y purificación de quitina de saltamontes. |                            |
| Producto: Tesis Profesional   |                            |

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

**ATENTAMENTE**

Edgar Guadalupe Blanco Díaz  
Jefe de División de Ingeniería Ambiental  
ITSUR

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

|                                     |                              |                          |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
|                                     |                              |                          |
| QFB. Fernando Daniel Bedolla Flores | M.I. Alfredo Torres Martínez | Q. Brenda Huichapa Rocha |

c.c.p.- Expediente



Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
COORDINACIÓN  
INGENIERÍA AMBIENTAL

Julio 2017

# Índice general

## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| Capítulo 1 .....                                   | 1  |
| Introducción. ....                                 | 1  |
| Capítulo 2 .....                                   | 2  |
| Marco teórico (Antecedentes). ....                 | 2  |
| 2.1 Distribución del chapulín en México .....      | 2  |
| 2.2 Los chapulines en el estado de Guanajuato..... | 3  |
| 2.3 Importancia económica de la plaga .....        | 5  |
| 2.4 Taxonomía del chapulín. ....                   | 6  |
| 2.5 Morfología .....                               | 7  |
| 2.6 Bromatología del chapulín.....                 | 9  |
| 2.7 Ciclo biológico .....                          | 10 |
| 2.8 Entomofagia .....                              | 11 |
| 2.9 Quitina.....                                   | 12 |
| 2.10 Espectroscopia infrarroja.....                | 16 |
| 2.11 Grado de acetilación.....                     | 20 |
| 2.12 Liofilización.....                            | 20 |
| Capítulo 3 .....                                   | 23 |
| Planteamiento del problema .....                   | 23 |
| 3.1 Identificación. ....                           | 23 |
| 3.2 Justificación.....                             | 23 |
| 3.3 Alcance.....                                   | 23 |

|  |    |
|--|----|
| Capítulo 4 .....   | 24 |
| Objetivos .....  | 24 |
| 4.1 Objetivos generales.....   | 24 |
| 4.2 Objetivos específicos.....   | 24 |
| Capítulo 5 .....   | 25 |
| Metodología .....  | 25 |
| 5.1 Recolección de chapulines.....   | 25 |
| 5.2 Preparación de chapulines para la muestra .....                            | 27 |
| 5.3 Método de extracción de quitina.....                                       | 28 |
| 5.4 Valoración de muestras de quitina mediante espectroscopia infrarroja ..... | 36 |
| 5.5 Prueba de jarras utilizando quitina como floculante .....                  | 37 |
| Capítulo 6 .....   | 41 |
| Resultados .....   | 41 |
| 6.1 Espectro infrarrojo de quitina caliente .....                              | 41 |
| 6.2 Espectro infrarrojo de quitina fría .....                                  | 42 |
| 6.3 Comparación de espectros infrarrojos de ambas muestras .....               | 43 |
| 6.4 Comparación de quitina caliente y fría en base de datos .....              | 44 |
| 6.5 Resultado de prueba de jarras para quitina como floculante .....           | 45 |
| Capítulo 7 .....   | 47 |
| Análisis de Resultados.....  | 47 |
| 7.1 Espectroscopia infrarroja de quitina .....                                 | 47 |
| 7. 2 Prueba de quitina como floculante en aguas residuales .....               | 52 |
| Capítulo 8 .....   | 55 |
| 8.1 Conclusiones y trabajo a futuro.....                                       | 55 |
| 8.2 Referencias bibliográficas .....   | 57 |

|                  |    |
|------------------|----|
| 8.3 Anexos ..... | 60 |
|------------------|----|

## Índice de figuras

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1. Morfología de las diferentes fases del ciclo de vida del chapulín. a. huevecillos, b. Ninfas. c. Macho adulto. d. Hembra adulta ..... | 8   |
| Figura 2. Ciclo biológico del chapulín (Orthoptera:Acrididae) .....   | 11  |
| Figura 3. Estructura de quitina .....   | 12  |
| Figura 4. Reacción de desmineralización química .....   | 14  |
| Figura 5. Regiones del espectro infrarrojo .....  | 19  |
| Figura 6. Ecuación de grado de acetilación .....  | 20  |
| Figura 7. Etapas de la liofilización .....  | 22  |
| Figura 8. Diagrama de fases del agua .....  | 22  |
| Figura 9. Áreas verdes del ITSUR.....   | 26  |
| Figura 10. Chapulines recolectados .....  | 26  |
| Figura 11. Incubadura ECOSHEL Mod 9025 .....  | 27  |
| Figura 12. Chapulines secos y molidos.....  | 11  |
| Figura 13. Elaboración de soluciones de ácido clorhídrico 1 M.....  | 129 |
| Figura 14. Muestra caliente .....   | 16  |
| Figura 15. Pesaje de harina de chapulín de muestra caliente.....  | 20  |
| Figura 16. Solución de ácido clorhídrico y muestra caliente .....   | 20  |
| Figura 17. Filtración de solución de ácido clorhídrico y muestra caliente.....  | 31  |
| Figura 18. Pesaje de hidróxido de sodio .....   | 323 |
| Figura 19. Montaje del sistema de filtración.....   | 23  |
| Figura 20. Valoración de pH.....  | 23  |
| Figura 21. Muestras de quitina en incubadora. ....  | 23  |

|   |    |
|---|----|
| Figura 22. Molienda de quitina .....  | 35 |
| Figura 23. Quitina fría y caliente.....   | 24 |
| Figura 24. Espectrofotómetro FITR.....  | 24 |
| Figura 25. Mortero de Ágata.....  | 24 |
| Figura 26. Prueba de jarras en parrilla eléctrica.....  | 25 |
| Figura 27. Espectro infrarrojo muestra quitina caliente .....   | 41 |
| Figura 28. Espectro infrarrojo muestra quitina fría .....   | 42 |
| Figura 29. Comparación de espectros de quitina caliente con quitina fría .....  | 43 |
| Figura 30. Quitina fría en base de datos del software .....   | 44 |
| Figura 31. Quitina caliente en base de datos del software .....   | 44 |
| Figura 32. Experimento uno. a. Sulfato de aluminio [20 g/L], b. Quitina [20 g/L]... 45  |    |
| Figura 33. Experimento 2. a. Quitina [24 g/L] con muestra sin filtrar (BSF), b. Quitina [24 g/L] con muestra filtrada (BF)..... | 46 |
| Figura 34. Rango de 1000-1200 cm <sup>-1</sup> . a. quitina fría, b. quitina caliente .....                                     | 41 |
| Figura 35. Rango de 1500-2000 cm <sup>-1</sup> . a. quitina fría, b. quitina caliente .....                                     | 47 |
| Figura 36. Rango de 2000 a 3500 cm <sup>-1</sup> . a. quitina fría, b. quitina caliente .....                                   | 50 |
| Figura 37. Comparación de 5 ml de quitina con 5 ml de sulfato de aluminio .....   | 53 |
| Figura 38. Comparación de quitina (24 g/L) a lado del sulfato de aluminio (20 g/L) .....  | 53 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Especies de Acridoidea del Estado de Guanajuato.....  | 4  |
| Tabla 2. Taxonomía del chapulín .....  | 7  |
| Tabla 3. Contenido nutrimental .....   | 10 |
| Tabla 4. Parámetros 1er experimento de quitina como floculante.....                                  | 38 |
| Tabla 5. Parámetros del segundo experimento.....   | 40 |
| Tabla 6. Referencia de bandas relevantes del espectro EITF-RTA de muestra de quitina comercial ..... | 51 |



**Título de la tesis:**

Extracción y purificación de quitina de saltamontes

**Resumen**

México es un país biodiverso, pues existen innumerables especies de insectos, animales y plantas que afectan directamente al ecosistema. El saltamontes o chapulín, es conocido por ser un insecto que rico proteínas y fibra, además de poseer un polisacárido llamado quitina, este último es el responsable de la dureza de los exoesqueletos de algunos insectos y crustáceos, además de ser utilizado en procesos industriales como emulsificante en bebidas y floculantes en el tratamiento de aguas residuales.

Por lo anterior antes mencionado, este trabajo pretende sentar las bases de un proceso de extracción y purificación de quitina, que sea eficaz y practico, así como también, puntos de partida para la aplicación de la quitina en un proceso de floculación-coagulación en el tratamiento de aguas residuales.

Se realizaron pruebas a la quitina como floculante, siendo los resultados poco informativos, puesto que no se posee el equipo necesario para poder realizar pruebas más específicas y medir parámetros más relevantes como lo es la turbidez.

**Palabras claves**

Chapulines, quitina, método, floculante, extracción, eficaz.

**Abstract:**

Mexico is a biodiverse country, as there are countless species of insects, animals and plants that directly affect the ecosystem. The grasshopper or grasshopper is known for being an insect rich in protein and fiber, in addition to having a polysaccharide called chitin, the latter is responsible for the hardness of the exoskeletons of some insects and crustaceans, in addition to being used in industrial processes such as emulsifier in beverages and flocculants in wastewater treatment.

Due to the aforementioned, this work aims to lay the foundations for a chitin extraction and purification process that is effective and practical, as well as starting points for the application of chitin in a flocculation-coagulation process in the sewage treatment.

Tests were carried out on chitin as a flocculant, the results being uninformative, since the necessary equipment is not available to carry out more specific tests and measure more relevant parameters such as turbidity.

**Keywords**

Grasshoppers, chitin, method, flocculant, extraction, effective.

## **Capítulo 1**

### **Introducción.**

En México, existen innumerables plagas que afectan económicamente y socialmente diferentes tipos flora, fauna, cultivos, huertos, etc., puesto que las plagas atacan directamente causando daños significativos y muchas de las veces irreversibles.

Existe una plaga endémica que es la del chapulín o también conocido como saltamontes, que afecta de forma directa en los rendimientos y calidad de los cultivos de las principales zonas productoras de Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis potosí, Aguascalientes, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Tlaxcala y Guanajuato. Esta plaga se alimenta de hojas, tallos, granos básicos, leguminosas, hortalizas, frutales entre otros.

Ante esta problemática se han tomado diferentes acciones de mitigación, una de ellas es la implementación de campañas para reducir la infestación del chapulín y otra es la “Entomofagia”, que se le conoce a si a la ingesta de insectos como alimento para los humanos. Los chapulines son insectos altamente ricos en proteínas y otro tipo de compuestos orgánicos con propiedades específicas, en estos, cabe resaltar la quitina.

La quitina, es un polisacárido encontrado en diferentes especies de crustáceos, insectos y hongos, que se utiliza en diversos sectores por lo cual se han creado, innovado y replicado diferentes métodos de extracción y purificación de quitina.

Existen métodos enzimáticos y métodos químicos para la extracción de quitina, siendo los métodos químicos la forma más usada por la simplicidad y efectividad del mismo método, es por lo cual, el presente proyecto tiene la finalidad de llevar a cabo un método químico eficaz para la extracción y purificación de quitina de los chapulines.

## **Capítulo 2**

### **Marco teórico (Antecedentes).**

#### **2.1 Distribución del chapulín en México**

En México se han realizado diversos trabajos sobre listados faunísticos de chapulines, destacan los de Hebard (1932), Otte (1981, 1984), y Pfadt (1994) que señalan la descripción y distribución de chapulines en Estados Unidos y México; en los trabajos de Márquez-Mayaudón (1954, 1965, 1968) se determinan las especies de acrídidos de Puebla y Guerrero, y la composición de las especies de acrídidos, fásmidos, tetigónidos y grillos del Pedregal de San Angel; Descamps (1974) estudia los acrídidos del estado de Veracruz; Rivera (1986) llevó a cabo un estudio faunístico de los Acridoidea de Mapimí, Dgo.; Delgado et al. (2000) realizaron un análisis taxonómico de las diferentes especies de ortópteros, incluyendo a los acrídidos del área natural protegida Sierra Fría del estado de Aguascalientes, y Anaya-Rosales et al. (2000) elaboraron un manual para el diagnóstico de la especies de chapulines del estado de Tlaxcala y los estados circundantes.

La distribución del chapulín a lo largo de grandes extensiones territoriales puede ser predecible en base a los cambios climáticos. Los periodos cálidos y secos son los más favorables para la ocurrencia de brotes de un gran número de acrídidos (Lockwood, 1993). En un estudio realizado por Hewitt (1979) se encontró que ninfas de *Melanoplus sanguinipes* y *Amphitornus coloradus* comenzaron a eclosionar cuando la temperatura del suelo (1 cm debajo de la superficie) se encontró por encima de 15.6 °C, de igual forma se observó que estas dos especies inician su actividad cuando la temperatura (5 cm arriba del suelo) es de 13-16 °C, y comienzan su alimentación cuando la misma es al menos de 21 °C.

Los chapulines se distribuyen a lo largo del territorio nacional; principalmente se encuentran los géneros *Melanoplus sp*, *Sphenarium sp*, *Taeniopoda sp.*, y *Brachystola sp.*, los cuales se logran adaptar fácilmente a distintas condiciones del

medio, variando desde los climas fríos del Altiplano Mexicano, las zonas cálido-tropicales de Aguascalientes, Jalisco, Michoacán y Sinaloa; hasta llegar a los climas semiáridos de Baja California, Chihuahua, Durango y Zacatecas (Fontana et al., 2008).

## **2.2 Los chapulines en el estado de Guanajuato**

Un estudio taxonómico realizado en 2001, se llevó a cabo en los diferentes municipios del estado de Guanajuato, localizado en la región central de México, entre 19° 55' 08" y 21° 52' 09" latitud Norte y 99° 36' 06" y 102° 05' 07" longitud Oeste. Presenta una altura promedio de 1,800 metros sobre el nivel del mar. El estado tiene una precipitación promedio anual de 680 mm y una temperatura media de 18 °C.

El acopio de muestras, se realizaron en diferentes áreas representativas del estado, que corresponden a la región árida de los municipios del Norte, las serranías y la región del Bajío en los municipios del centro, y la zona más húmeda que corresponde a los municipios del Sur.

La recolecta realizada se llevó a cabo en 25 de los municipios del estado (54.4% del total), los cuales se enlistan enseguida: Irapuato, Valle de Santiago, Santiago Maravatío, Cd. Manuel Doblado, San Francisco del Rincón, Huanímaro, Abasolo, Apaseo el Alto, Dr. Mora, Silao, Juventino Rosas, Salvatierra, Acámbaro, Pénjamo, Atarjea, Jerécuaro, Salamanca, León, Comonfort, Yuriria, Purísima del Rincón, Tarimoro, Coroneo, Tarandacua, y Ocampo, dando como resultado la siguiente lista de especies de Acridoidea el Estado de Guanajuato (Salas-Araiza, M. D, 2003).

**Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).**

Tabla 1. Especies de Acridoidea del Estado de Guanajuato

| FAMILIA                                 | SUBFAMILIA                                      | ESPECIES<br>(**=nuevo registro para el estado) |
|---|---|--|
| Acrididae                               | Melanoplinae                                    | <i>Hesperotettix viridis</i> (Thomas)          |
|   |   | ** <i>Melanoplus lakinus</i> (Scudder)         |
|   |   | <i>Melanoplus differentialis</i> (Thomas)      |
|   |   | <i>Dactylotum</i> spp                          |
|   |   | <i>Achurum sumichrasti</i> (Saussure)          |
|   | Gomphocerinae                                   | <i>Amblytropidia mysteca</i> (Saussure)        |
|   |   | ** <i>Ligurotettix planum</i> (Bruner)         |
|   |   | <i>Boopedon diabolicum</i> Bruner              |
|   |   | <i>Boopedon flaviventris</i> (Bruner)          |
|   |   | ** <i>Boopedon gracile</i> Rehn                |
|   |   | <i>Dichromorpha viridis</i> (Scudder)          |
|   |   | <i>Psoloessa texana</i> Scudder                |
|   |   | <i>Syrbula montezuma</i> (Saussure)            |
|   |   | <i>Syrbula admirabilis</i> (Uhler)             |
|   |   | <i>Phlibostroma quadrimaculatum</i> (Thomas)   |
|   |   | <i>Aulocara ellioti</i> (Thomas)               |
|   |   | <i>Rhammatocerus viatorius</i> (Saussure)      |
|   |   | ** <i>Orphulella pelidna</i> (Burmeister)      |
|   | Oedipodinae                                     | <i>Arphia conspersa</i> Scudder                |
|   |   | ** <i>Arphia simplex</i> Scudder               |
| <i>Xanthippus corallipes</i> (Haldeman) |   |  |
| <i>Lactista aztecus</i> (Saussure)      |   |  |
| <i>Trachyrhachys aspera</i> Scudder     |   |  |
| ** <i>Spharagemon equale</i> (Say)      |   |  |
| <i>Leprus elephas</i> Saussure          |   |  |
| ** <i>Leprus intermedius</i> Saussure   |   |  |
| Acridinae                               | <i>Trimerotropis pallidipennis</i> (Burmeister) |  |
|   | <i>Trimerotropis</i> spp                        |  |
|   | ** <i>Trimerotropis latifasciata</i> Scudder    |  |
| Cyrtacanthacridinae                     | <i>Schistocerca damnifica</i> (Saussure)        |  |
|   | <i>Schistocerca nitens nitens</i> (Thunberg)    |  |
| Pyrgomorphidae                          | Pyrgomorphinae                                  | <i>Sphenarium purpurascens</i> (Charpentier)   |
| Romaleidae                              | Romaleinae                                      | <i>Chromacris</i> spp                          |
|   |   | ** <i>Romalea guttata</i> (Houttuyn)           |
|   |   | <i>Taeniopoda eques</i> (Burmeister)           |
|   |   | <i>Brachystola magna</i> (Girard)              |
|   |   | <i>Paratettix rugosus</i> (Scudder)            |
| Tetrigidae                              | Tetriginae                                      | <i>Paratettix mexicanus</i> (Saussure)         |

### **2.3 Importancia económica de la plaga**

El orden Orthoptera ha llegado a tomar gran importancia agrícola en México, debido a que se ha convertido en una plaga que provoca pérdidas económicas entre el 20 y 30 % de la producción cuando no se realizan acciones de control (SAGARPA, 2012). Los largos periodos de escasez de lluvia han provocado que plagas que no tenían esta importancia pierdan su posición equilibrada dando origen a una plaga de alto potencial que pone en riesgo la agricultura y ganadería (García & Lozano, 2011), afectando cultivos de la familia de las gramíneas, leguminosas, cucurbitáceas y frutales (García & Lozano, 2011; SAGARPA, 2012).

Entre las especies que han llegado a tener gran importancia económica destacan: *Sphenarium purpurascens*, *Sphenarium mexicanum*, *Melanoplus* spp., *Taeniopoda eques* y *Brachystola magna*, afectando en el Altiplano y Norte una superficie territorial de 300,000 ha aproximadamente (Fontana et al., 2008) La Dirección de Sanidad Vegetal de México dio a conocer que los estados más afectados por plaga de Chapulín son: Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Estado de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Michoacán, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas; y los cultivos que presentan más daños son: calabaza, cebada, frijol, maíz y sorgo, ya que las ninfas y adultos se llegan a alimentar principalmente de sus tallos, hojas y frutos (Fontana et al., 2008). Los acridoideos presentan en su grupo diversos miembros considerados plagas, que junto con los mamíferos son considerados los herbívoros con mayor importancia en pastizales de zonas templadas, en las cuales se produce la mayor cantidad de alimentos para el hombre (Gangwere et al., 1997).

El chapulín cuando se encuentra en estado de ninfa y adulto causa severos daños, llegando a consumir casi la mitad de su peso corporal de forraje verde en un día, lo que equivale a 250 miligramos diarios, es decir que 10 chapulines/m<sup>2</sup> en una hectárea. Se llegan a abastecer con 25 kg, cantidad que equivale al consumo que realiza una vaca en un día (García Gutiérrez et al., 2006; Chaírez-Hernández et al, 2008); con esto se reduce de forma considerable el valor del forraje de los pastizales

provocando una disminución en el peso del ganado (Barrientos-Lozano & Amlaguer-Sierra, 2009).

Lockwood et al. (1993) reportan que cuando se presenta una población densa de *Melanoplus differentialis* se puede llegar a destruir en tres o cuatro días un cultivo de plantas jóvenes de maíz. Por otro lado, Belovsky et al. (2000) mencionan que al haber densidades bajas de chapulines (8 ejemplares/m<sup>2</sup>) se pueden causar daños considerables en el forraje (superior al 70%).

#### **2.4 Taxonomía del chapulín.**

El registro que se tiene sobre los organismos del orden Orthoptera data de más de doscientos millones de años. Los *Gryllidae* aparecen a fines del periodo Triásico, los *Tettigoniidae* en el Jurásico y los *Acrididae* en el Terciario, en este último se encuentran los chapulines. Actualmente se conocen más de veinte mil especies de las cuales se han descrito alrededor de seiscientas en México, encontrándose distribuidas en regiones cálidas principalmente (Rivera, 2004).

Dentro del orden Orthoptera se encuentra el suborden Ensifera en el cual los chapulines se caracterizan por tener antenas más largas que el cuerpo, el ovipositor bien desarrollado y con forma de sable, a comparación con el suborden Caelifera en el cual se encuentran chapulines con antenas más cortas a comparación del cuerpo y con el ovipositor robusto y corto. (Marino Pérez, 2011)

La taxonomía del chapulín (también conocido como saltamontes) se presenta en la Tabla 2, incluyendo los géneros de las especies más comunes y con mayor importancia en México como son: *Melanoplus spp.*, *Brachystola magna*, *Sphenarium purpurascens*, *Sphenarium mexicanus*, *Taeniopoda eques*, y algunas especies de *Chromacris versicolor*, localizadas en el Altiplano y Norte del país, en donde llegan a infestar hasta una superficie de 300,000 ha aproximadamente, donde los cultivos de maíz, frijol, pastizales y hortalizas predominan principalmente (SAGARPA,2012).



Tabla 2. Taxonomía del chapulín

|                 |   |
|-----------------|---|
|                 |   |
| <b>Clase</b>    | Insecta   |
| <b>Orden</b>    | Orthoptera  |
| <b>Suborden</b> | Caelifera/Ensifera  |
| <b>Familia</b>  | Acrididae   |
| <b>Géneros</b>  | <i>Melanoplus</i> , <i>Brachystola</i> , <i>Sphenaium</i> ,<br><i>Taenipoda</i> , <i>Chromacris</i> |

## **2.5 Morfología**

Los chapulines presentan tres fases de desarrollo: huevo, ninfa y adulto (Figura 1)

### *Huevos*

Los chapulines pasan la temporada de invierno en estado de huevo presentando diapausa (Anaya et al., 2000). Las hembras adultas depositan de seis a ocho masas de huevecillos denominados “ooteca”, cada una contiene de veinte a cuarenta huevos aproximadamente unidos entre sí. Morfológicamente son alargados y ovalados (6 mm x 1,5 mm), de coloración crema al ser recién ovipositados tornándose a pardo brillante durante su desarrollo (Figura 1a), microscópicamente se observan con una cubierta formada por cavidades hexagonales (Carruthers et al., 1997).

### *Ninfas*

Se les conoce como ninfas a los chapulines que aún no se han convertido en adultos, son de tamaño menor y carecen de alas. Presentan de cinco a siete estadios (según la especie) durante el cual crecen de  $5 \pm 1$  mm a  $18 \pm 1.2$  mm, cambian de coloración de pardo a un color más definido, las antenas pasan de ser cortas y gruesas a largas y delgadas pasando de tener 8 a 14 artejos y presentando ojos globulosos grandes y de color negro (Figura 1b) (Carruthers et al., 1997).

*Adultos*

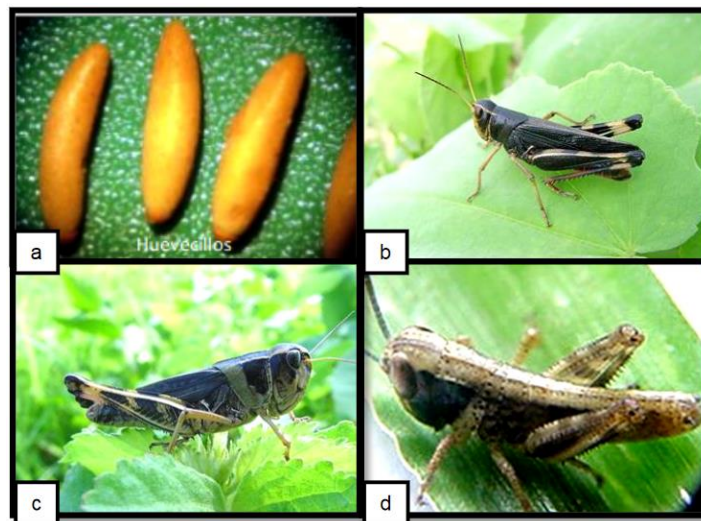
Los adultos del chapulín presentan dimorfismo sexual, con dos pares de alas, y según el sexo se aprecian distintas características. (Rivera, 2004).

*Machos*

Son más delgados que las hembras, midiendo  $2.5 \pm 0.5$  cm de largo por  $0.7 \pm 0.7$  cm en su parte más ancha; presentan ojos prominentes en relación al tamaño de la cabeza que es de forma triangular. Se observan con patas robustas y con antenas más alargadas que las hembras, constando de 14 artejos, (Figura 1c) (Carruthers et al., 1997).

*Hembras*

Las hembras se logran distinguir con mayor facilidad tanto por su tamaño y coloración. Miden  $3 \pm 0.5$  cm de largo por  $0.8 \pm 0.09$  cm en su parte más ancha presentando coloración más notoria, a excepción de cuando han ovipositado ya que sufren cambio de tonalidad. La cabeza es más ancha que larga, con antenas más cortas que en el macho y ojos más pequeños (Figura 1d) (Carruthers et al., 1997).



*Figura 1. Morfología de las diferentes fases del ciclo de vida del chapulín. a. huevecillos, b. Ninfas. c. Macho adulto. d. Hembra adulta*

## **2.6 Bromatología del chapulín**

Las plagas de Ortópteros en cultivos agrícolas de México afectan a miles de familias a lo largo y ancho del país, en algunas regiones se ha retomado la enseñanza ancestral de incluir muchos de estos insectos en la dieta humana, como es el caso del chapulín y la langosta, sin embargo, en estados como Yucatán aún no se ha promovido entre la población la utilización de esta plaga como un recurso alimenticio a gran escala. En Yucatán se han identificado cuatro especies de insectos que en algunas ciudades como Mérida se les puede encontrar en la cocina gastronómica, sin embargo, su auge para consumo humano en esta zona del país aún no es tan fructífero como en otras regiones. Los chapulines *Sphenarium purpurascens* Ch, *Sphenarium histrio* y *Melanoplus mexicanus* S. así como la langosta *Schistocerca paranensis* B. son insectos que en diferentes regiones del país están incluidos en la dieta alimenticia, sin embargo, en Yucatán algunos de estos organismos están presentes en las listas de los insectos más peligrosos para los cultivos agrícolas la cual encabeza la langosta *Schistocerca* spp (García y Lozano, 2011).

El objetivo de una investigación realizada en Yucatán, fue efectuar un análisis proximal de macronutrientes a cuatro especies de ortópteros para demostrar su elevado aporte nutricional en la dieta humana. Se recolectó una muestra de 250 gramos de cada especie en su estadio adulto, para el análisis de los nutrientes. Las muestras fueron transportadas a la Ciudad de México al laboratorio de Bromatología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, donde se corroboraron las especies con la ayuda de claves taxonómicas (Morón y Terrón, 1998).

Los resultados obtenidos en laboratorio (Tabla 3), muestran que las cuatro especies de insectos analizados cuentan con una elevada concentración de proteínas, las cuales son indispensables para una buena nutrición en la dieta humana. Los cuatro insectos tuvieron presencia de minerales muy similar entre sí, los lípidos se encuentran en una concentración baja y la fibra presenta un contenido moderado.

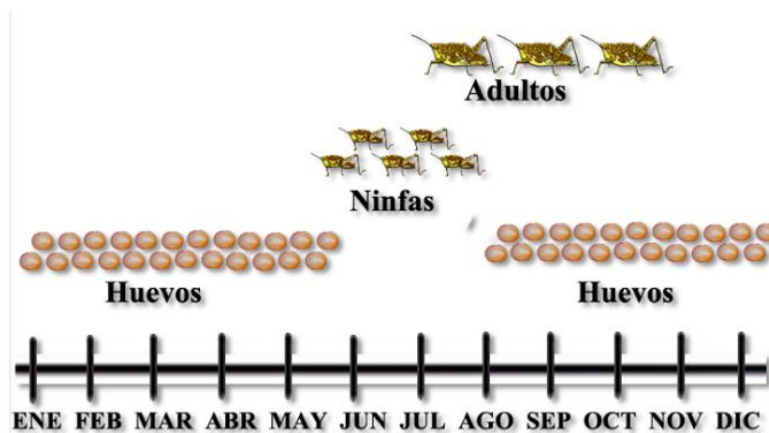
Tabla 3. Contenido nutrimental

| Alimento  | <i>Sphenarium purpurascens</i> Ch. | <i>Sphenarium histrio</i> | <i>Melanoplus mexicanus</i> | <i>Schistocerca paranensis</i> B. |
|-----------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Proteína  | 71.25                              | 75.83                     | 73.40                       | 70.92                             |
| Minerales | 3.5                                | 4.19                      | 4.20                        | 3.45                              |
| Lípidos   | 6.72                               | 5.75                      | 5.63                        | 7.25                              |
| Fibra     | 8.25                               | 9.16                      | 9.17                        | 9.16                              |
| E.L.N     | 10.28                              | 5.07                      | 7.6                         | 9.22                              |

Humedad de las muestras: *S. purpurascens* Ch. 51.44%, *S. histrio* 57.04%, *M. mexicanus* 59.82%, *S. paranensis* B.43.19% E.L.N.=Extracto Libre de Nitrógeno. N. Kjeldahl X 6.25 = Nitrógeno proteico

## 2.7 Ciclo biológico

El ciclo biológico del chapulín es anual (Figura 2) pero en condiciones de laboratorio llega a durar como mínimo doscientos treinta días y como máximo trescientos cincuenta días. El apareamiento ocurre en los meses de agosto y septiembre con una duración máxima de siete horas, y la oviposición ocurre cuatro a cinco días después a las orillas de las parcelas, caminos, zanjas, etc., incubándose en el suelo a una profundidad de 1.5 a 5 cm y a una temperatura de 30 °C durante un periodo de ocho a nueve meses. En la región centro-norte de México la eclosión de los huevecillos ocurre en un periodo de quince a veinte días después de iniciar la temporada de lluvias (mayo-junio) (Uribe- González & Santiago-Basilio, 2012). Las ninfas presentan de cinco a siete estados ninfales equivalentes a un periodo de cuarenta a sesenta días, hasta llegar a convertirse en adultos que tardan alrededor de veinte a veinticinco días en madurar sexualmente e iniciar su reproducción a finales del mes de julio y durante el mes de agosto; en diversas ocasiones se puede apreciar gran parte de acrídidos en estado adulto entre los meses de septiembre y diciembre (univoltinos) y otras casi todo el año (añopolivoltinos). Los adultos y ninfas se alimentan de maleza de hoja ancha y cuando la terminan invaden cultivos en los meses de julio a septiembre (Fontana et al., 2008), en general viven tres meses al encontrarse en estado adulto, pero las especies del género *Brachystola* llegan a sobrevivir hasta cinco meses (Barrientos-Lozano, 2003).



*Figura 2. Ciclo biológico del chapulín (Orthoptera:Acrididae)*

## **2.8 Entomofagia**

Comer insectos (entomofagia) es común, actual y significativo en nuestras culturas. Es tan importante, que México ocupa el primer lugar en especies comestibles en el planeta, con poco más de la cuarta parte de las aproximadamente 2,000 especies que son consumidas en todo el mundo (Ramos-Elorduy, 2015). En particular cuando se habla de consumir chapulines se utiliza comúnmente el término específico de “acridofagia” y es una actividad que se ha popularizado en épocas recientes. Se piensa que los chapulines son una especialidad de la comida regional de Oaxaca, por lo general para acompañar al mezcal, y que solamente la población local o los turistas aventurados se arriesgan a comerlos. Sin embargo, el consumo del chapulín es muy antiguo, ya que data de tiempos prehispánicos; esto se sabe porque varios códices y diversas inscripciones de pirámides demuestran que los antiguos mexicanos se alimentaban de ellos y hasta la fecha es posible encontrar leyendas que hablan de estas importantes conexiones (Moreno-Calles, A. I. 2022).

El chapulín no es solamente un alimento delicioso, sino que también es una importante fuente de proteínas, que constituyen entre el 70 y el 77% de su contenido, en comparación con el 50 - 57% de la carne, según detalla la Universidad Autónoma del Estado de México. Son ricos en quitina y una fuente de vitaminas B1 y B12 que benefician a los sistemas digestivos y nervioso (Gonzales, 2009).

## 2.9 Quitina

La quitina es la sustancia orgánica más abundante en la naturaleza después de la celulosa, es un biopolímero lineal (Figura 3), altamente insoluble en agua (Sastoque Cala L, 2007)

Otras propiedades relevantes de este biopolímero son su alto peso molecular y su estructura porosa favoreciendo una elevada absorción de agua (Ramírez Miguel Á, Rodríguez Aida T, Alfonso Luis, y Peniche Carlos. 2010).

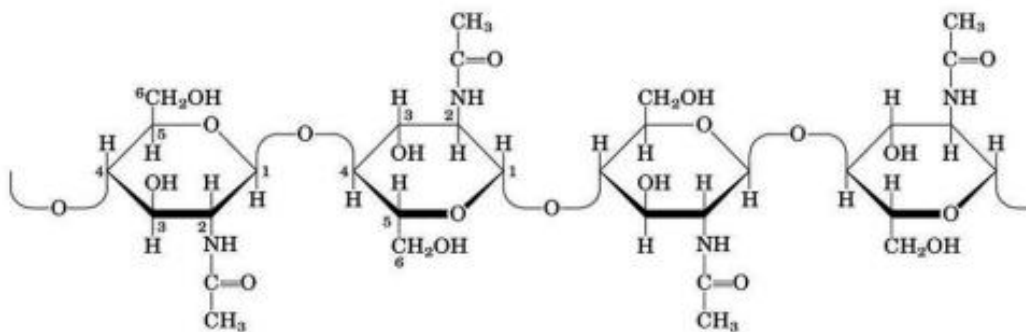


Figura 3. Estructura de quitina

La quitina y se encuentra principalmente en un gran número de organismos como los crustáceos, hongos, arácnidos e insectos (Elieh-Ali-Komi y Hamblin, 2016).

Según la fuente de obtención, se han encontrado tres tipos de formas polimórficas llamadas  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ -quitina (Lavall y cols.,2007). La principal diferencia entre ellas, radica en el arreglo de las cadenas en la región cristalina. La  $\alpha$ -quitina presenta un arreglo antiparalelo y es la forma de mayor abundancia (Chapulines).

La  $\beta$ -quitina corresponde a un arreglo paralelo de las cadenas de la quitina y se presenta en pluma de calamar. Por último, la estructura de la  $\gamma$ -quitina no ha sido completamente identificada, pero se ha puesto un arreglo de dos cadenas paralelas en un sentido y siguiente en sentido opuesto. Cabe destacar, la insolubilidad de la quitina en medios ácidos, alcalinos y en la mayoría de los solventes orgánicos,

debido a los fuertes enlaces de hidrogeno que presenta entre sus cadenas (Flores y cols., 2007).

### *2.9.1 Asociaciones de quitina*

La quitina se encuentra unida a proteínas en los exoesqueletos de insectos y crustáceos. Además de estos compuestos orgánicos la quitina viene acompañada por sales orgánicas. Por lo que la obtención de quitina, se realiza después de someter los chapulines a una etapa de desproteínización en medio alcalino y desmineralización en medio ácido.

#### *Asociación quitina-proteína*

Evidencia experimental sugiere que la unidad repetitiva de la quitina interacciona con  $\alpha$ -amino ácidos, especialmente tirosina, péptidos, y proteína cuticular, que dan como resultados la formación de complejos estables, pero disociables cambios de pH (Taranathan y cols., 2003). Esta interacción depende de la materia prima. Agullo y cols., (2004) publicaron una revisión en donde se reconoce e identifican dichas interacciones

- En agua pH 7 durante 48 h, se extraen proteínas solubles no ligadas.
- En hidróxido de sodio 0.01 M, durante 5h, se remueven las proteínas ligadas electroestáticamente.
- En hidróxido de sodio 1 M entre 50 y 60 °C durante 5 h, se separan las proteínas unidas por enlaces covalentes. En este grupo corresponden las proteínas más fuertemente ligadas

#### *Asociación quitina-sales*

La dureza de los exoesqueletos de los chapulines se debe a las sales inorgánicas asociadas al polímero de la quitina. El contenido de estas sales es variable; depende de la consistencia de las especies que las contienen. El proceso de

desmineralización emplea soluciones de ácidos, el HCl es el más frecuentemente usado (Agullo y cols., 2004)

### 2.9.2 Proceso químico de desproteinización de quitina

Para separar la proteína presente en la matriz de la quitina, los chapulines son tratados usualmente con soluciones diluidas de hidróxido de sodio (1-10%) a temperaturas entre 65 y 100 °C por tiempos de residencia entre 1-72 h (cho y col., 1999)

El tratamiento alcalino prolongado, bajo condiciones severas causa la despolimerización, desacetilación y modificaciones indeseables en las proteínas.

### 2.9.3 Proceso químico de desmineralización de quitina

La remoción del carbonato de calcio, principalmente, de los chapulines se realiza habitualmente con soluciones de HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH y HCOOH, pero se prefiere al HCl a diferentes temperaturas (0-100 °C). La concentración de la solución de ácido clorhídrico (0.275-2 M) y el tiempo de residencia (1-48 h) varían de acuerdo con la materia prima, por lo cual se reporta una amplia variedad de condiciones en diferentes estudios (Mikkelsen y col., 1997; Percot y col., 2003).

Es importante que la cantidad de ácido sea igual o ligeramente superior a la cantidad estequiométrica necesaria para asegurar completamente la reacción.

Desde un punto de vista químico, la desmineralización con ácidos se logra a través de la siguiente reacción:



Figura 4. Reacción de desmineralización química



### *2.9.4 Aplicaciones de la quitina*

Las aplicaciones de la quitina son muy amplias, existiendo sectores en los que su utilización es habitual y conocida, y otros en los que constituye actualmente una interesante vía de investigación. A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones de estos biopolímeros.

1. **Industria de alimentos y bebidas:** En la industria alimentaria la quitina tiene usos como aditivo en los alimentos (espesantes, gelificantes y emulsificantes), como recubrimientos protectores comestibles y en procesos industriales como la recuperación de proteína de desechos de ovoproductos para alimentación animal, como clarificadores en industrias de bebidas (agua, vino, zumo de manzana y zanahoria) sin afectar el color (Knorr Dietrich, 1991).
2. **Tratamiento de aguas:** Es una de las áreas de mayor importancia ya que la quitina es ambientalmente amigable, entre los principales usos en esta área se tiene: como coagulante primario para aguas residuales de alta turbidez y alta alcalinidad; como floculante para remoción de partículas coloidales sólidas y aceites, y para la captura de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas (Lárez, C. 2006).
3. **En la agricultura:** La quitina y sus derivados son efectivos en el control de enfermedades y plagas vegetales. Sus mecanismos de acción están vinculados a su estructura química. Pueden actuar sobre el organismo patógeno, o inducir mecanismos defensivos en las plantas, contra varias enfermedades vegetales antes y después de la cosecha. La adición de quitina y sus derivados al suelo, favorece el crecimiento y la actividad de muchos organismos quitinolíticos, por un efecto sinérgico. Estos constituyen controles biológicos y enemigos naturales de muchos agentes causales de enfermedades y plagas vegetales. Además, favorecen el crecimiento y desarrollo de microorganismos beneficiosos que establecen relaciones simbióticas con las plantas, tales como las micorrizas o especies del género

Rhizobium. A su vez, incrementan la población y la actividad microbiana en el suelo, lo que mejora la disposición de nutrientes y sus propiedades. Como reguladores del crecimiento, aceleran la germinación de las semillas, el vigor de las plantas, y el rendimiento agrícola. Por tanto, por su gran potencial de aplicación en la agricultura, se augura que se utilizarán con una mayor extensión, principalmente como sustitutos de los actuales plaguicidas químicos o como reguladores del crecimiento de las plantas (Ramírez Miguel Á, Rodríguez Aida T, Alfonso Luis, y Peniche Carlos. 2010).

#### *2.9.5 Composición química de la quitina.*

Se establecen las características fisicoquímicas de la quitina según lo descrito en la USP 30 del 2007, que determina, a través del espectro infrarrojo y la valoración potenciométrica, el grado de acetilación.

### **2.10 Espectroscopia infrarroja**

La espectroscopía infrarroja tiene casi 125 años de existencia. El primer espectro de vibraciones moleculares fue observado en 1881 por Abney y Festing quienes prepararon emulsiones fotográficas sensibles al infrarrojo cercano y fotografiaron el espectro de absorción de 48 líquidos orgánicos (B. Schrader, 1995). Los espectrómetros infrarrojos son una de las herramientas más importantes para observar espectros vibracionales. Las características más relevantes de esta espectroscopía son las siguientes:

1. Si dos moléculas están constituidas por átomos distintos, o tienen distinta distribución isotópica, o configuración, o se encuentran en ambientes distintos, los espectros infrarrojos serán distintos.
2. Una sustancia definida puede identificarse por su espectro infrarrojo. Estos espectros pueden ser considerados como las huellas digitales de dicha sustancia.

3. Los espectros muestran bandas que son típicas de grupos funcionales particulares y que tienen localizaciones e intensidades específicas dentro de los espectros infrarrojos
4. A partir de los espectros se pueden inferir las estructuras moleculares. Para ello se requiere un modelo en el cual basar los cálculos.
5. Las intensidades en las bandas del espectro de una mezcla, son generalmente proporcionales a las concentraciones de las componentes individuales. Por lo tanto, es posible determinar la concentración de una sustancia y realizar análisis de muestras con varias componentes.
6. Es posible, mediante el uso de dispositivos experimentales adecuados, obtener espectros infrarrojos sin alteración de la muestra, lo que constituye a esta espectroscopía como una herramienta de análisis no destructiva.
7. El tiempo necesario para obtener y almacenar un espectro infrarrojo es del orden de minutos.

#### *2.10.1 Regiones de los grupos funcionales*

- La región de  $4000-2500\text{ cm}^{-1}$

Las bandas que aparecen en esta región se encuentran relacionadas con enlaces de estiramiento de O-H, C-H y N-H.

El agua es un compuesto presente en la mayoría de alimentos, por lo tanto, si la muestra tiene residuos, se presentará una banda ancha alrededor de  $3500-2800\text{ cm}^{-1}$  (Cortez, P. M. M. 2020).

- La región de  $2500-2000\text{ cm}^{-1}$

A menudo en esta región en un espectro no aparecen bandas, y en caso, de que llegaran a aparecer tienen una apariencia muy débil, y frecuentemente no son relevantes para la interpretación de un espectro. Por lo tanto, se recomienda hacer énfasis en la interpretación de otras bandas del espectro.

En caso, de aparecer tales bandas, estas tienen su origen en enlaces triples, por ejemplo,  $C\equiv C$ ,  $C\equiv O$  o  $C\equiv N$  (Cortez, P. M. M. 2020).

- La región de 2000-1500  $cm^{-1}$

En esta región, también llamada de los dobles enlaces, principalmente aparecen los enlaces de vibración  $C=C$  y  $C=O$ . La banda asociada con el enlace  $C=O$  es intensa y aparece, y dependiendo del compuesto, entre 1830 y 1650  $cm^{-1}$ , por ejemplo, en esta región se encuentra el grupo carbonilo  $C=O$ . En las proteínas, el grupo amida ( $C=O$ ) aparece alrededor de 1650  $cm^{-1}$ . El enlace  $C=N$  suele aparecer en esta región, pero a menudo la banda no es muy intensa. (Cortez, P. M. M. 2020).

- La región de la huella digital 1500-600  $cm^{-1}$

La región de huella digital en muchos espectros es muy importante, ya que permite su identificación en forma rápida y clara. Por ejemplo, en la familia de los carbohidratos aparece un pico muy alto entre los 1100 y 1000  $cm^{-1}$ , el cual cambia de posición en función del tipo específico de carbohidrato ensayado (Cortez, P. M. M. 2020).

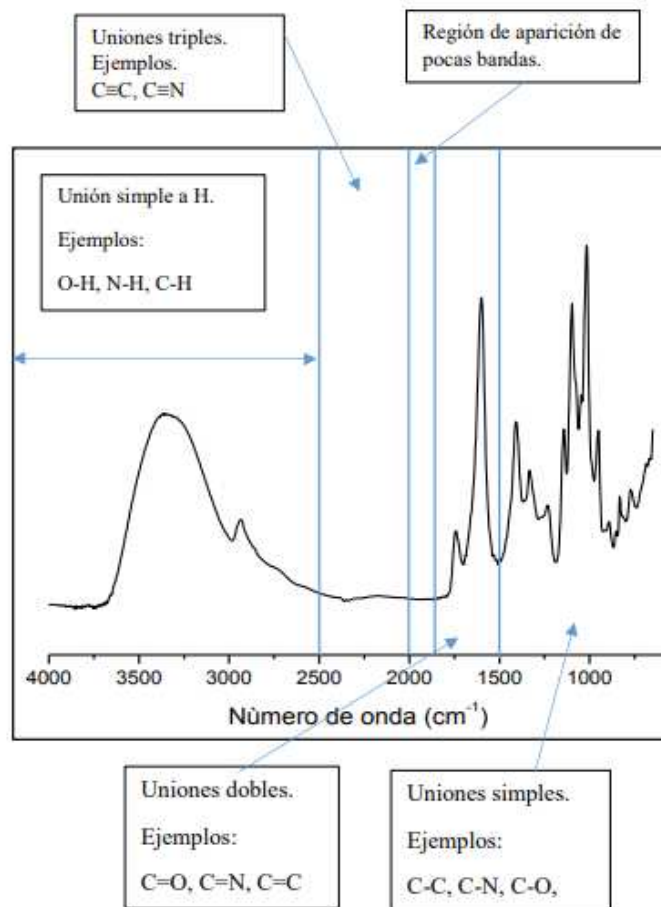


Figura 5. Regiones del espectro infrarrojo

### 2.10.2 Espectro infrarrojo de quitina

Se utiliza para identificar estructuralmente, la quitina y su grado de acetilación, siguiendo la técnica sugerida por Brugnerotto et al. (2001), en un intervalo de frecuencia de 650 - 4400cm<sup>-1</sup>. Se determinaron las absorbancias a 1655cm<sup>-1</sup>, como medida del contenido del grupo N- acetilo, y 3450cm<sup>-1</sup>, correspondiente a una señal del grupo hidroxilo.

### **2.11 Grado de acetilación.**

El método consiste en correlacionar las intensidades de absorbancia de dos bandas determinadas: una tomada como testigo o referencia y, la otra, obtenida experimentalmente; se aplica el método descrito por Domszy & Roberts (1985). Para la determinación del grado de acetilación por espectroscopia de infrarrojo, donde relacionan las absorbancias obtenidas a las bandas de 1655cm<sup>-1</sup> para la amida I y 3450cm<sup>-1</sup>, para grupos hidroxilos, descritos en la figura 6:

$$\text{Grado de acetilación (DA)} = \left( \frac{A_{1655 \text{ cm}^{-1}}}{A_{3450 \text{ cm}^{-1}}} \right) * \left( \frac{100}{1.33} \right)$$

*Figura 6. Ecuación de grado de acetilación*

### **2.12 Liofilización**

Es un proceso de conservación mediante sublimación utilizado con el fin de reducir las pérdidas de los componentes volátiles o termo-sensibles. Es el más noble proceso de conservación de productos biológico conocido, porque aúna los dos métodos más fiables de conservación, la congelación y la deshidratación. Sin conservantes o productos químicos, es el proceso más adecuado para preservar células, enzimas, vacunas, virus, levaduras, sueros, derivados sanguíneos, algas, así como frutas, vegetales, carnes, peces y alimentos en general. En este proceso de secado los productos obtenidos no se ven alterados en sus propiedades y se rehidratan fácilmente. (J. de D. Alvarado 1979; Krokida 1998; J. de D. Alvarado 1996; J. S. Ramírez y J. Cañizares 2003).

La liofilización no altera la estructura físico-química del material, pero permite su conservación indefinida sin cadena de frío, con menos del 15% de humedad y alta estabilidad microbiológica. A diferencia de lo que ocurre en el secado por calor, con la liofilización en alimento el encogimiento es mínimo, el aspecto, la textura, el sabor

y el aroma no se pierden, se intensifican y se mantienen las características nutricionales (Charm, 1981).

### *2.12.1 Aplicaciones de la liofilización*

La mayor aplicación de la liofilización está en el campo farmacéutico (comprimidos, tejidos, plasma, sueros y otros productos biológicos), en la industria química para preparar catalizadores, seguida del secado de materiales orgánicos como madera, flores, preservación de animales (taxidermia), preservación de documentos y libros antiguos y finalmente está el campo de los alimentos, siendo una de las empresas más importantes Nutripac S.A. con sus plantas en Brasil, Argentina y México.

Los alimentos liofilizados han tenido un gran auge en proyectos multinacionales con el fin de preparar productos para astronautas, montañistas y comandos militares, pero en la actualidad el mercado se está ampliando al comensal común, gracias a las firmas alimentarias que descubrieron los liofilizados por su sabor intenso, su consistencia crocante y su carácter novedoso (Ramírez-Navas, J. S, 2006).

### *2.12.2 Etapas de la liofilización*

La liofilización involucra varias etapas (Figura 7)

- Congelación (y acondicionamiento en algunos casos) a bajas temperaturas
- Secado por sublimación del hielo (o del solvente congelado) del producto congelado, generalmente a muy baja presión (Figura 8) generalmente se estudia en dos etapas, a saber: etapa primaria de y secundaria de secado.
- Almacenamiento del producto seco en condiciones controladas.

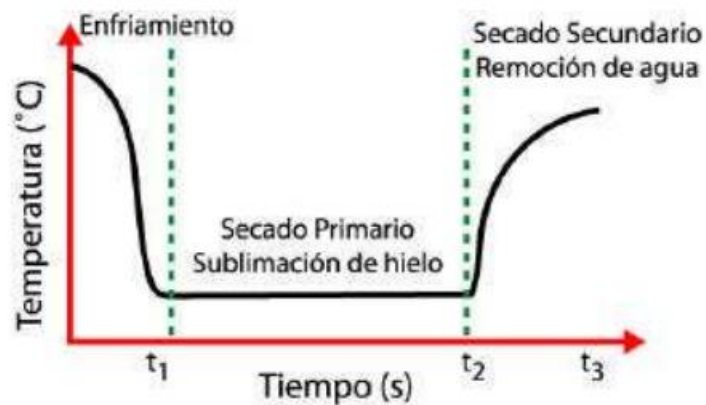


Figura 7. Etapas de la liofilización



Figura 8. Diagrama de fases del agua

### 2.12.3 Liofilización atmosférica

Meryman (1959) demostró la posibilidad de secar productos congelados sin necesidad de vacío. Estableció que el gradiente de presiones de vapor es el que facilita el paso del agua entre el frente de secado y la zona seca. El proceso corresponde a la liofilización atmosférica.

Alvarado (1979); (citado por: J. de D. Alvarado 1996; J. S. Ramírez y J. Cañizares 2003) concluyó que la liofilización atmosférica está controlada principalmente por el mecanismo de transferencia de masa desde la superficie del producto hacia el aire. (trabajo realizado a la papa característica de Guatemala).



## **Capítulo 3**

### **Planteamiento del problema**

#### **3.1 Identificación.**

Existe una especie de insecto conocido como saltamontes o chapulines, esta especie de insecto habita en numerosas cantidades que puede ser considerada una plaga. Los chapulines afectan directamente en los rendimientos y calidad de los cultivos de las principales zonas productoras de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Hidalgo, México, Michoacán, Puebla, Tlaxcala y Guanajuato.

#### **3.2 Justificación.**

Los chapulines, poseen un polisacárido llamado quitina, el cual tiene muchas propiedades y beneficios si se aprovecha de buena manera, es por lo cual, que el proyecto tiene como objetivo la extracción y purificación de la quitina de los chapulines aprovechando la plaga en la región sur de Guanajuato, y haciendo una reducción de la misma

#### **3.3 Alcance.**

El presente proyecto pretende dejar las bases de un método para extracción y purificación de quitina en los chapulines además de una aplicación para aguas residuales, utilizando equipos y recursos disponibles.

## **Capítulo 4**

### **Objetivos**

#### **4.1 Objetivos generales.**

Extraer y purificar la quitina de saltamontes mediante desmineralización y desproteínización química

#### **4.2 Objetivos específicos.**

- Recolectar, almacenar y preparar muestra de chapulines
- Desmineralizar y desproteínizar muestra de chapulines
- Valorar muestra de quitina obtenida mediante espectroscopia infrarroja
- Comparar, analizar resultados y plantear bases de aplicación en aguas residuales.

## **Capítulo 5**

### **Metodología**

#### **5.1 Recolección de chapulines**

Los chapulines fueron buscados y recolectados de las áreas verdes del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato. Los chapulines recolectados cumplen con las siguientes características:

Estar vivos, no carecer de alguna extremidad o bien presentar alguna lesión en las mismas y coloración, tamaño y aspectos biológicos aceptables.

Se almacenaron, en recipientes de cristal sellados, alrededor de 150 y 200 ejemplares, de diferentes aspectos, todos cumpliendo con las características necesarias. Se hizo un lavado con agua de la llave para limpiar excesos de tierra, contaminantes, desechos orgánicos etc., y posteriormente, un lavado con agua potable (agua de garrafón) para garantizar un lavado correcto de los ejemplares.



*Figura 9. Áreas verdes del ITSUR*



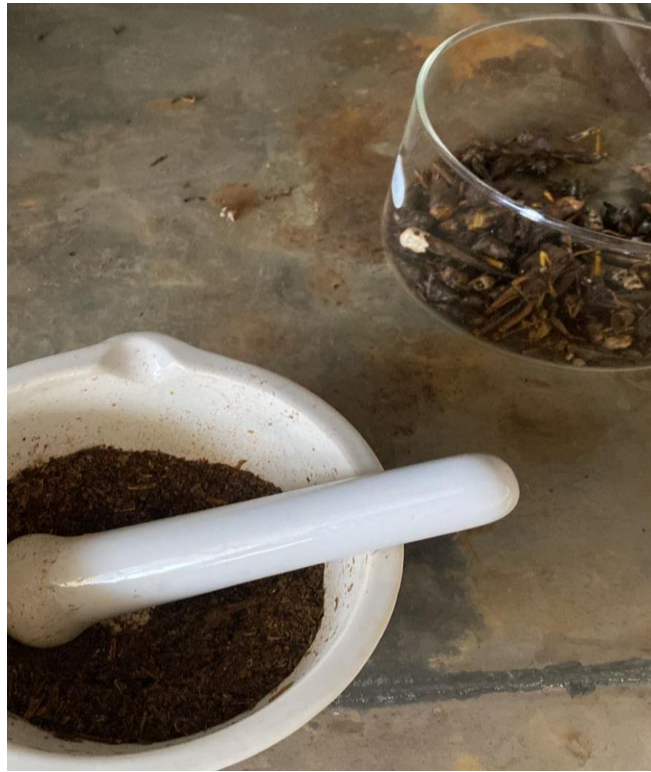
*Figura 10. Chapulines recolectados*

## 5.2 Preparación de chapulines para la muestra

Los chapulines recolectados fueron expuestos a condiciones ambientales con el propósito de realizar un secado superficial, posteriormente, se aplicó un procedimiento a temperatura constante para eliminar toda muestra de humedad posible. Implementando una incubadora “ECOSHEL modelo 9025”, a una temperatura de 55 °C y 24 h, los chapulines fueron secados y triturados a mano en un mortero de porcelana con pistilo y con ayuda de una maya metálica de aproximadamente 1 mm de diámetro de apertura, se consiguió 64.37 g molienda fina.



Figura 11. Incubadora ECOSHEL Mod 9025



*Figura 12. Chapulines secos y molidos*

Posteriormente, se dividió la molienda en 2 muestras de 30 g para ser almacenadas con dos procesos diferentes; Aislado de humedad a temperatura ambiente y Liofilización atmosférica en refrigerador convencional.

### **5.3 Método de extracción de quitina**

La extracción de la quitina se realizó de acuerdo al método reportado por Liu y col. (2012) con algunas modificaciones, para lo cual se realizó una desmineralización y posteriormente una desproteización:

#### *5.3.1 proceso de desmineralización química de quitina*

Se realizaron los cálculos correspondientes para elaborar una solución de 500 mL de HCl 1 M (Anexo 1). Por lo cual, utilizando el EPP y la campana de extracción para gases, se extrajeron 42.36 mL de HCl con una pipeta de 25 mL y se vertieron en un matraz aforado del volumen necesario, posteriormente, se aforo con agua destilada.



*Figura 13. Elaboración de soluciones de ácido clorhídrico 1 M*

Una vez elaborado las soluciones, se pesaron 10 g de harina de chapulín de la muestra aislada de humedad a condiciones ambientales (muestra caliente) en una balanza analítica y se le incorporo la solución de HCl 1 M hasta conseguir una mezcla lo más homogénea posible.



Figura 14. Muestra caliente

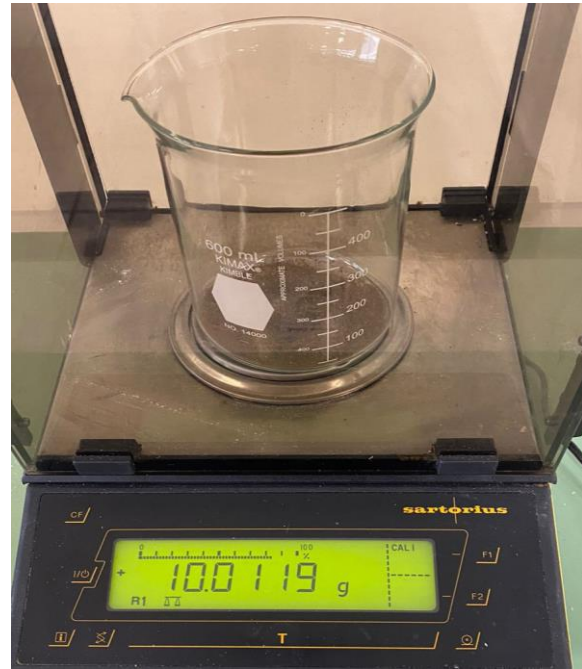


Figura 15. Pesaje de harina de chapulín de muestra caliente

La solución de HCl y harina de chapulín fue puesta dentro de la campana de extracción en una parrilla eléctrica de calentamiento marca "THERMO SCIENTIFIC Mod: SP88857100 "a una temperatura de 90 - 95 °C por 30 - 40 min. Una vez que transcurrió el tiempo, se filtró la solución con ayuda de un papel filtro, un matraz de 600 mL conectado a una bomba de succión y un embudo de cristal para posteriormente recuperar el sólido del papel filtro y lavarlo con 500 mL de agua destilada, que fue la cantidad de ácido que se utilizó.





Figura 16. Solución de ácido clorhídrico y muestra caliente

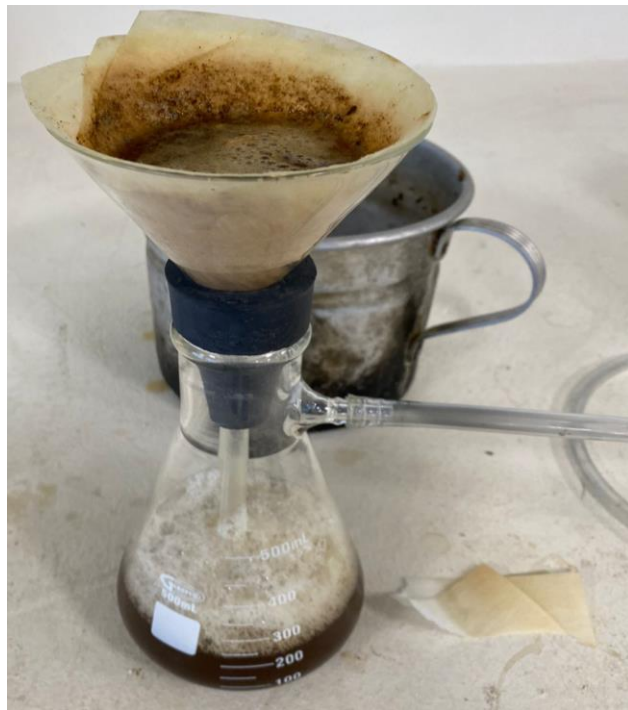


Figura 17. Filtración de solución de ácido clorhídrico y muestra caliente

### 5.3.2 Proceso de desproteínización química de quitina

Se realizaron los cálculos correspondientes para elaborar una solución de 500 mL de NaOH 1 M (Anexo 2). Utilizando el EPP necesario, se pesaron 20.22 g de Hidróxido de sodio en la balanza analítica y posteriormente, se agregó el hidróxido de sodio a un matraz aforado de 500 mL aforando con agua destilada. Se mezcló hasta conseguir que el sólido sea disuelto en su totalidad

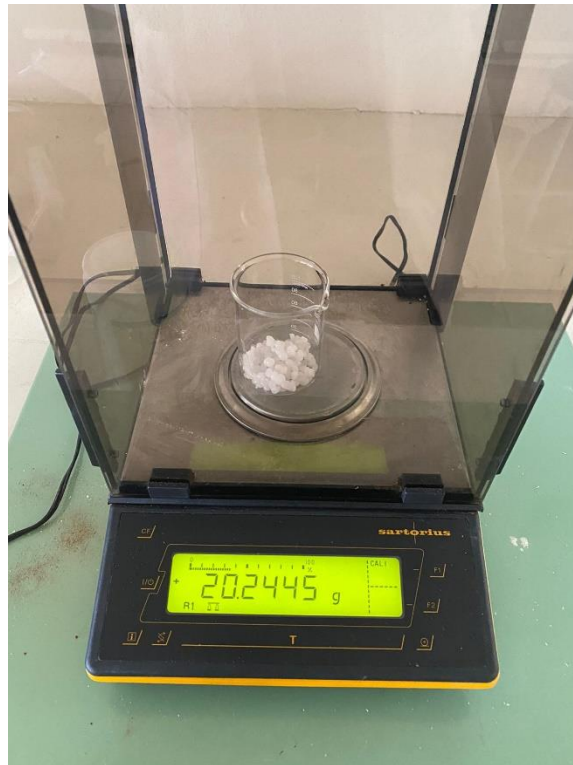


Figura 18. Pesaje de hidróxido de sodio

El sólido resultante del proceso de desmineralización, se vertió en la solución elaborada de hidróxido de sodio y en un cristizador se llevó a la incubadora a una temperatura de 65 °C por 24 h. Una vez transcurrido el tiempo, el contenido sólido presente en el cristizador, se lavó con 500 mL de agua destilada y se valoró el pH tiras de papel tornasol y se filtró la solución utilizando papel filtro, un matraz conectado a la bomba de succión y un embudo de porcelana procurando que el sólido no traspasara las fronteras del papel. Este procedimiento se realizó 3 veces hasta que el papel tornasol tomara un pH neutro



Figura 19. Montaje del sistema de filtración

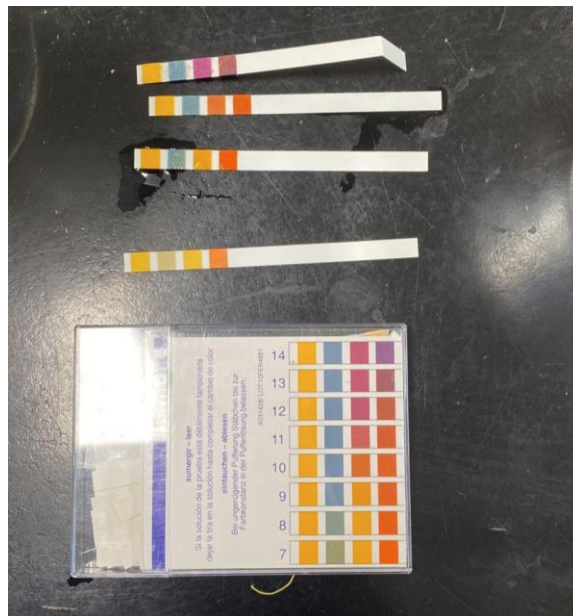


Figura 20. Valoración de pH

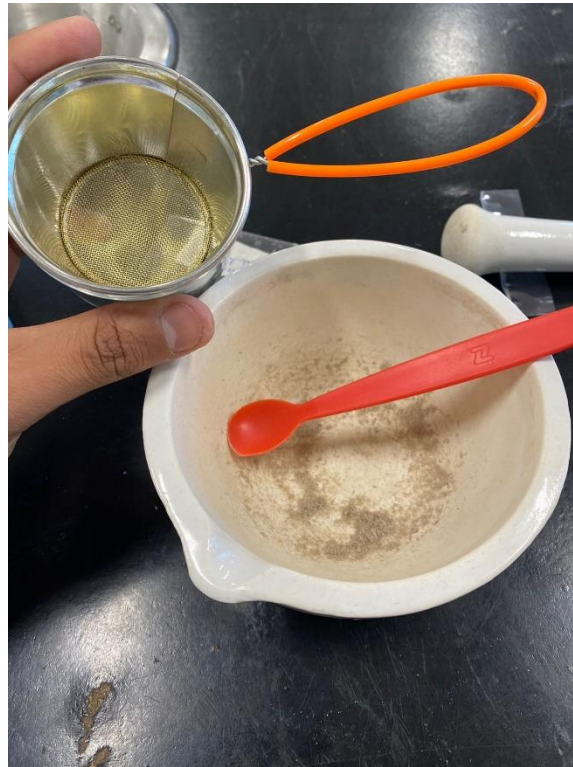
El proceso de desmineralización y desproteización se realizó en la muestra caliente y en la muestra fría, para obtener 2 muestras de quitina.

### *5.3.3 Deshidratación y almacenamiento de muestras de quitina*

Una vez obtenida la quitina de las dos muestras (caliente y fría) se colocaron en cristalizadores más pequeños y se llevaron a la incubadora para extraer la humedad, las muestras fueron expuestas a una temperatura de 55 °C por 24 h. Una vez pasado el tiempo, las muestras fueron trituradas en un portero de porcelana con pistilo y con ayuda de la maya metálica anteriormente utiliza, se tamizo la muestra, obteniendo un polvo fino.



*Figura 21. Muestras de quitina en incubadora*



*Figura 22. Molienda de quitina*

Las muestras fueron almacenadas en bolsas de celofán selladas herméticamente para evitar la humedad en la medida de lo posible y cualquier otro agente contaminante.



*Figura 23. Quitina fría y caliente*

#### **5.4 Valoración de muestras de quitina mediante espectroscopia infrarroja**

Las muestras de quitina fueron valoradas en un espectrómetro FTIR modelo NICOLET IS5 marca Thermo SCIENTIFIC con los accesorios ID5 ATR y una punta plana ubicado en el Instituto Tecnológico de Celaya, previamente molidas con ayuda de un mortero de Ágata y un pistilo.



*Figura 24. Espectrofotómetro FITR*



*Figura 25. Mortero de Ágata*

Mediante el software OMINIC, que es el software con el que opera el espectrofotómetro, obtuvimos los espectros infrarrojos de ambas muestras de quitina (caliente y fría).

### **5.5 Prueba de jarras utilizando quitina como floculante**

Una vez analizada la quitina en el espectro infrarrojo, se procedió a realizar una prueba de jarras para valorar su eficacia como floculante en aguas residuales.

Con ayuda del “Protocolo de toma de muestras de agua residual” elaborado por el Instituto de Tecnología de la Defensa en España (Anexo 5), se recolectó una muestra de 10 L de agua residual previa al tratamiento de floculación-coagulación en un recipiente de plástico, donde se puede observar aspectos físicos, como color y olor. La prueba de jarras consiste en agregar el floculante, revolverlo a una velocidad constante y después, dejar actuar al floculante a una velocidad menor e igual constante.

El sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  es una sal inorgánica utilizada en el tratamiento de aguas residuales como floculante, también es utilizada para limpieza de albercas o estanques con el mismo propósito. Para poner a prueba la quitina, se realizan 2 mezclas, una de 25 ml quitina con ácido acético y otra de 100 ml de sulfato de aluminio a 20 g/L cada solución.

Se utilizó el ácido acético para la quitina debido a que esta se encontraba disponible con un 100 % de pureza de reactivo y también que la quitina es insoluble en agua.

Una vez realizadas las mezclas, se establecieron los siguientes parámetros para el primer experimento de quitina como floculante, cabe destacar, que el uso del sulfato de aluminio es para tener una referencia:

*Tabla 4. Parámetros 1er experimento de quitina como floculante*

| Experimento | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> mL/ 500 ml de agua residual | Quitina mL/ 500 ml de agua residual |
|-------------|---|-------------------------------------|
| 1           | 1 ml / 500 ml   | 1 ml / 500 ml                       |
| 2           | 2 ml / 500 ml   | 2 ml / 500 ml                       |
| 3           | 5 ml / 500 ml   | 5 ml / 500 ml                       |

Para realizar la prueba de jarras, se tomó como referencia, la prueba publicada por la universidad politécnica de Valencia (Martínez, 2021), en el departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente adaptándola a nuestros equipos y disponibilidad.

Utilizando dos parrillas eléctricas de calentamiento marca “THERMO SCIENTIFIC Mod: SP88857100 se colocaron 2 vasos de precipitado con 500 ml de agua residual, un agitador magnético a una velocidad entre 120 y 150 rpm aproximadamente.

Una vez que el agua residual se encuentra en movimiento agregamos 1 ml de sulfato de aluminio a un vaso y 1 ml de quitina al otro vaso y dejamos revolver de 1 a 2 min en las parrillas. Una vez transcurrido el tiempo, bajamos la velocidad en ambos vasos entre 20 y 50 rpm por 20 a 25 min.



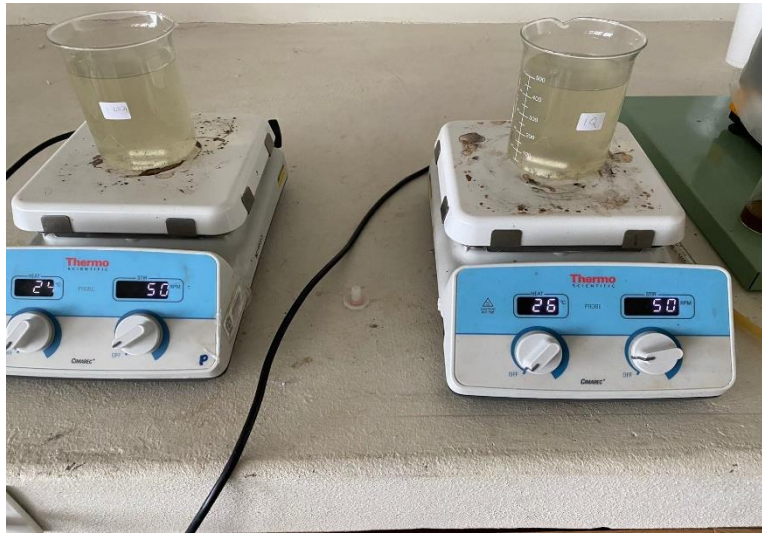


Figura 26. Prueba de jarras en parrilla eléctrica

Una vez transcurrido el tiempo de acción del floculante, dejamos reposar las muestras por 24 hrs. Repetimos el procedimiento ajustando las medidas acordes a la tabla 4

#### 5.5.1 Segundo experimento aumento de la concentración de quitina a 24 g/L

Realizamos una nueva solución de 25 ml de quitina y ácido acético a una concentración de 24 g/L para realizar el experimento anterior.

*Tabla 5. Parámetros del segundo experimento*

| Experimento | Quitina<br>mL/ 500 ml de agua residual |
|-------------|--|
| 1           | 1 ml / 500 ml                          |
| 2           | 2 ml / 500 ml                          |
| 3           | 5 ml / 500 ml                          |
| 4           | 10 ml / 500 ml                         |

En este experimento se agregaron 2 muestras más de aguas residuales para fines comparativos, una filtrada (BF) y otra sin filtrar (BFS).

## Capítulo 6

### Resultados

El análisis EITF es una técnica cualitativa y cuantitativa que determina los aspectos moleculares (elementos químicos, presencia de grupos funcionales, y tipos de enlaces químicos presentes) y estructurales (conformación cristalina y/o amorfa) presentes en diversos materiales como lo son la quitina (Kaya y col., 2015b).

#### 6.1 Espectro infrarrojo de quitina caliente

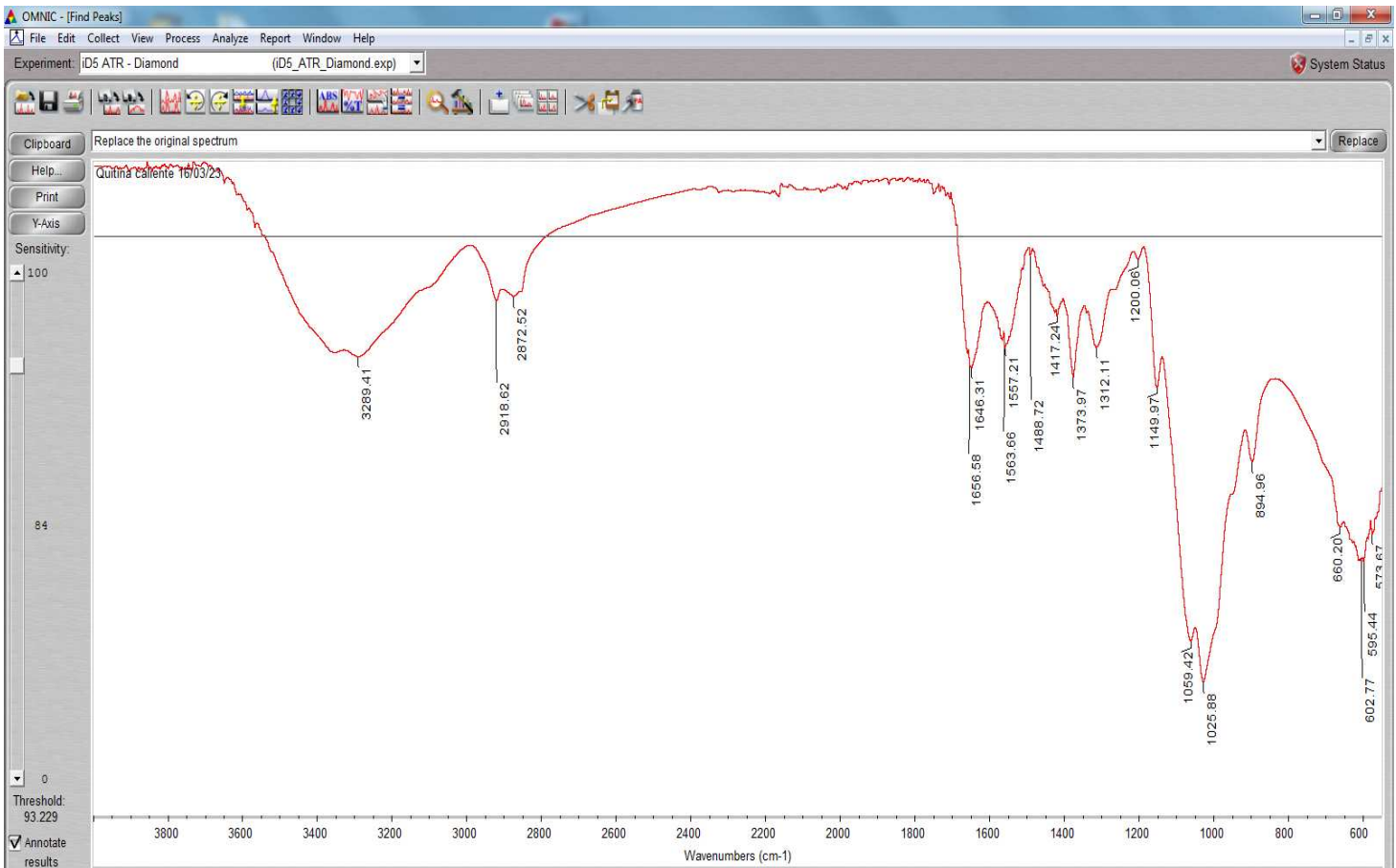


Figura 27. Espectro infrarrojo muestra quitina caliente

Espectro infrarrojo de la muestra de quitina caliente, obtenida por el software OMNIC, a condiciones estándar y una sensibilidad del equipo de 0.84 para obtener los valores de los picos.

### 6.2 Espectro infrarrojo de quitina fría

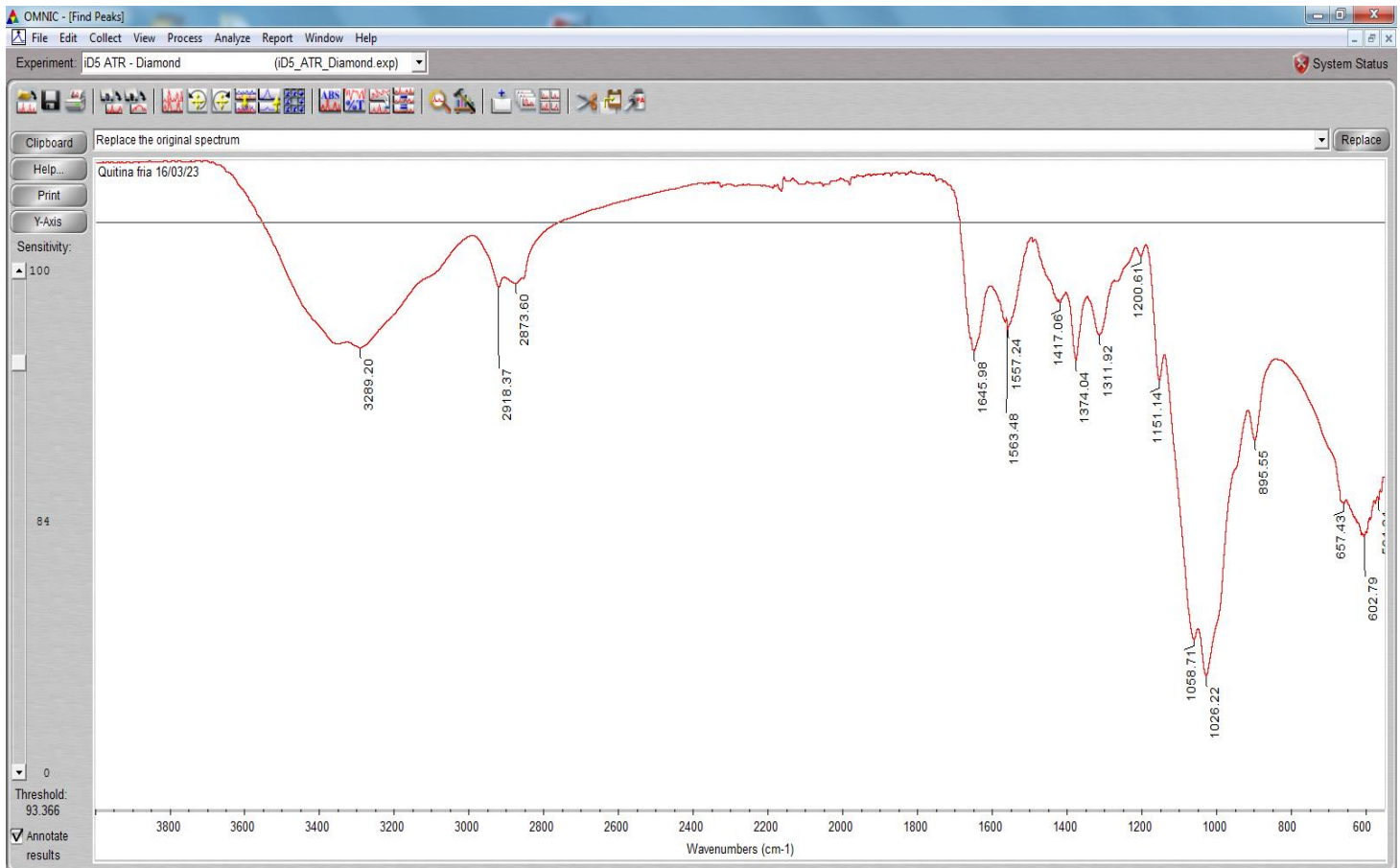


Figura 28. Espectro infrarrojo muestra quitina fría

Espectro infrarrojo de la muestra de quitina fría, obtenida por el software OMNIC, a condiciones estándar y una sensibilidad del equipo de 0.84 para obtener los valores de los picos.

### 6.3 Comparación de espectros infrarrojos de ambas muestras

Comparación de espectros de ambas muestras de quitina, donde la muestra de quitina caliente es la línea de color rojo, y la línea morada es la muestra de quitina fría

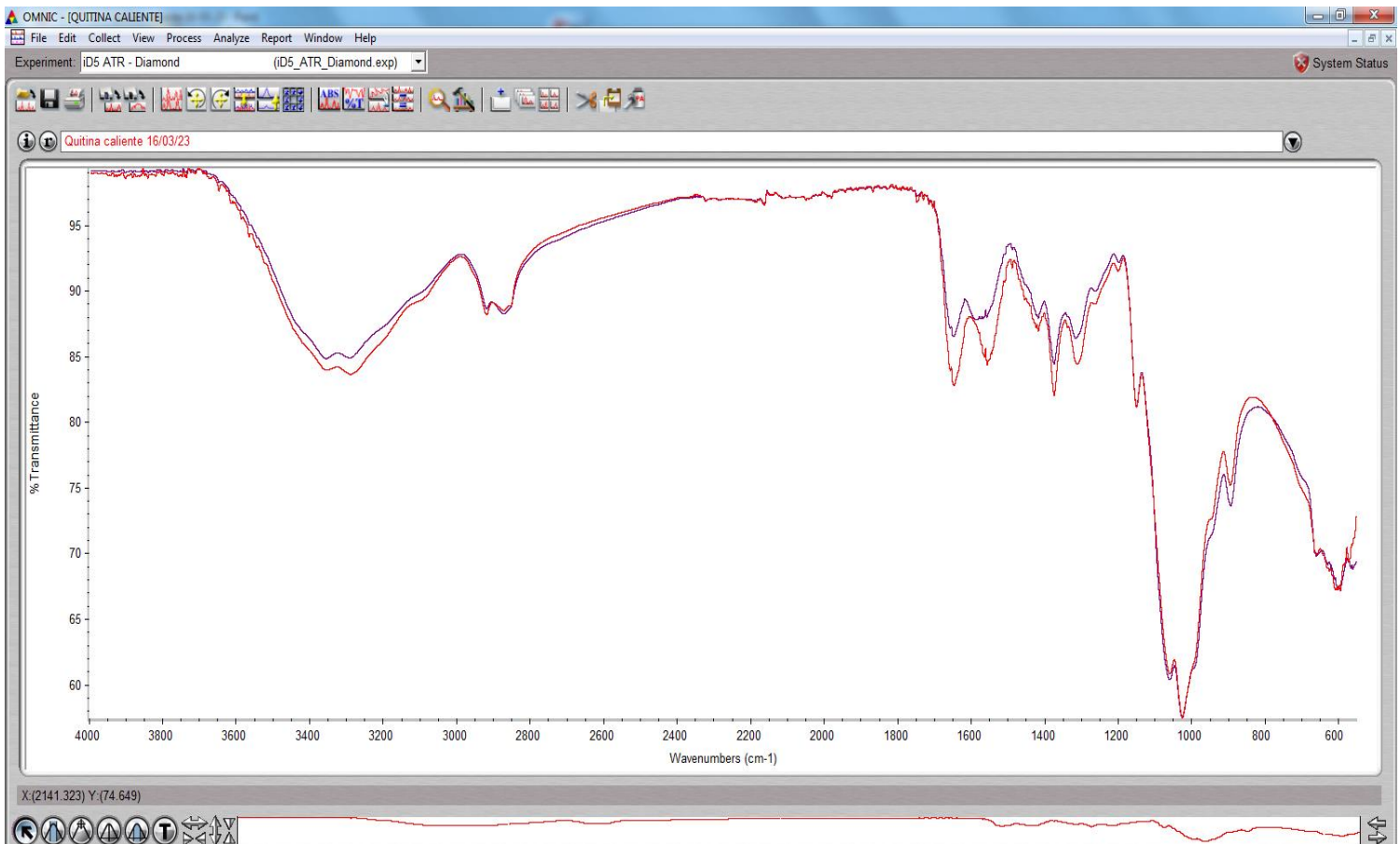


Figura 29. Comparación de espectros de quitina caliente con quitina fría

### 6.4 Comparación de quitina caliente y fría en base de datos

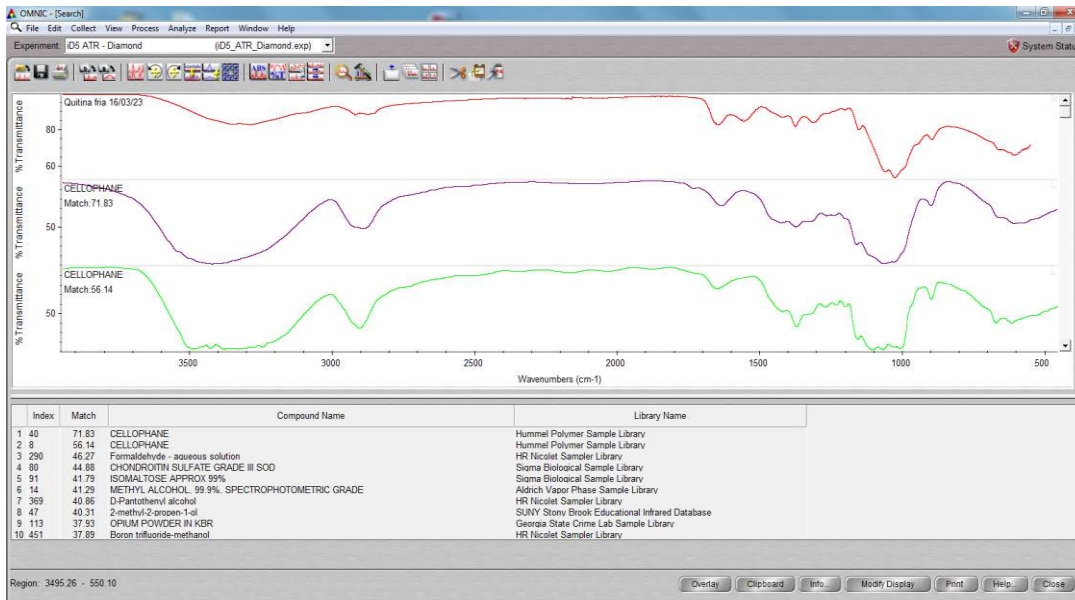


Figura 30. Quitina fría en base de datos del software

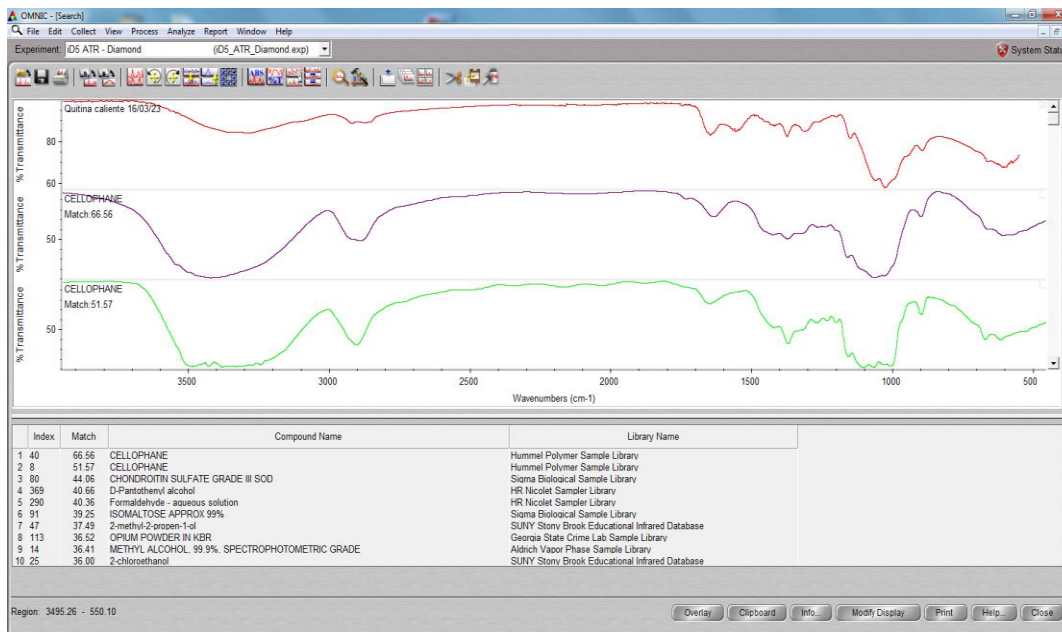
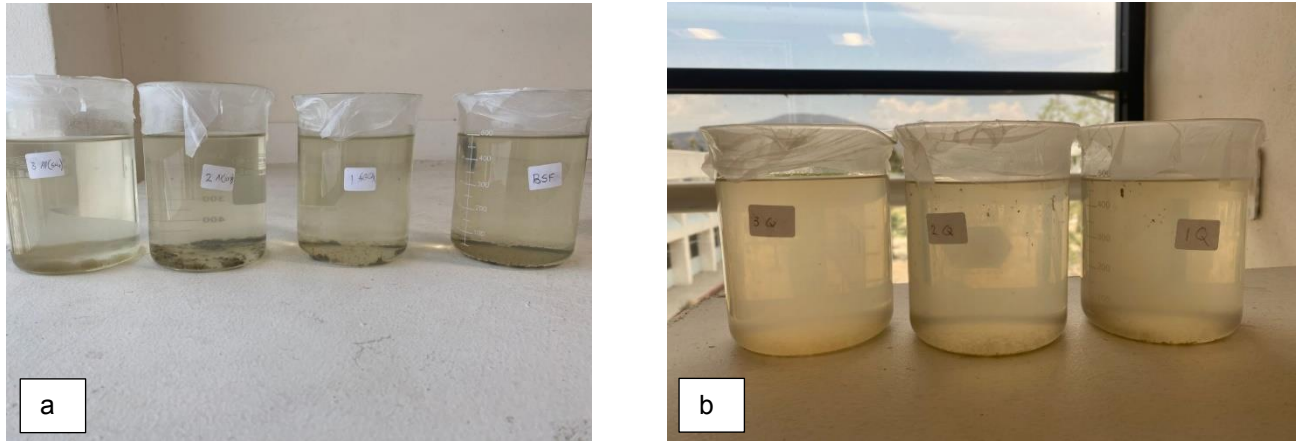


Figura 31. Quitina caliente en base de datos del software

Muestra de quitina en base de datos del software OMNIC. La base de datos nos sirve como herramienta para consultar y comparar resultados, si no se encuentra la muestra en dicha base, se comparará la muestra con la que muestre mayor similitud.

## **6.5 Resultado de prueba de jarras para quitina como floculante**

### *6.5.1 Comparación del sulfato de aluminio y quitina como floculante. Experimento uno*



*Figura 32. Experimento uno. a. Sulfato de aluminio [20 g/L], b. Quitina [20 g/L]*

La en la imagen 32 a, se puede apreciar las muestras y como presentan partículas sedimentadas en los vasos. La disminución de la turbidez del agua se puede apreciar ligeramente.

En la imagen 32 b, podemos apreciar un sedimento en el fondo del vaso de precipitado, al igual que la turbidez del agua.

**6.5.2 Comparación de quitina con muestra sin filtrar (BSF) y con muestra filtrada (BF). Experimento dos**



*Figura 33. Experimento 2. a. Quitina [24 g/L] con muestra sin filtrar (BSF), b. Quitina [24 g/L] con muestra filtrada (BF)*

En la Figura 33 a, podemos apreciar un ligero cambio en la turbidez del agua además de los sedimentos en los vasos y en la Figura 33 b, podemos identificar el color de las partículas que venían en la muestra recolectada de las partículas formadas.



## Capítulo 7

### Análisis de Resultados

#### 7.1 Espectroscopia infrarroja de quitina

En la Figura 34 podemos observar que no se encuentra diferencias significativas entre un espectro y otro.

En ambos espectros podemos observar 3 bandas características de la huella dactilar de los grupos funcionales OH<sup>-</sup> para todos los polisacáridos presentes entre 1000-1200 cm<sup>-1</sup>

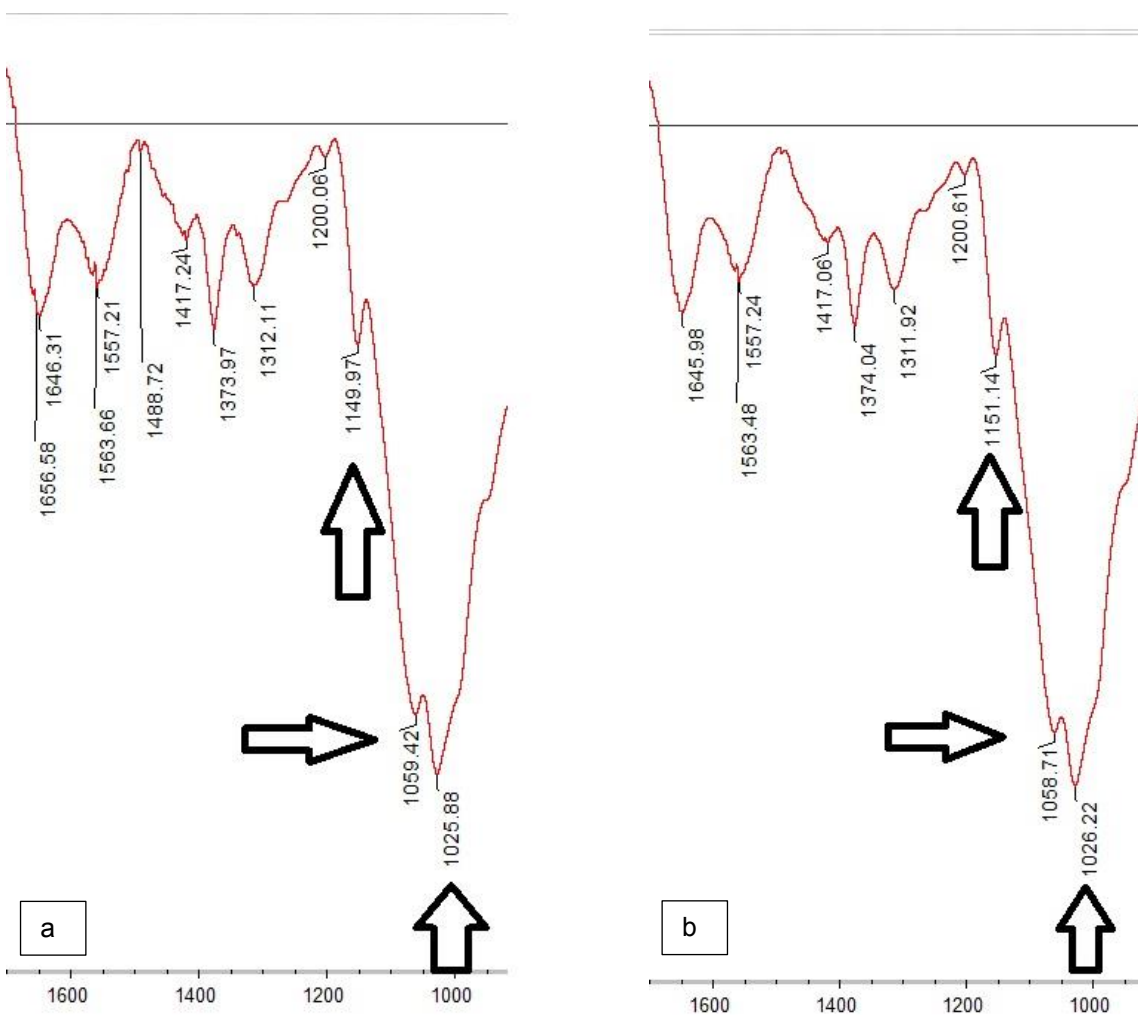


Figura 34. Rango de 1000-1200 cm<sup>-1</sup>. a. quitina fría, b. quitina caliente

En la región de los enlaces dobles, comprendida entre los 1500 y 2000  $\text{cm}^{-1}$ , se han reportado que, en los espectros de quitina, se caracteriza por contener tres bandas asociadas al grupo amida ( $\text{C}=\text{O}$ ), estas suelen ser intensas (Figura 35).

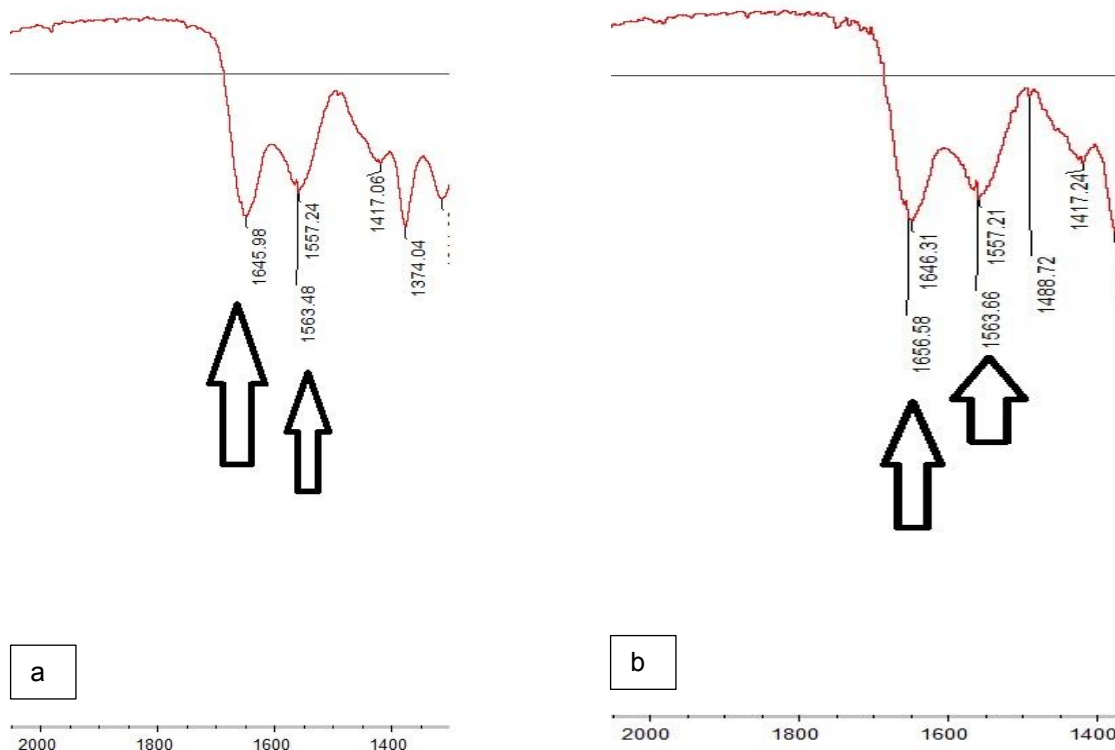


Figura 35. Rango de 1500-2000  $\text{cm}^{-1}$ . a. quitina fría, b. quitina caliente

Las bandas 1645  $\text{cm}^{-1}$  y 1563  $\text{cm}^{-1}$  para la quitina fría (Figura 35 a) y 1656  $\text{cm}^{-1}$ , 1646  $\text{cm}^{-1}$  y 1563  $\text{cm}^{-1}$  para la quitina caliente (Figura 35 b), correspondientes al grupo amida, comparten valores iguales y/o cercanos entre sí.

Las señales de los 1656  $\text{cm}^{-1}$  y 1645  $\text{cm}^{-1}$  se generan por el estiramiento vibracional del enlace C-N del grupo  $\text{C}=\text{O}$  superpuesto. Las bandas presentes en 1563  $\text{cm}^{-1}$  respectivamente es dada por a flexión del enlace N-H en el grupo amida (Kaya y col., 2015a; Kaya y col., 2015c).

Las bandas cercanas a los 1670  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a una amida tipo I, la cual es característica en quitinas tipo  $\alpha$  presentes en los chapulines y otros insectos (Focher y col., 1992b).

En ambas muestras de quitina, en la región comprendida de los 2000-2500  $\text{cm}^{-1}$  no se mostraron ningún tipo de interacción, debió a que en esta zona es donde se muestran los triples enlaces ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ,  $\text{C}\equiv\text{O}$  o  $\text{C}\equiv\text{N}$ ) esto debido a que en la estructura de la quitina (Figura 3) no presenta este tipo de enlaces.

En esta region, en ambas muestras de quitina, se observa un movimiento vibracional, que esto es debido al ruido, posicion y uso del equipo, por lo cual, no afecta ni altera los resultados de las muestras.

Las bandas presentes entre 3500 y 2800  $\text{cm}^{-1}$ , son el resultado de las tensiones vibracionales por el grupo funcional  $\text{OH}^-$  de las estructuras de quitina. La banda observada en 3289  $\text{cm}^{-1}$  presente en ambas muestras, corresponde a la vibración de los  $\text{NH}_2$ .

En cuanto a las bandas localizadas a 2918 y 2872  $\text{cm}^{-1}$ , estas se pueden atribuir a la presencia de grupos  $\text{COCH}_3$  y al estiramiento simétrico y asimétrico de los enlaces C-H (Liu y col., 2012; Song y col., 2013).

Las bandas anteriormente descritas fueron atenuadas debido a que se utilizó un accesorio RTA al obtener los espectros infrarrojos de ambas muestras.

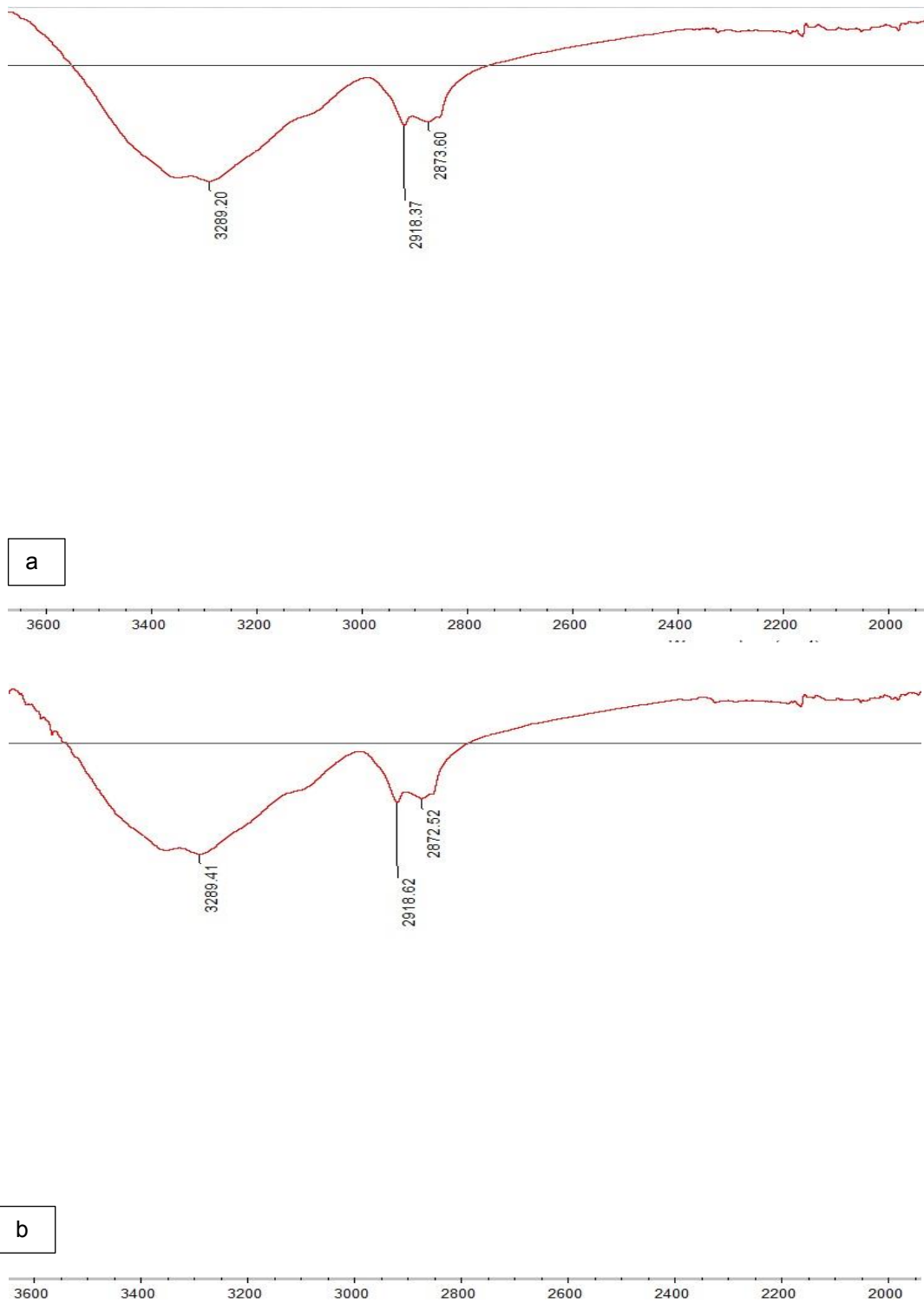


Figura 36. Rango de 2000 a 3500  $\text{cm}^{-1}$ . a. quitina fría, b. quitina caliente

Tabla 6. Referencia de bandas relevantes del espectro EITF-RTA de muestra de quitina comercial

| Número de onda (cm <sup>-1</sup> )              |                    |
|---|--------------------|
| Asignación <sup>1</sup>                         | Quitina referencia |
| $\nu(\text{O-H})$                               | 3440               |
| $\nu(\text{COCH}_3)$                            | 2979               |
| $\nu(\text{C-H})$                               | 2921               |
| $\nu(\text{C-O})$                               | 1668               |
| $\nu(\text{C=O del grupo } N\text{-acetil})$    | 1619               |
| $\delta(\text{N-H del grupo } N\text{-acetil})$ | 1554               |

Señales debidas a:  $\nu$  (estiramiento) y  $\delta$  (flexión).

En base a la tabla de las bandas relevantes de quitina (Tabla 6) podemos encontrar similitudes en los valores obtenidos, cabe recalcar, que la intensidad de estas bandas depende mucho del contenido de agua presente en la muestra, lo cual puede afectar la absorción IR en las bandas de estiramiento CH- de la quitina (Beil y col., 2012).

En la base de datos del programa OMNIC, encontramos que nuestras muestras se asemejan en un 70 % para la quitina fría (Figura 30) y un 66 % para la quitina caliente (Figura 31) al “Celofán”, que también es un polisacárido y cuenta con las bandas características de los mismos en la región de la huella dactilar.

## **7. 2 Prueba de quitina como floculante en aguas residuales**

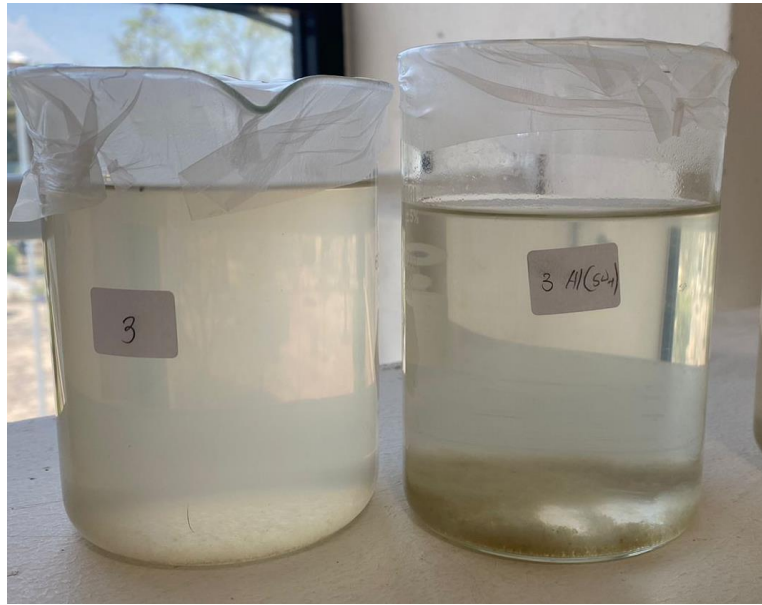
En el experimento uno, la diferencia es muy clara utilizando el sulfato de aluminio, pues nos encontramos con disminución de la turbidez del agua, además de las partículas de color café claro asentadas al fondo del vaso (Figura 32 a).

Las partículas color café oscuro, son basura, tierra, o posibles desechos que la recolectaron junto con la muestra de 10 L de la planta tratadora y las demás partículas se fueron creando con el floculante

La quitina, en el experimento uno (Figura 32 b) podemos ver que la turbidez del agua aumento, esto debido a que la solución de quitina con ácido acético era color café y la quitina no fue disuelta en su totalidad en la mezcla.

En la Figura 32 b, en el último vaso, podemos ver ligeramente partículas color café claro al fondo del recipiente que son los flóculos sedimentados. Comparado con el sulfato de aluminio, estos son en menor cantidad.

En el segundo experimento, teniendo un ligero aumento en la concentración de quitina, pudimos encontrar una mejora significativa en la muestra, ya que la turbidez del agua se redujo y las partículas cafés son en mayor cantidad.



*Figura 37. Comparación de 5 ml de quitina con 5 ml de sulfato de aluminio*

En la Figura 37, podemos observar que en ambos vasos se encuentran partículas color café claro al fondo, además de partículas color café oscuro de suciedad provenientes de la planta. En la muestra con quitina, la turbidez del agua presente se debe a coágulos dispersados, estos coágulos se formaron por la presencia de la quitina.



*Figura 38. Comparación de quitina (24 g/L) a lado del sulfato de aluminio (20 g/L)*

En la Figura 38, podemos apreciar la reducción de la turbidez y las partículas color café claro al fondo de cada vaso dando a entender que, a mayor concentración, el proceso de floculación es mayor



## Capítulo 8

### 8.1 Conclusiones y trabajo a futuro

Las muestras de quitina obtenidas mediante el método de desmineralización y desproteización química, adaptado a los recursos disponibles, muestran en los espectros infrarrojos, similitudes con otras pruebas realizadas en diversos artículos y publicaciones científicas.

También, se puede concluir, que el almacenamiento de la muestra liofilizada (quitina fría), presenta menos humedad que la quitina almacenada y sellada del ambiente (quitina caliente), puesto que el espectro de la quitina fría (Figura 28) tiene líneas más definidas, con menos movimiento vibracional y bandas más estrechas.

Este método de extracción y purificación de quitina, es un método eficiente y práctico para obtener quitina de los insectos y crustáceos que la poseen, cabe resaltar, que la practicidad del método, permite hacer modificaciones para adaptarse a las posibilidades y equipo disponible del operador, no obstante, existen más métodos para seguir, con una eficacia y dificultad mayor.

La prueba de jarras realizada para la quitina, no se obtuvieron los resultados más oportunos, puesto que, notamos la presencia de coágulos precedentes a la floculación por la quitina, pero no se posee con el instrumento de medición más apto para medir la turbidez del agua. La quitina empleada en el experimento dos, poseía un tamaño de partícula más pequeño que la utilizada en el experimento uno, y esto facilitó que se disolviera en el ácido acético obteniendo una mezcla más homogénea, podemos decir, que es una de las variables a cuantificar en próximas pruebas.

Podemos concluir, que el método de “extracción y purificación de quitina mediante desmineralización y desproteización química”, es un método muy sencillo con posibilidad de mejora continua, implementando modificaciones en materiales, soluciones o maquinaria para obtener mayor cantidad de quitina y pureza.

Por otra parte, la quitina como floculante, puesto que en esta práctica comprobamos que puede ser utilizada como floculante, está sujeta a mejoras cuantitativas y cualitativas para lograr la eficiencia del floculante. Se debe tener en cuenta, que existen diversas mejoras a la hora poner a prueba la quitina, una gran variedad estudios han utilizado diferentes ácidos para disolverla, y utilizado mayor cantidad de quitina.

El pH es un factor en que pensar para trabajo a futuro, puesto que la mezcla de ácido acético con la quitina, disminuye el pH de manera significativa y esto no es favorable para un tratamiento de aguas residuales

La principal deficiencia de este proyecto fue la poca disponibilidad de materia prima, puesto que los chapulines abundan cierta temporada del año, para limar esta deficiencia, se plantea la posibilidad de realizar pruebas haciendo una combinación de quitina con alguno otro floculante ya utilizado, ayudando a la reducción de agentes químicos dañinos, o costosos

Por lo anterior comentado, se han cumplido con los objetivos del presente proyecto y sentado las bases para la mejora continua de los floculantes naturales.

## **8.2 Referencias bibliográficas**

-Sastoque Cala L., Mercado Reyes M., Martínez Salgado, M., Quevedo Hidalgo, B., Pedroza Rodríguez, A. Producción de quitinasas extracelulares con una cepa alcalófila halotolerante de *Streptomyces* sp. aislada de residuos de camarón. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 6 N° 2 (2007) 137-146

-Elieh-Ali-Komi, D. y Hamblin, M. R. (2016). Chitin and chitosan: production and application of versatile biomedical nanomaterials. *International Journal of Advanced Research* 4,411.

-Knorr Dietrich. Recovery and Utilization of Chitin and Chitosan in Food Processing Waste Management *Food Technology*. (1991). 85-94.

-Barón, M.; Mayén, M., Medina, M. y Mérida J. Efecto de dos métodos de clarificación sobre la evolución del color y la fracción de polifenoles en vino blancos finos. Facultad de Ciencias, departamento de Química Agrícola y edafología. Universidad de Córdoba, España. (1998). p 99

-Lárez, C... Quitina y quitosano: Materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances de Química* 1: (2006) 15-21

-Ramírez Miguel Á, Rodríguez Aida T, Alfonso Luis, Peniche Carlos. Chitin and its derivatives as biopolymers with potential agricultural applications. *Biotecnología Aplicada* v.27 n. 4; (2010) 270-276.

-Ramírez-Navas, J. S. (2006). Liofilización de alimentos. *Revista ReCiTeIA*.

-CHARM, S.E. 1981. *The Fundamentals of Food Engineering*. 3rd. ed. Westport, Connecticut. AVI Publishing Co. Inc. 660 p

-Rivera GE (2004) Records of predators and parasites (vertebrates and invertebrates) of creosote Bush grasshopper. *Acta Zool. Mex.* 20(1): 287-290.

-Barrientos-Lozano L (2003) Orthopteros plaga de México y Centro América: Guía de campo. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica y Conacyt, México.

-Barrientos-Lozano L & Almaguer-Sierra P (2009) Manejo sustentable de chapulines (Orthoptera:Acridoidea) en México. *Vedalia* 13(2): 51-56.

## **Referencias bibliográficas.**

---

- Fielding DJ (2004) Developmental time of *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae) at high latitudes. *Environ. Entomol.* 35: 1166-1177.
- Fontana P, Buzzetti FM & Mariño P (2008) Chapulines, langostas, grillos y esperanzas de México. Guía fotográfica. Edición Hand Books, Verona.
- Garcia GC & Lozano GJ (2011) Control biológico de plagas de chapulín en el norte-centro de México. Instituto Politécnico Nacional. Zacatecas, México.
- Gangwere SK, Muraliranga MC, & Muraliranga M (1997) The Bionomics of grasshoppers, katydids and their kin. CAB International, Madras, India.
- SAGARPA (2012) Guía de plaguicidas Autorizados de Uso Agrícola. Dirección Estatal de Sanidad Vegetal.
- Carruthers RI, Ramos ME, Larkin TS, Hostetter DL & Soper RS (1997) The Entomophaga grylli (Fresenius), species complex: its biology, ecology and use for biological control of pest grasshoppers. *Mem. Ent. Soc. Can.* 129 (S171): 329-353.
- Lockwood JA (1993) Environmental issues involved in biological control of rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) with exotic agents. *Environ. Entom.* 22(3): 503- 518.
- Uribe-González E & Santiago-Basilio MA (2012) Contribución al conocimiento de enemigos naturales del chapulín (Orthoptera:Acridoidea) en el Estado de Querétaro, México. *Acta Zool. Mex.* 28(1): 133-144.
- Salas-Araiza, M. D., Salazar-Solis, E., & Montesinos-Silva, G. (2003). Acridoideos (Insecta: Orthoptera) del estado de Guanajuato, México. *Acta zoológica mexicana*, (89), 29-38.
- Ruiz, V. M., Aguirre, H. D. J., Martínez, B., Abrantes, J. P., & Vargas, N. PLAGA DE ORTÓPTEROS, RECURSO DE NUTRIENTES PARA LA POBLACIÓN.
- B. Schrader, Infrared and Raman Spectroscopy, VCH, Ney York, 1995, p.2

## **Referencias bibliográficas.**

---

-de Gortari, E. D. V., & Moreno-Calles, A. I. (2022). La paradoja de los chapulines. *Herreriana*, 4(1), 6-10

-González, F. C. V., & Contreras, A. T. R. (2009). La Entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *El Periplo Sustentable: revista de turismo, desarrollo y competitividad*, (16), 57-83

-Cortez, P. M. M. (2020). Análisis de los espectros de infrarrojo. Principios y aplicaciones de la espectroscopia de infrarrojo en el análisis de alimentos y bebidas, 66-82.

-Martínez Guijarro, M., & Asensi Dasí, E. J. (2021). Tratamiento físico-químico del agua: ensayos de coagulación-floculación.

### 8.3 Anexos

Anexo 1 Cálculos para solución 500 mL HCl 1M

$$M = \frac{n}{V} \therefore n = M * V$$

$$n = (1 M) * (0.5 L) = 0.5 \text{ moles HCl}$$

$$n = \frac{gr}{PM} \therefore gr = n * PM$$

$$gr = (0.5 \text{ moles HCl}) * \left(36.5 \frac{gr}{mol}\right) = 18.25 \text{ gr HCl}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \therefore V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{18.25 \text{ g}}{1.18 \text{ gr/mL}} = 15.46 \text{ mL HCl}$$

$$\% \text{ Pureza} = \frac{mL \text{ puros}}{mL \text{ impuros}} * 100$$

$$mL = \frac{mL \text{ puros}}{\% \text{ Pureza}} * 100 = \frac{15.46 \text{ mL}}{36.5 \%} * 100 = 42.36 \text{ mL HCl}$$

Anexo 2 Cálculos para solución 500 mL NaOH 1M

$$M = \frac{n}{V} \therefore n = M * V$$

$$n = (1 M) * (0.5 L) = 0.5 \text{ moles NaOH}$$

$$n = \frac{gr}{PM} \therefore gr = n * PM$$

$$gr = (0.5 \text{ moles NaOH}) * \left(40 \frac{g}{mol}\right) = 20 g NaOH$$

$$\% \text{ Pureza} = \frac{g \text{ puros}}{g \text{ impuros}} * 100$$

$$g \text{ impuros} = \frac{g \text{ puros}}{\% \text{ Pureza}} * 100 = \frac{20 g}{98.9 \%} * 100 = 20.22 g NaOH$$

Anexo 3 Hojas de seguridad del HCl

Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



# ÁCIDO CLORHÍDRICO

## QUÍMICA SUASTES, S.A. DE C.V.

Calle Pámpano No. 7, Col. Del Mar, Delegación Tláhuac  
C.P. 13270, Ciudad de México, México  
Tel.: 5859 8976 / 5859 8975 Fax: 5859 8976

Código:  
**HDS 5225**  
Revisión No.:  
**05**

Fecha de Elaboración:  
**28/11/2017**  
Fecha de Revisión:  
**26/08/2018**

CENACOM: 01 800 00 41 300 sin costo y (55) 55 50 15 52, (55) 55 50 14 96 en la Cd. de México.  
SETIQ: 01 800 00 214 00 sin costo, y (55) 55 59 15 88 en la Cd. de México.  
COATEA: 01 800 710 49 43 sin costo y (55) 26 15 20 45 y (55) 54 49 63 91 en la Cd. de México.

### 1 Identificación del producto

|                          |   |            |                 |                             |
|--------------------------|---|------------|-----------------|-----------------------------|
| Nombre químico:          | Sinónimos:  | Fórmula:   | Peso Molecular: | Familia Química:            |
| <b>ÁCIDO CLORHÍDRICO</b> | <b>ÁCIDO MURIÁTICO, ÁCIDO<br/>HIDROCLÓRIDICO, CLORURO<br/>DE HIDROGENO.</b> | <b>HCl</b> | <b>36.46</b>    | <b>ÁCIDO<br/>INORGÁNICO</b> |

**Uso recomendado:**

Uso analítico.

**Restricciones de uso del producto:**

Sin datos disponibles.

### 2 Identificación de peligro o peligros

**Peligros Físicos:**

H290 Sustancias y mezclas corrosivas para los metales – Categoría 1 – Puede ser corrosiva para los metales.

**Peligros para la Salud:**

H302 Toxicidad aguda - Categoría 4 – Nocivo en caso de ingestión.

H314 Corrosión/Irritación cutánea – Categoría 1 – Provoca graves quemaduras en la piel.

H318 Lesiones oculares graves/irritación ocular – Categoría 1 - Provoca lesiones oculares graves.

H335 Toxicidad específica de órganos blanco (exposición única) – Categoría 3 – Puede irritar las vías respiratorias, además de somnolencia y vértigo.

**ELEMENTOS GHS [SISTEMA GLOBALMENTE ARMONIZADO]**

Identificador SGA (Consejos de Precaución):



Palabras de advertencia: **Peligro**

|      |  |
|------|--|
| P234 | Conservar únicamente en el recipiente original.                                |
| P261 | Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol. |
| P264 | Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.                         |



Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

|                           |  |
|---------------------------|--|
| P271                      | Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.  |
| P280                      | Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.   |
| P301 + P330 + P331        | EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.   |
| P303 + P361 + P353        | EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Enjuagar la piel con agua/ducharse.   |
| P304 + P340 + P310        | EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.  |
| P305 + P351 + P338 + P310 | EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico |
| P363                      | Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.  |
| P390                      | Absorber el vertido para que no dañe otros materiales.   |
| P403 + P233               | Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.   |
| P405                      | Guardar bajo llave.  |
| P406                      | Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión de acero inoxidable con revestimiento interior resistente.  |
| P501                      | Eliminar el contenido/ el recipiente en una planta de eliminación de residuos autorizada.  |

### Consejos de prudencia:

|                |   |
|----------------|---|
| Prevención     | Leer instrucciones y precauciones antes de manipular el producto. Conservar únicamente en el recipiente original. Lavarse después de la manipulación. No respirar humos/gases/nieblas/vapores/aerosoles. Utilizar sólo al aire libre o en un lugar ventilado. Usar guantes/ropa protectora/equipo de protección para los ojos/la cara.  |
| Respuesta      | Si se ingiere No induzca el vómito. Dar a beber grandes cantidades de agua para diluir, Llamar a un médico. En caso de irritación cutánea: Lavar inmediatamente durante 15 minutos, consultar a un médico. En caso de contacto con los ojos: Enjuagar inmediatamente durante 15 minutos, consultar a un médico. En caso de inhalación: retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si la respiración fuera difícil, dar oxígeno. Consiga atención médica. |
| Almacenamiento | Almacenar en un recipiente que sea apropiado y proteja del daño físico. Mantenga fuera de la luz solar directa, lejos del calor y materiales incompatibles. Mantener el producto en su envase original.   |
| Eliminación    | Eliminar el recipiente en una planta de tratamiento de residuos aprobada, con las características del producto en el momento de su eliminación.   |

### Otros peligros:

Ninguno/a.

## 3 Composición/Información sobre los componentes

|                          |             |  |                  |                  |
|--------------------------|-------------|--|------------------|------------------|
| Identidad química:       | No. ONU:    | Sinónimos:   | No. CAS:         | Concentración:   |
| <b>ÁCIDO CLORHÍDRICO</b> | <b>1789</b> | <b>ÁCIDO MURIÁTICO ÁCIDO<br/>HIDROCLÓRIDICO,<br/>CLORURO DE HIDROGENO.</b> | <b>7647-01-0</b> | <b>20 – 40 %</b> |

Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

Impurezas y aditivos:

No contiene otros componentes o impurezas que puedan influir en la clasificación del producto.

### 4 Primeros auxilios

**Descripción de los primeros auxilios:**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Inhalación            | Se inhalará, retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si la respiración fuera difícil, dar oxígeno. Busque atención médica.   |
| Contacto con la piel  | Lave la piel inmediatamente con agua abundante por lo menos 15 minutos. Quitese la ropa y zapatos contaminados. Busque atención médica. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie los zapatos completamente antes de usarlos de nuevo.   |
| Contacto con los ojos | Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica.  |
| Ingestión             | Si se ingiere, dar a beber grandes cantidades de agua o leche. Puede ocurrir vómito espontáneo, pero NO LO INDUZCA. Si ocurre vómito, mantenga la cabeza más abajo que las caderas para evitar la aspiración a los pulmones. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. |

**Síntomas y efectos más importantes, agudos o crónicos:**

Provoca irritación ocular grave, quemaduras graves a la piel y es nocivo en caso de ingestión.

**Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y, en su caso, de tratamiento especial:**

No administrar nada por vía oral a una persona en estado inconsciente. En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta). Se recomienda el tratamiento sintomático. Los síntomas pueden ser retardados.

### 5 Medidas contra incendios

**Medios de extinción:**

|             |  |
|-------------|--|
| Adecuados   | Producto químico seco, espuma resistente al alcohol, anhídrido carbónico. Usar el medio de extinción adecuado de acuerdo con los demás materiales del entorno. |
| Inadecuados | N/D  |

**Peligros específicos de la sustancia química peligrosa o mezcla:**

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Combustible                        | Este producto no es considerado como combustible.               |
| Productos de combustión peligrosos | En un incendio se pueden formar gases peligrosos para la salud. |

**Medidas especiales que deberán seguir los grupos de combate contra incendio:**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Protección en caso de incendio | Los bomberos o el personal capacitado deben utilizar equipo de protección estándar incluyendo, chaqueta ignífuga, casco con pantalla, guantes, botas de goma y en caso de espacios cerrados, equipo autónomo de respiración. |
| Procedimientos especiales      | En el evento de un fuego, vestir protectores completos y aparato respiratorio autónomo con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva. La ropa                                    |

Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

protectora de los bomberos debe ser efectiva para incendios donde está presente este material. Evite que el agua de extinción del fuego afecte el entorno.

### 6 Medidas que deben tomarse en caso de derrame o fuga accidental

**Precauciones personales, equipo de protección y procedimiento de emergencia:**

|  |  |
|--|--|
| Precauciones personales  | Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Use el equipo de protección personal apropiado. Aísle el área de peligro. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido.  |
| Precauciones relativas al medio ambiente                               | No elimine en los drenajes ni a cursos de agua o suelo.  |
| Métodos y materiales para la contención y limpieza de derrames o fugas | Contenga y recupere el líquido cuando sea posible. Usar herramienta adecuada y recoja el líquido en un recipiente apropiado o absórbalo con un material inerte (ej. Vermiculita, arena seca o tierra) y colóquelo en un recipiente para desechos químicos. |

### 7 Manejo y almacenamiento

**Precauciones que se deben tomar para garantizar un manejo seguro:**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Manipulación                   | Utilizar un equipo de protección, según corresponda. Evitar el contacto en la piel, ojos y la ropa. Lavarse las manos a fondo después de manipular el producto. No comer, beber y fumar durante la utilización del producto. Quitarse la ropa y el equipo de protección personal contaminados al abandonar el área de trabajo o al ingresar a áreas destinadas al consumo de alimentos. Manipule los envases vacíos con cuidado porque los residuos son corrosivos. |
| Medidas de protección técnicas | Proteger de daños físicos, seguir las medidas adecuadas para evitar accidentes durante su manipulación o almacenamiento.  |
| Precauciones especiales        | N/D   |

**Condiciones de almacenamiento seguro, incluida cualquier incompatibilidad:**

|                |   |
|----------------|---|
| Almacenamiento | Mantener el envase cerrado herméticamente. Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y ventilado. |
| Incompatibles  | Almacenar alejado de aminas, álcalis, oxidantes o productos que promuevan una reacción exotérmica.                        |

### 8 Controles de exposición / protección personal

**Controles técnicos apropiados:**

En caso de que la concentración se encuentre cerca de los límites de exposición, apoyarse de un sistema de ventilación como puede ser una campana de extracción o algún sistema de extracción o venteo local. Evitar contacto directo con el producto.

**Parámetros de control:**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Límites de exposición laboral: | ÁCIDO CLORHÍDRICO (2 ppm 7 mg/m <sup>3</sup> ) Norma Oficial Mexicana NOM-010- STPS-1999, Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Manejen, Transporten, Procesen o Almacenen Sustancias Químicas Capaces de Generar Contaminación en el Medio Ambiente Laboral (03 2000) |
|--------------------------------|--|

**Medidas de protección individual (equipo de protección personal):**

Hoja de datos de seguridad  
 conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

- Protección de los ojos/la cara** Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector de cara completo donde el contacto no sea posible. Los lentes de contacto no deberían ser usados cuando se trabaje con este material.
- Protección de la piel** Usar ropa de protección adecuada y guantes de hule resistentes para evitar el contacto. En caso de contacto, lavarse rápidamente. Lavar la ropa y limpiar el equipo contaminado antes de usarlo de nuevo.
- Protección de las vías respiratorias** Si se excede el límite de exposición, se puede usar un respirador semifacial contra polvos/neblinas hasta diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de utilización que especifica el organismo de control apropiado o el fabricante del respirador, lo que sea más bajo. Se puede usar un respirador facial.



### 9 Propiedades físicas y químicas

|  |   |                          |
|--|---|--------------------------|
| Apariencia   | → | Líquido incoloro         |
| Olor   | → | Picante                  |
| Umbral del olor  | → | N/D                      |
| pH   | → | 0.1 (1N solución acuosa) |
| Punto de fusión/punto de congelación                       | → | -35°C                    |
| Punto inicial e intervalo de ebullición                    | → | 48°C                     |
| Punto de inflamación                                       | → | N/A                      |
| Velocidad de evaporación                                   | → | N/D                      |
| Inflamabilidad (sólido o gas)                              | → | N/D                      |
| Límite superior/inferior de inflamabilidad o explosividad; | → | N/D                      |
| Presión de vapor   | → | 14.1 kPa                 |
| Densidad de vapor (aire=1)                                 | → | N/D                      |
| Densidad relativa  | → | 1.18 (20°C)              |
| Solubilidad(es)  | → | N/A                      |
| Coefficiente de partición: n-octanol/agua                  | → | N/D                      |
| Temperatura de ignición espontánea;                        | → | N/A                      |

Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

|                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| Temperatura de descomposición | → N/D               |
| Viscosidad                    | → N/D               |
| Peso molecular                | → 36.46 g/mol (HCl) |

NA = No Aptica ND= No se Dispone

### 10 Estabilidad y reactividad

|  |  |
|--|--|
| Reactividad                            | No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal.   |
| Estabilidad química                    | El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación. |
| Posibilidad de reacciones peligrosas   | La polimerización peligrosa no ocurre. No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal.  |
| Condiciones que deberán evitarse       | Contacto con materiales incompatibles.   |
| Materiales incompatibles               | Almacenar alejado de aminas, álcalis, oxidantes o productos que promuevan una reacción exotérmica.   |
| Productos de descomposición peligrosos | En condiciones normales de almacenamiento y uso, no se deberían formar productos de descomposición peligrosos.   |

### 11 Información toxicológica

Información sobre los efectos toxicológicos.

|  |   |
|--|---|
| Toxicidad aguda                        | Nocivo en caso de ingestión.  |
| Oral (Producto):                       | N/D   |
| Dérmico (Producto):                    | N/D   |
| Inhalación (Producto):                 | N/D   |
| Corrosión/irritación cutánea           | Provoca quemaduras graves a la piel.  |
| Lesión ocular grave/irritación ocular  | Provoca lesiones oculares graves.   |
| Sensibilización respiratoria o cutánea | No es un Sensibilizante cutáneo.  |
| Mutagenicidad en células germinales    | No se conocen efectos significativos o riesgos que lo clasifiquen como carcinógeno.                 |
| Carcinogenicidad                       | No se conocen efectos significativos o riesgos que lo clasifiquen como tóxico para la reproducción. |

Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

|   |   |
|---|---|
| Toxicidad para la reproducción  | N/D   |
| Toxicidad sistémica específica del órgano blanco-Exposición única       | Irritación de las vías respiratorias.   |
| Toxicidad sistémica específica del órgano blanco-Exposiciones repetidas | No hay datos disponibles.   |
| Peligro por aspiración  | No se conocen efectos significativos o riesgos que lo clasifiquen como carcinógeno. |
| Otros efectos   | N/D   |

### 12 Información ecotoxicológica

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Toxicidad                   | N/D  |
| Potencial de bioacumulación | N/D  |
| Movilidad en el suelo       | No hay datos disponibles sobre la bioacumulación o degradabilidad del producto.  |
| Otros efectos adversos      | Se espera que sea muy tóxico para los organismos acuáticos. Puede causar efectos adversos a largo plazo en el medio ambiente. Grandes cantidades del producto pueden afectar el pH del agua, con el riesgo de efectos nocivos para los organismos acuáticos. |

### 13 Información relativa a la eliminación de los productos

#### Métodos de eliminación:

|            |   |
|------------|---|
| Generales  | Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. No se deben utilizar los sistemas de alcantarillado de aguas residuales para deshacerse de cantidades significativas de desechos del producto, debiendo ser estos procesados en una planta de tratamiento de efluentes apropiada. La eliminación del producto sobrante y no reciclable debe realizarse a través del confinamiento de los residuos para su eliminación. La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos de las autoridades locales.   |
| Especiales | Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. Los envases residuales deben reciclarse; deben ser vaciados de forma óptima para que tras un lavado correspondiente puedan reutilizarse. Sólo se deben contemplar la incineración o el enterramiento cuando el reciclaje no sea factible. Eliminar los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles. Deben tomarse precauciones cuando se manipulen recipientes vaciados que no hayan sido limpiados o enjuagados. Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto. El vapor procedente de residuos del producto puede crear una atmósfera altamente inflamable o explosiva en el interior del recipiente. No cortar, soldar ni esmerilar recipientes usados salvo que se hayan limpiado a fondo por dentro. Evitar la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, el medio acuático, los desagües y las alcantarillas. |

Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

### 14 Información relativa al transporte

|  |  |
|--|--|
| Número ONU                                 | 1789   |
| Designación oficial de transporte          | ÁCIDO CLORHÍDRICO.   |
| Clase(s) relativas al transporte           | Clase 8  |
| Grupo de embalaje / envasado, si se aplica | II   |
| Riesgos ambientales                        | N/D  |
| Precauciones especiales para el usuario    | Las disposiciones concernientes a las mercancías que se deben cumplir dentro de las instalaciones laborales. |

### 15 Información Reglamentaria

Reglamentos de seguridad, salud y medio ambiente específicas para el producto en cuestión México. Sustancias que están sujetas a ser reportadas en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes (PRTR), No se aplica.  
Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.

- Ley General de Protección Civil.
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligroso.
- NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control.
- NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-002-SCT-2011, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- NOM-005-SCT/2008, Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NMX-R-019-SCFI-2011, Sistema armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos.

### 16 Otra información

La información se considera correcta, pero no es exhaustiva y se utilizará únicamente como orientación, la cual está basada en el conocimiento actual de la sustancia química o mezcla y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto.

La información aquí contenida está basada en el conocimiento y experiencia actuales; no se acepta ninguna responsabilidad si es insuficiente o correcta en todos los casos. El usuario debe considerar estos datos como suplemento únicamente de otra información que haya obtenido por su propia experiencia para garantizar el uso y la eliminación apropiados de estos materiales, la seguridad y salud de empleados y clientes, así como la protección del medio ambiente.

Hoja de datos de seguridad  
conforme a la NOM-018-STPS-2015



## ÁCIDO CLORHÍDRICO

Clasificación de riesgo NFPA



|        |                  |
|--------|------------------|
| Red    | Inflamabilidad   |
| Blue   | Salud            |
| Yellow | Reactividad      |
| White  | Peligro especial |

Clase de peligro: 0 – Mínimo; 1 - Leve; 2 - Moderado; 3 - Serio; 4 – Grave





Anexo 4 Hoja de seguridad del NaOH



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

HIDROXIDO DE SODIO (Lentejas)

Rev. 0  
 Fecha de Elaboración: 26 / Ene / 08  
 Fecha de Actualización: 26 / Ene / 08

SECCIÓN I. DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa: **QUÍMICA SUASTES, S.A. DE C.V.**  
 En caso de emergencia comunicarse al: Tel.: 5859 8976 / 5859 8975  
 Fax: 5859 8976  
 Col. Del Mar, Delegación Tláhuac  
 Domicilio: Calle Pámpano No. 7  
 C.P. 13270, México, Distrito Federal

SECCIÓN II. DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

Nombre químico del producto: **HIDRÓXIDO DE SODIO**  
 Sinónimos: Sosa Cáustica  
 Fórmula molecular: NaOH  
 Peso molecular: 40.00  
 Familia química: **HIDRÓXIDOS**  
 Uso del producto: Reactivo de laboratorio.

SECCIÓN III. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

III.1 Identificación

Numero CAS: 1310-73-2  
 Numero ONU: 1823  
 LMPE (PPT, CT, P): **2 mg /m3**  
 IPVS: **NA**

III.2 Clasificación de riesgos NFPA

Salud: **3** Seriamente peligroso  
 Inflamabilidad: **0** Minimamente peligroso  
 Reactividad: **1** Ligeramente peligroso.  
 EPP **F ANTEOJOS DE SEGURIDAD, GUANTES, MANDIL Y RESPIRADOR PARA POLVOS**  
 Color de almacenaje: **Blanco**

III.3 De los componentes riesgosos

| COMPONENTE         | No. CAS   | No. ONU | CONTENIDO (%) | LMPE (PPT,CT,P) |
|--------------------|-----------|---------|---------------|-----------------|
| HIDROXIDO DE SODIO | 1310-73-2 | 1823    | 99 – 100 %    | 2 mg /m3        |

SECCIÓN IV. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto físico y olor: Perdigones delicuescentes blancas. Sin olor  
 Peso específico: 2.13  
 Presión de vapor (mmHg): Insignificante  
 Solubilidad en agua @25 °C: NA  
 Punto de fusión: 318°C (604°F)  
 Punto de ebullición: 1390C (2534°F)  
 Densidad del vapor (aire = 1): >> 1.0



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

HIDROXIDO DE SODIO (Lentejas)

Rev. 0  
 Fecha de Elaboración: 26 / Ene / 08  
 Fecha de Actualización: 26 / Ene / 08

Temperatura de inflamabilidad: NA  
 Temperatura de auto ignición: NA  
 pH: 13 - 14 (0.5% soln.)

SECCIÓN V. RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN

**PELIGRO DE EXPLOSIÓN** No considerado ser peligro de fuego. El material caliente o fundido puede reaccionar violentamente con agua.

Medios de extinción: Utilicen cualquier medio apropiado para extinguir fuego alrededor.

Procedimientos especiales: En el evento de un fuego, vestir protectores completos y aparato respiratorio autónomo con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva.

Descomposición: Óxido de sodio. La descomposición por reacción con ciertos metales libera gas de hidrógeno inflamable y explosivo.

SECCIÓN VI. DATOS DE REACTIVIDAD

Estabilidad: Almacenar de acuerdo a las consideraciones de la sección VII. Puede absorber lentamente la humedad del aire y reaccionar con el dióxido de carbono del aire para formar carbonato de sodio.

Incompatibilidad: Contacto con agua, los ácidos, los líquidos inflamables, y el halógeno orgánico los compuestos, especialmente tricloroetileno, pueden causar el fuego o la explosión. Entre en contacto con nitrometano y otras causas nitro similares de los compuestos formación de sales dar una sacudida eléctrica-sensibles. Contacto con los metales tales como aluminio, la lata, y el cinc causa la formación de gas de hidrógeno inflamable.

Polimerización peligrosa: No ocurriría

Condiciones a evitar: Calor, incompatibles.

SECCIÓN VII. RIESGOS A LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS

VII.1 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Hidróxido de Sodio: Datos de irritación: piel, de conejos: 500 mg/24H severa; Ojo de conejos: 50 ug/24H severa.

VII.2 PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación.** Si inhalado, remueva al aire fresco. Si el paciente no está respirando, de respiración artificial. Si la respiración es difícil, de oxígeno. Llame al medico.

**Ingestión.** Si tragara, NO induzca vomitar. Dar cantidades grandes de agua. Nunca de nada por boca a una persona inconsciente. Llame un médico inmediatamente.

**Contacto con la piel.** Lave la piel inmediatamente con agua abundante por lo menos 15 minutos, mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Llame al doctor inmediatamente. Lave la ropa antes de usarla nuevamente.

**Contacto con los ojos.** Lave los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Busque atención médica inmediatamente.

Página 2 de 4

QS-FORSH-02.01  
 Rev. 00 / 30 de noviembre de 2007



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

HIDROXIDO DE SODIO (Lentejas)

Rev. 0  
 Fecha de Elaboración: 26 / Ene / 08  
 Fecha de Actualización: 26 / Ene / 08

VII.3 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Ha sido investigado como mutagénico

Nota al Médico:

Realice endoscopías en todos los casos donde se sospecha ingestión de hidróxido de sodio. En casos de severa corrosión esofágica, se debe considerar el uso de dosis terapéuticas de esteroides. Se requieren además medidas generales de sostén con verificación continua del intercambio de gases, equilibrio ácido base, electrolitos e ingestión de fluidos.

SECCIÓN VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

Ventile el área donde ocurrió la fuga o derrame. Elimine todas las fuentes de ignición. Use el apropiado equipo protector personal. Aísle el área de peligro. Evite la entrada de personal innecesario y no protegido. Contenga y recupere el líquido cuando sea posible. Use herramientas y equipo que no formen chispas. Recoja el líquido en un recipiente apropiado o absorbalo con un material inerte (ej. vermiculita, arena seca o tierra) y colóquelo en un recipiente para desechos químicos. No use materiales combustibles como el serrín. ¡No lo elimine en los drenajes!

Para información de **EMERGENCIA EN TRANSPORTACIÓN** llamar al Sistema de Emergencias en Transporte de la Industria Química SETIQ: 01 800 0021400 para el interior de la República y 01(55)5559 15 88 para el D.F. y Zona Metropolitana, las 24 horas del día. Para información de urgencia sobre salud, seguridad y medio ambiente llamar al teléfono 01(55)5859 8976 en México, D.F.

SECCIÓN IX. PROTECCIÓN ESPECIAL PARA CASOS DE EMERGENCIA

- Ventilación:** Se recomienda un sistema de escape local y/o general para las exposiciones de empleados debajo de los Límites de Exposición Aérea. En general, se prefiere la ventilación de extractor local debido a que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo.
- Protección respiratoria:** Si se excede el límite de exposición, se puede usar un respirador semifacial contra polvos/neblinas hasta diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de utilización que especifica el organismo de control apropiado o el fabricante del respirador, lo que sea más bajo. Se puede usar un respirador facial
- Protección de ojos:** Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector de cara completo donde el contacto no sea posible. Los lentes de contacto no deberían ser usados cuando se trabaje con este material.
- Protección de la piel:** Usar ropa de protección adecuada y guantes de hule resistentes para evitar el contacto. En caso de contacto, lavarse rápidamente. Lavar la ropa y limpiar el equipo contaminado antes de usar lo de nuevo.

SECCIÓN X. INFORMACIÓN PARA SU TRANSPORTACIÓN

|  |                    |
|--|--------------------|
| Carretera:                               | Tierra (D.O.T.)    |
| Nombre legal de embarque:                | HIDROXIDO DE SODIO |
| Clase peligrosa:                         | 8                  |
| UNNA:                                    | 1823               |
| Grupo de empaque:                        | II                 |
| Guía de Respuesta en caso de Emergencia: | 154                |

SECCIÓN XI. INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA

Toxicidad Ambiental:  
 Página 3 de 4

QS-FORSH-02-01  
 Rev. 00 / 30 de noviembre de 2007



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

HIDROXIDO DE SODIO (Lentejas)

Rev. 0  
Fecha de Elaboración: 26 / Ene / 08  
Fecha de Actualización: 26 / Ene / 08

No se encontró información.

SECCIÓN XII. PRECAUCIONES ESPECIALES

**ALMACENAMIENTO:** Guarde en un envase cerrado herméticamente. Almacene en un área fresca, seca y bien ventilada. Proteja contra los daños físicos. Separe de los ácidos y álcalis. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (vapores, líquido); observe todas las advertencias y precauciones que se listan para el producto. Proteja de la congelación.

**DESECHO:** Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado en una instalación para eliminación de desechos apropiada y aprobada. Aunque no figura en la lista de RCRA como un material peligroso, este material puede presentar una o más características de los desechos peligrosos y requiere un análisis apropiado para determinar los requerimientos específicos de desecho. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo del desecho. Las regulaciones de desechos estatales y locales pueden diferir de las regulaciones federales de desecho.

Deseche el envase y el contenido no usado de acuerdo con los requerimientos federales, estatales y locales.

Este documento ha sido preparado de acuerdo con los requisitos de la norma **NOM-018-STPS-2000**, de comunicación de peligros por sustancias químicas.

La información aquí contenida está basada en el conocimiento y experiencia actuales; no se acepta ninguna responsabilidad si es insuficiente o incorrecta en todos los casos. El usuario debe considerar estos datos como suplemento únicamente de otra información que haya obtenido por su propia experiencia para garantizar el uso y la eliminación apropiados de éstos materiales, la seguridad y salud del personal y clientes, así como la protección del medio ambiente.

Hoja de Datos de Seguridad de materiales preparada por: Subdirección de Control de Operaciones – Proceso de Seguridad e Higiene de Química Suastes, S.A. de C.V.

Ricardo Suastes Torales  
Responsable de Seguridad e Higiene

*Anexo 5 Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo con los parámetros a determinar*

| Determinación <sup>1</sup> | Recipiente <sup>2</sup> | Volumen mínimo de muestra, (ml) | Tipo de muestra <sup>3</sup> | Preservación <sup>4</sup>   | Almacenamiento máximo recomendado <sup>5</sup> |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|---|--|
| Aceites y grasas           | V                       | 1000                            | s, c                         | Añadir HCL hasta pH < 2, Refrigerar   | 28 d   |
| Acidez                     | P, V                    | 100                             | s                            | Refrigerar  | 14 d   |
| Alcalinidad                | P, V                    | 200                             | s                            | Refrigerar  | 14 d   |
| Boro                       | P                       | 100                             | s, c                         | No requiere   | 6 meses  |
| Bromuro                    | P, V                    | 100                             | s, c                         | No requiere   | 28 d   |
| Carbono orgánico, total    | V                       | 100                             | s, c                         | Análisis inmediato; o refrigerar y agregar H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2 | 28 d   |
| Cianuro total              | P, V                    | 500                             | s, c                         | Agregar NaOH hasta pH>12, refrigerar en la oscuridad  | 14 d <sup>6</sup>                              |
| Cloro residual             | P, V                    | 500                             | s                            | Análisis inmediato  | —  |
| Cloruro                    | P, V                    | 50                              | s, c                         | No requiere   | 28 d   |
| Color                      | P, V                    | 500                             | s, c                         | Refrigerar  | 48 h   |
| Plaguicidas                | V(S), tapón de TFE      | 1000                            | s, c                         | Refrigerar; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual   | 7 d hasta la extracción                        |
| Fenoles                    | P, V                    | 500                             | s, c                         | Refrigerar; agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2   | 40 d después de extraer                        |
| COV                        | V, tapón de TFE         | 2 × 40                          | s                            | Refrigerar; agregar HCl hasta pH<2; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual                           | 14 d   |
| Conductividad              | P, V                    | 500                             | s, c                         | Refrigerar  | 28 d   |
| DBO                        | P, V                    | 1000                            | s                            | Refrigerar  | 48 h   |
| DQO                        | P, V                    | 100                             | s, c                         | Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar                       | 28 d   |
| Fluoruro                   | P                       | 300                             | s, c                         | No requiere   | 28 d   |

## Anexos

|                       |             |     |      |   |                                    |
|-----------------------|-------------|-----|------|---|------------------------------------|
| Fosfato               | V(A)        | 100 | s    | Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente; refrigerar  | 48 h                               |
| Metales, general      | P           | 500 | s    | Filtrar <sup>7</sup> , agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH<2                                      | 6 meses                            |
| Cromo VI              | P (A), V(A) | 300 | s    | Refrigerar  | 24 h                               |
| Mercurio              | P (A), V(A) | 500 | s, c | Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH<2, 4° C, refrigerar   | 28 d                               |
| Amoniaco              | P, V        | 500 | s, c | Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar | 28 d                               |
| Nitrato               | P, V        | 100 | s, c | Analizar lo más pronto posible o refrigerar   | 48 h (28 d para muestras cloradas) |
| Nitrato + nitrito     | P, V        | 200 | s, c | Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2, refrigerar                                   | 28 d                               |
| Nitrito               | P, V        | 100 | s, c | Analizar lo más pronto posible o refrigerar   | 48 h                               |
| pH                    | P, V        | 50  | s    | Análisis inmediato  | —                                  |
| Sólidos en suspensión | P, V        | 200 | s, c | Refrigerar  | 2-7 d, ver protocolo               |
| Sulfato               | P, V        | 100 | s, c | Refrigerar  | 28 d                               |
| Sulfuro               | P, V        | 100 | s, c | Refrigerar; agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL; agregar NaOH hasta pH>9               | 7 d                                |
| Temperatura           | P, V        | —   | s    | Análisis inmediato  | —                                  |
| Turbidez              | P, V        | 100 | s, c | Analizar el mismo día; para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar                        | 48 h                               |

### Notas:

1.- P= plástico, V= vidrio; V(A) o P(A)= enguadado con HNO<sub>3</sub>; V(B)= vidrió, enguadado con solventes orgánicos o secado en estufa .

2.- s= simple o puntual; c=compuesta.

4.-Refrigerar: almacenar a 4 ° C en ausencia de luz.

