

## **TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL QUE SE OBTIENE DEL PROCESO DE LA OBTENCIÓN DE LA QUITINA-PROTEÍNA-QUITOSANO DE LOS DESECHOS DE CAMARÓN**

**Amada-Yerén Escobedo Lozano<sup>1\*</sup>, José-Ramón Quiñonez Osuna<sup>2</sup>**

1) Instituto Tecnológico de Mazatlán, Departamento de química y bioquímica. Calle Corsario 1 No. 203, Col. Urías, Mazatlán, Sinaloa. Correo electrónico: aescobedo@itmazatlan.edu.mx.

2) Instituto Tecnológico de Mazatlán, Departamento de ingeniería mecánica. Calle Corsario 1 No. 203, Col. Urías, Mazatlán, Sinaloa. Correo electrónico: jrquinonezosuna@itmazatlan.edu.mx.

*Recibido: Agosto 2017; Aceptado: Octubre 2017*

### **RESUMEN**

El efluente que se genera al tratar con ácido y alcalí los desechos de camarón si se desecha al ambiente contamina ecosistemas por lo que es importante dar un tratamiento al efluente. En esta investigación los desechos del mismo (cáscara y cabeza) los aprovechamos para obtener dos productos con valor agregado y los residuos que se generan del proceso son tratados. El agua residual se neutralizó antes de pasar por el sistema de filtración. El primer filtro fue el de sedimentos, posteriormente, paso por el filtro de carbón activado, el tercer filtro fue el filtro suavizador y el último filtro por un equipo de osmosis inversa. Se tomaron muestras de agua para los análisis físicos (olor, color y pH), químicos (dureza, alcalinidad, grasas y aceites, sólidos) y microbiológicos (mesófilos y coliformes totales y fecales). Se obtuvieron 70 g de proteína y 150 g de quitosano por el método de extracción química. De acuerdo a los valores fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en las muestras de agua se reflejo que el sistema de filtración fue el adecuado para obtener un agua de reuso para este proceso específicamente.

**Palabras claves:** tratamiento, filtración, agua residual.

### **ABSTRACT**

The effluent that is generated when dealing with acid and alkaline waste of shrimp if discarded to the environment contaminates ecosystems so it is important to give a treatment to this it. In this research the wastes from the same (shell and head) we take advantage of to obtain two products with added value and the residues that are generated of the process are treated. The waste water was neutralized before passing through the filtration system. The first filter through which the wastewater passed was the sediment filter, later the activated carbon filter, the third filter was the softener filter and the last filter was to pass through a reverse osmosis system. Water samples were collected for physical (odor, color and pH), chemical (hardness, alkalinity, fats and oils, solids) and microbiological analyzes (mesophiles and total and fecal coli forms). 70 g of protein and 150 g of chitosan were obtained by the method of chemical extraction. According to the physicochemical and microbiological values indicated that this effluent after to pass through a reverse osmosis system can be reused in this process specifically.

**Key words:** treatment, filtration, waste water.

## **INTRODUCCIÓN**

El método más utilizado para la obtención de quitina-quitosano es el químico, el cual consiste en someter a los desechos de camarón a una reacción ácida (para eliminar los minerales), otra reacción con álcali (para eliminar la proteína y obtener quitina) y una última reacción con álcali concentrado para derivatizar la quitina a quitosano. Dependiendo del uso que se le dé al biopolímero y la calidad que se quiera obtener, el orden de las reacciones cambia, así como los tiempos de calentamiento y agitación [1]. En este caso, el método de extracción consiste en mezclar

los exoesqueletos del camarón en ácido diluido y reaccionar por un tiempo de 3 horas a 37°C, seguido por mezclar los exoesqueletos del camarón con álcali diluido y reaccionar durante 2,5 horas a 60°C, obteniendo quitina, la cual reacciona con álcali al 50% durante 2,5 horas a 85°C para obtener un quitosano grado comercial.

El agua juega un papel muy importante en los procesos químicos ya que con ésta se realizan lavados para limpiar y arrastrar cualquier tipo de impurezas que se encuentre en el producto el cual se esté procesando, en este proceso de extracción de quitina–proteína–quitosano, se utiliza agua para eliminar las soluciones de ácido y álcalis utilizadas durante la extracción. El agua además de eliminar estas soluciones corrosivas, también arrastra los componentes que son liberados durante las reacciones del proceso. Estos componentes son grasas y aceites, pigmentos, minerales y proteínas, los cuales forman un agua residual, que si se desecha al ambiente contamina el ecosistema [2,3] y al pasar por las tuberías pueden causar problemas similares a la incrustación, pero la corrosión también puede dar lugar a fugas, que en un sistema a presión puede ocasionar fallas catastróficas.

Esto debe evitarse, así como la contaminación de ecosistemas, ya que a través del tiempo se ha venido modificando el medio ambiente, el cual ha dado señales de una inminente crisis, transformaciones que, a su vez, han causado significativos impactos a la sociedad mundial. Dado que el planeta Tierra es un sistema cerrado en materiales (es decir, que no intercambia materia con su entorno) y abierto en energía (que recibe la radiación solar y emite calor hacia el espacio), hoy se sabe que el desarrollo sustentable de la biosfera puede construirse si se cierran los ciclos de materiales con apoyo en la energía solar: en la biosfera la energía solar mueve los ciclos de materiales como el agua la rueda de un molino. Estos ciclos hacen que los residuos se reconvirtan permanentemente en recursos, o también que todos los materiales sean objeto de reutilizaciones sucesivas, sin que queden recursos ni residuos en reserva, ya que todo se reutiliza hasta el final [4]. Por lo que en este trabajo se podría decir que cierra el ciclo del camarón como recurso pesquero, es decir, los desechos del mismo (cáscara y cabeza) los aprovechamos para obtener dos productos con valor agregado y los residuos que se generan del proceso son tratados. Por lo que, en ésta investigación el agua residual que se forma, se neutralizó y se valoró su tratamiento físico con la finalidad de obtener un agua apta para reutilizarse en los procesos sucesivos de extracción de la proteína–quitina y su derivatización a quitosan. Según la OMS (2005) el agua puede ser uno de los principales transmisores de enfermedades entéricas si se llegara a consumir en estado contaminado; entre los microorganismos indicadores del agua potable, se pueden encontrar las bacterias del grupo coliforme, perteneciendo a este grupo, géneros como: *Escherichia coli*, *Enterobacter spp*, *Klebsiella spp* y *Citrobacter spp*; los cuales, generalmente se pueden encontrar en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo [3]. Es por esto, que en este estudio además de

tratar físicamente el agua residual, analizarla fisicoquímicamente, también se analizó microbiológicamente

Para tratar agua residual existen diferentes métodos físicos, químicos y biológicos, cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final [5]. Es por ello, que en esta investigación se aplicó el tratamiento físico, que consiste en una serie de filtros con distintos tamaños de poro y distintos tipos de materiales con capacidades de adsorción específicas, con el objetivo de remover la mayor cantidad residuos y contaminantes en el agua, en el caso del agua que es obtenida en el proceso de extracción de quitosano–proteína es el más eficaz ya que en el caso de un tratamiento biológico se necesita una mayor área para el tratamiento del agua. En el caso del sistema de tratamiento físico empleado no es necesaria una gran superficie, ya que esta solo cuenta con un filtro de sedimentos seguido por un filtro de carbón activado, así para después pasar por un filtro suavizador y al final por un filtro de osmosis inversa, el cual se deposita en tinacos de diversos tamaños.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Obtención de la proteína–quitina y quitosano de los desechos de camarón.** Los desechos del camarón se lavaron, se secaron durante 24 horas a 45°C y se molieron en una licuadora industrial para facilitar su manipulación durante el proceso y finalmente se pesó 1 kg, el cual se colocó en un matraz contenido una solución de HCl 2,1 M en una relación 1:10 p/v a una temperatura de 37°C durante 3 horas. Posteriormente, se realizó la desproteinización de la muestra con una solución de NaOH al 2 N a una temperatura de 60°C durante 2,5 horas de agitación constante para asegurar una completa desproteinización. La quitina obtenida, finalmente se sometió al proceso de desacetalización, mediante el cual, se pesó una cantidad de la quitina obtenida y se vertió en una solución de NaOH al 50% en una relación 1:10 p/v, durante 2,5 horas a 85°C. El producto obtenido es el quitosano. En cada una de las etapas del proceso, el producto obtenido fue lavado cuidadosamente con agua potable y destilada hasta obtener un pH neutro.

**Tratamiento físico del agua residual.** El agua residual que se formó del proceso de obtención proteína–quitina–quitosano, se neutralizó antes de pasar por el sistema de filtración. El primer filtro por el cual pasó el agua residual fue el filtro de sedimentos cuya función principal es actuar como pantalla para retirar estas partículas del agua. Posteriormente, pasó por el filtro de carbón activado que se empleó para la eliminación tanto de compuestos orgánicos refractarios, como de las concentraciones residuales de compuestos inorgánicos como nitrógeno, sulfuros y

metales pesados. El tercer filtro fue el filtro suavizador cuya función fue eliminar del agua residual iones como el calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) y el último filtro fue pasar por un equipo de osmosis inversa que elimina impurezas, sedimentos, bacterias, olores, colores y hongos.

**Muestras de agua para su análisis, físico-químico y microbiológico.** La primera muestra fue el agua potable con la que se lavaron los desechos de camarón durante el proceso descrito anteriormente, cuyos parámetros sirvieron como punto de partida y comparación a la vez para saber si el agua residual tratada se obtendría con valores similares al agua potable. La última muestra fue la obtenida después del filtro de osmosis inversa para conocer si era agua apta de reúso en este proceso. Se recolectaron 3 L de agua de cada muestra para los análisis fisicoquímicos, 1 L de agua de cada muestra para el análisis de grasas y aceites, para su conservación se adicionaron 5 mL de HCl concentrado por muestra. En el caso de las muestras para análisis microbiológicos se colectaron en frascos estériles e inmediatamente de tomar la muestra se procedió a su análisis. El resto de las muestras de agua se guardaron en refrigeración para su posterior análisis. Todos los análisis se realizaron por triplicado y son descritos a continuación.

**Análisis físico-químico de las muestras de agua. Determinación de sólidos.** Estos se realizaron de acuerdo a la (NMX-AA-034) [6]. El principio de este método se basa en la medición cuantitativa de los sólidos y sales disueltas así como, la cantidad de materia orgánica contenidos en aguas naturales y residuales, mediante la evaporación y calcinación de la muestra filtrada o no, en su caso, a temperaturas específicas, en donde los residuos son pesados y sirven de base para el cálculo.

**Determinación de la alcalinidad.** Se utilizó la (NMX-AA-036) [7]. Este método está basado en la medición de la acidez o alcalinidad en el agua por medio de una valoración de la muestra empleando como disolución valorante, un álcali o un ácido según sea el caso de concentración perfectamente conocida.

**Determinación de la dureza.** Se realizó el análisis de dureza para determinar la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio, para su determinación nos apoyamos a la (NMX-AA-072) [8]. El método se basa en la formación de complejos por la sal disódica del ácido etilen diamino tetraacético (EDTA) con los iones calcio y magnesio. El método consiste en una valoración empleando un indicador visual de punto final, el negro de eriocromo T, que es de color rojo en la presencia de calcio y magnesio y vira a azul cuando estos se encuentran acomplejados o ausentes. El complejo del EDTA con el calcio y el magnesio es más fuerte que el que estos iones forman con el negro de eriocromo T, de manera que la competencia por los iones se desplaza hacia la formación

de los complejos con EDTA desapareciendo el color rojo de la disolución y tornándose azul.

**Determinación del pH:** Las muestras de agua tomadas durante el tratamiento del agua residual se midieron con potenciómetro. Para esto nos apagamos a la (NMX-AA-008) [9] que establece que el método de prueba para determinar el pH en aguas naturales, salinas, residuales y residuales tratadas. El pH es una medida de acidez, alcalinidad de una disolución, indica la concentración de iones hidrógeno  $[H]^+$  presentes en determinadas disoluciones.

**Determinación de grasas y aceites:** Para realizar la determinación de grasas y aceites es necesario medir el pH de las muestras el cual debe ser menor de 2, si no tenían este valor se acidificó con ácido clorhídrico 1:1 ó ácido sulfúrico 1:1. El método que se utilizó fue el de *Soxhlet*, cuyo solvente de extracción fue el hexano, la extracción se realizó durante 4 horas y se dejó evaporar el disolvente. El matraz de extracción libre de disolvente se coloca en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente. Se Peso el matraz de extracción hasta peso constante y se determinó la concentración de grasas y aceites recuperables.

**Determinación de olor:** Se aseguro que todo el material que se utilizó en este análisis estuvo libre de olor. Posteriormente para determinar el orden de magnitud de la intensidad de olor, la dilución de prueba se hizo transfiriendo con pipeta 25 mL de muestra en un matraz de los ya especificados, se diluyó hasta un volumen total de 200 mL con 175 mL de agua libre de olor a 40°C. Se mezcló vigorosamente rotando el matraz tres o cuatro veces, se quitó la tapa y se colocó la nariz en la punta del matraz. Se analizó el olor usando una inhalación normal y se comparó con un matraz conteniendo agua libre de olor. Se prepararon diluciones sucesivas hasta que ya no se percibió ningún olor y se anotó la alícuota a la cual el olor es menos perceptible.

**Determinación de color.** Se prepararon disoluciones intermedias en incrementos desde 2,5 a 100 unidades. Se midió previamente el pH de las muestras usando un potenciómetro debidamente calibrado para poder determinar el color de la muestra llenando un tubo *Nessler* o similar hasta la marca de 50 mL y comparar con las disoluciones intermedias. Si el color excede de 70 unidades, se diluye la muestra con agua destilada en proporciones conocidas hasta que el color sea menor de 70 y mayor de 20 unidades Pt-Co. El agua residual presentó turbiedad por lo que se centrifugó hasta que la muestra estuvo totalmente clara.

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA

**Determinación de bacterias mesofílicas aeróbicas.** Se utilizó la técnica de dilución en placa en agua según la *Norma Oficial Mexicana* (NOM-092) [10]. Esta técnica cuenta el número total de microorganismos presentes en un producto y refleja además si el manejo sanitario del producto ha sido el adecuado. Esta técnica se fundamenta en el conteo de las colonias que se

desarrollan en el medio de elección después de un cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio.

**Determinación de coliformes totales y fecales:** Se realizó mediante la técnica del número más probable (NMP) de acuerdo a la *Norma Oficial Mexicana* (NOM-112, [11]). Este análisis es importante porque gran variedad de microorganismos patógenos son expulsados en las heces de personas infectadas y transmisores, y llegan a entrar en los suministros de agua [12], el cual el agua es el medio donde se encuentran los camarones. Este método se basa en que las bacterias coliformes, fermentan la lactosa incubadas a  $35\pm1^{\circ}\text{C}$  durante 24 a 48 horas, resultando una producción de ácidos y gases, los cuales se manifiestan en las campañas de fermentación.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

**Obtención de la proteína–quitina y quitosano de los desechos del camarón.** La técnica que se utilizó para obtener la proteína fue la de precipitación, para ello se utilizaron las aguas con alcalí y ácido que salieron de los lavados de los desechos del camarón durante el proceso. Las aguas se mezclaron hasta un pH de 2,8 que fue el punto en el que las proteínas precipitaron, se dejó durante algunas horas hasta que sedimentarán completamente las proteínas y se separaron por decantación. Obtenidas éstas, se dejaron secar a temperatura ambiente para su pesado, el cual fue de 70 g y se guardaron para su análisis proximal que será presentado en otro trabajo. El quitosano se obtuvo de la reacción de la quitina con NaOH 50%, también se dejó secar a temperatura ambiente y se registró su peso que fue de 150 g. En la Figura 1 se pueden observar los dos subproductos con valor agregado obtenidos.



Figura 1. a) Proteína, y b) quitosano obtenidos del proceso químico sustentable.

**Tratamiento físico del agua residual.** Para la elección de los filtros se tuvo que analizar teóricamente los componentes de los desechos de camarón y se encontró que los principales son quitina en la endocutícula del camarón con depósitos granulares de pigmentos tipo melaninas, fuertemente calcificada, que contiene derivados de carotenoides y la capa descalcificada constituida por asociaciones quitina–proteína, denominada también pro–cutícula [13]. Estos componentes formaron parte del agua residual junto con el ácidos clorhídrico (HCl 2,1 M) y el hidróxido de sodio (2 N y al 50%) utilizados durante el proceso. Antes de pasar el agua residual por el sistema de filtración se confirmo que estuviera neutro para no dañar los filtros. Cada uno de los filtros fue eliminando ciertos componentes del agua residual. El filtro de sedimentos con filtro de lecho profundo elimino sólidos con tamaño de partícula de 20 micras y mayor, el filtro de carbón activado que se utilizó fue para eliminar metales, compuestos orgánicos refractarios, como de las concentraciones residuales de compuestos inorgánicos como nitrógenos, sulfuros y metales pesados que pudiera contener. Posteriormente paso por un filtro suavizador cuyo filtro fue una resina catiónica con carga negativa y también tiene iones de sodio y potasio, los cuales son liberados al quedar atrapadas las sales de magnesio y calcio que como se mencionó en los desechos de camarón las sales de carbonatos y fosfatos de calcio se encuentran en gran porcentaje (29–72%) dependiendo de la especie [14]. Finalmente el agua paso por el sistema de osmosis inversa cuyo equipo contiene 3 filtros (pre filtro, membrana, y post filtro), el pre filtro redujo la arena, el sedimento, la suciedad, las partículas de óxido, los sedimentos más altos y el cloro del suministro de agua antes de que entren en la membrana y el post filtro. El post filtro reduce cualquier sabor y/o olor que pueda permanecer en el agua después de pasar a través de los elementos de membrana y la membrana semipermeable envía las impurezas y minerales al drenaje (Figura 2).

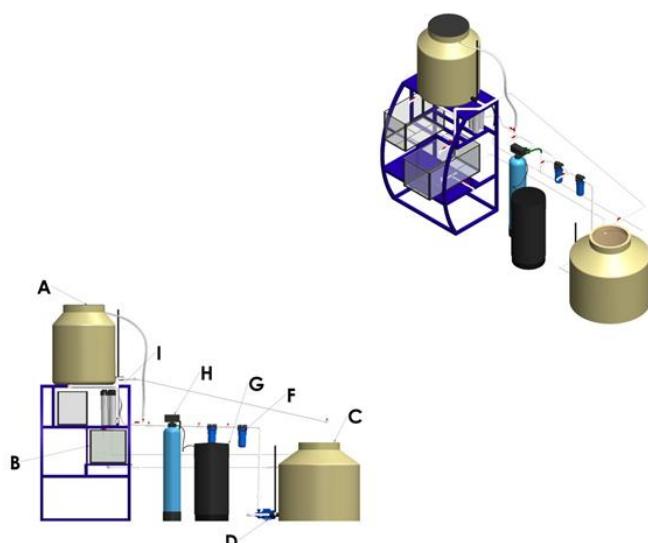


Figura 2. Vista frontal y lateral del prototipo de la planta piloto del proceso de obtención proteína–quitina–quitosano de los desechos de camarón por un método químico sustentable.

En esta figura se esquematiza el diseño de la planta piloto del proceso y el sistema de filtración por el cual paso el agua residual. Se observó que el sistema de filtración fue adecuado para poder reutilizar el agua de nuevo en el proceso de extracción. Cabe mencionar que no se encontraron investigaciones similares donde se trate físicamente los efluentes del proceso de los desechos de camarón, por lo que se ha considerado patentar dicho tratamiento, el cual es susceptible de modificar de acuerdo a las necesidades de las empresas e investigadores y así juntos cuidar y proteger nuestro ecosistema.

**Análisis químico-físico de las muestras de agua.** Como el agua que se quería obtener es para volverla a utilizar en el método de extracción se buscaron normas específicas sobre agua reutilizada en procesos, sin embargo no se encontró una norma, así que procedimos a comparar algunos análisis (grasas y aceites y sólidos disueltos) con la (NOM-001) [15] que marca los límites máximos permisibles de un agua residual que será descargada al ecosistema (urbano, tierra, aguas, etc.) y se puede observar en la Tabla 1 que los resultados que obtuvimos con este proceso de filtración están los valores muy por debajo de lo que marca la norma para cada uno de los parámetros. Otros (dureza, pH, sólidos totales) los comparamos con la norma de agua potable para consumo humano (NOM-127) [16] con el fin de darnos una idea del tipo de agua que obtuvimos y confirmar si realmente puede ser utilizada en métodos de extracción sucesivos. El pH se mantuvo dentro del rango que lo marca la NOM-127-SSA1-1994. En el caso de la dureza y sólidos totales los resultados obtenidos están muy por debajo de los límites máximos permisibles. Esto es bueno, porque en los desechos de camarón es importante reducir la dureza, ya que los minerales que contiene en mayor porcentaje son carbonatos de calcio. Estos resultados nos confirmaron que el proceso de filtración que se utilizó para tratar el agua residual fue bueno y sí permitió utilizar de nuevo el agua para su reúso.

En lo que respecta al olor, la (NMX-AA-083) [17] establece los límites en la determinación de olor en aguas naturales y residuales. En el caso del agua para consumo humano debe de ser totalmente indolora, y para las aguas residuales es accesible un poco de olor, para lo cual ninguna de nuestras aguas del proceso cumplió con los límites establecidos por la norma, debido que esta agua cuenta con un nivel intermedio de olor. Por lo qué, en este punto si se sugiere utilizar algún método o compuesto que ayude a disminuir el olor característico del camarón. Los desechos de camarón también tienen pigmentos que le proporcionan su color rosado-rojizo, por lo que al realizar las mediciones del agua residual se comprobó la presencia de los mismos arrojando un valor de 950 (ptCo), al pasar por el tratamiento de filtración dicho color disminuyó hasta 50 pt-Co, el cual se encontró dentro de los límites máximos permisibles que marca la (NMX-AA-045) [18] para agua potable (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua potable, residual y tratada acompañada de los valores máximos permisibles.

| <i>Tipo de análisis</i> | <i>Agua potable</i> | <i>Agua residual</i>           | <i>Agua tratada</i>            | <i>Límite máximo permisible</i> |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Olor                    | Inodoro             | 100 (nivel alto de percepción) | 50 (nivel medio de percepción) | No específica                   |
| Color                   | 0 (ptCo)            | 950 (ptCo)                     | 50 (ptCo)                      | 0–60 (ptCo)                     |
| Alcalinidad             | 60 ppm              | 880 ppm                        | 96 ppm                         | —                               |
| Dureza                  | 180,1 ppm           | 360,3 ppm                      | 20 ppm                         | 500 ppm                         |
| Grasas y aceites        | 0,3224 mg/L         | 0,47 mg/L                      | 0,58 mg/L                      | 15 mg/L                         |
| pH                      | 7,5                 | 7,5                            | 7,5                            | 6,5–8,5                         |
| Sólidos totales         |                     | 7,76 mg/L                      | 5,55 mg/L                      | 1.000 mg/L                      |
| Sólidos disueltos       |                     | 0,108 mg/L                     | 0,046 mg/L                     | 5 mg/L                          |
| Sólidos volátiles       |                     | 7,65 mg/L                      | 5,50 mg/L                      | —                               |

No se especifican valores en las normas mexicanas.

**Análisis microbiológico de las muestras de agua.** En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de mesófilos aerobios y de coliformes fecales y totales. Se observa que en el agua potable y agua residual el contenido de coliformes fecales y totales se mantuvo constante, esto significa que la manipulación del personal durante el proceso de extracción de la proteína y quitina no afecta, además que el uso de los ácidos y alcalis utilizados durante el proceso inhibe el crecimiento de microorganismos. En el agua tratada que ya pasó por todo el sistema de filtración se registró un número de 3 NMP/100 mL, lo cual corroboró como dice las especificaciones del filtro de osmosis inversa que es capaz de disminuir la carga microbiana, además que estuvo muy por debajo del límite máximo permisible que marca la NOM-001-ECOL-1996. En el caso de los mesófilos se observa un incremento exponencial del agua potable al agua residual. Se conoce que estos microorganismos son todas las bacterias tanto patógenas como saprofitas que crecen en un rango de temperatura de 20–37°C, por lo que se podría decir que los desechos de camarón ya tienen una carga microbiana que traen de su hábitat [19], y posiblemente el tiempo de almacenamiento previo a su proceso influyó en el crecimiento de los mismos, ya que se tuvo a temperatura ambiente que fue de 25–30°C varios días. Sin embargo, si se deseaba llevar la carga microbiana a cero tanto en los coliformes fecales como en los mesófilos se puede adicionar al sistema luz ultravioleta, la cual tiene dicha función específicamente [20].

Tabla 2. Conteo de microorganismos coliformes fecales y totales y de mesófilos en agua potable, agua residual y agua tratada.

| <i>Tipo de análisis</i>      | <i>Agua potable</i> | <i>Agua residual</i> | <i>Agua tratada</i> | <i>Límite máximo permisible</i> |
|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
| Coliformes fecales y totales | 7,2 NMP/100 mL      | 7,2 NMP/100 mL       | 3 NMP/100 mL        | 240 NMP/100 mL                  |
| Mesófilos                    | 40 UFC/mL           | 2.313.240 UFC/mL     | 940 UFC/mL          | –                               |

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron 70 g de proteína y 150 g de quitosano por el método de extracción química. De acuerdo a los valores fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en las muestras de agua se reflejo que el sistema de filtración fue el adecuado para obtener un agua de reuso para este proceso específicamente. Cabe aclarar que si se desea optimizar el método se pueden modificar las dimensiones de los filtros, establecer el buen funcionamiento y mantenimiento de los mismos que no fue objeto de este estudio y adicionar luz ultravioleta al sistema.

**Agradecimientos.** Agradecemos al *Instituto Tecnológico de Mazatlán*, por brindarnos el tiempo y las instalaciones para la realización de este trabajo, así como al *Tecnológico Nacional de México* por el financiamiento para la compra de los equipos, materiales y reactivos que se utilizaron en esta investigación. Así como a los estudiantes *Felipe Raygoza Torres* y *Jesús Guillermo Ibañez García* quienes apoyaron en su estancia de residencias profesionales en el trabajo de laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hernández AS, Bautista MG, Velázquez SL, Rodríguez ML, Solano CA, Bosquez E, *Rev Mex de Fitopatol*, **23**(2), 198 (2005)
- [2] Montserrat O R. *Tratamiento químico y biotecnológico de residuos de camarón para la obtención de productos de valor agregado*, Monografía. Xalapa, Veracruz. Universidad Veracruzana, 2013.
- [3] Naidoo S, Olaniran AO, *Int J Environmen Res Public Health*, **11**(1), 249 (2014)
- [4] Díaz CR “Desarrollo Sustentable”. 2<sup>a</sup> edición. México (Distrito Federal), McGraw Hill, 2011
- [5] Sans J, Ribas J “Ingeniería Ambiental: Contaminación y tratamientos”, 1a edición. España: Marcombo, 2007
- [6] NMX-AA-034 “Análisis de agua—medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—método de prueba”. México, DF: Secretaría de Economía. 2015.
- [7] NMX-AA-036 “Análisis de agua—determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—método de prueba”. México, DF: Secretaría de Economía. 2001
- [8] NMX-AA-072, Análisis de agua—determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—método de prueba. México, DF: Secretaría de Economía. 2001
- [9] NMX-AA-008 “Análisis de agua—medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—método de prueba”. México, DF: Secretaría de Economía. 2016
- [10] NOM-092 “Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa”. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de salud. 1994
- [11] NOM-112 “Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable”. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de salud. 1994
- [12] Freeman BA “Tratado de microbiología de Burrows” 21<sup>a</sup> edición, México DF. Interamericana, 1983
- [13] Pastor AA “Introducción en: Quitina y quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones”. 1<sup>a</sup> edición, Perú: Fondo Editorial, 2004
- [14] Goycoolea MF “Fuentes y procesos de obtención en: Quitina y quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones”. 1<sup>a</sup> edición, Perú: Fondo Editorial, 2004

- [15] NOM-001-ECOL “*Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*”. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de medio ambiente, recursos naturales y pesca. 1997
- [16] NOM-127 “*Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*”. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de Salud. 2000
- [17] NMX-AA-083 “*Análisis de agua—determinación de olor en aguas naturales y residuales—método de prueba*”. México DF: Secretaría de comercio y fomento industrial. 2005
- [18] NMX-AA-045 “*Análisis de agua—determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—método de prueba*”. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de comercio y fomento industrial. 2001
- [19] Pelczar MJ, Reid DR, Chan ECS “*Microbiología*”. 4<sup>a</sup> edición, México DF: McGraw-Hill, 1982
- [20] López-Díaz AS, Palou E, López-Malo A, *TISA* **6(2)**, 79 (2012)