



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- SCOPUS
- Compendex
- Chemical Abstracts
- Metal Abstracts
- World Aluminium Abstracts
- Mathematical Reviews
- Petroleum Abstracts
- Current Mathematical Publications
- MathSci
- Revenct
- Materials Information
- Periódica
- Actualidad Iberoamericana

UNIVERSIDAD DEL ZULIA



REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Hacia los 130 años de creación de la Universidad del Zulia

"Buscar la verdad y afianzar
los valores trascendentales",
misión de las universidades en
su artículo primero, inspirado
en los principios humanísticos.
Ley de Universidades 8 de
septiembre de 1970.

Controlled depuration of the clam *Polymesoda solida* in a closed system: an alternative for the safety of the food product

Felix Morales^{1,2*} , Marynes Montiel^{1,2} , Gabriel Vitola² , Hector Severeñn² , Yajaira Garcia de Severeñn² 

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias de la Vida, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

²Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Biología, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

*Autor de correspondencia: felixmorales777@msn.com

<https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a12>

Recepción: 17/05/2020 | Aceptación: 18/07/2020 | Publicación: 31/07/2020

Abstract

Depuration is a technique that allows the natural removal of microbial contaminants and inorganic content from bivalve molluscs based on their natural pumping ability. In the present study, the depuration capacity of the clam *Polymesoda solida* was evaluated in a closed system. Total coliforms (TC), fecal coliforms (FC) and mesophilic aerobics (MA) bacteria were quantified in the water of the purification tank and inside the specimens, where *Escherichia coli* (EC) was also determined. As a physical indicator, the total inorganic content (TIC) in the clam was analyzed. At the end of the purification process, a reduction of 99.1, 99.3, and 100 % of TC, CF, and EC, respectively, was achieved in the clams, in relation to the initial values. MA did not present significant variations. The TIC in the clam showed a reduction of up to 74,6 %. These results allow us to conclude that the recirculation system permits the reduction of over 97,0 % of microorganisms and 74,6 % of *P solida*.

Keywords: depuration; safety; *polymesoda*; recirculation.

Depuración controlada de la almeja *Polymesoda solida* en un sistema cerrado: una alternativa para la inocuidad del producto alimenticio

Resumen

La depuración es una técnica que permite la expulsión, de manera natural, de los contaminantes microbianos y del contenido inorgánico presentes en los moluscos bivalvos, basado en su capacidad natural de bombeo. En el presente estudio se evaluó la capacidad de depuración de la almeja *Polymesoda solida* en un sistema cerrado. Se cuantificaron bacterias coliformes totales (CT), fecales (CF) y aerobios mesófilos (AM) en el agua del tanque de depuración y en el interior de los ejemplares, donde también se determinó *Escherichia coli*(EC). Como indicador físico se analizó el contenido inorgánico total (CIT) en la almeja. Al finalizar el proceso de depuración se alcanzó la reducción del 99,1; 99,3 y 100% de CT, CF y EC, respectivamente, en las almejas, con relación a los valores iniciales encontrados. Los AM no presentaron variaciones significativas. El CIT en la almeja presentó una reducción de hasta un 74,6%. Estos resultados permiten concluir que el sistema de recirculación permite la reducción de por encima del 97,0% de los microorganismos y del 74,6% del contenido de arena en *P. solida*.

Palabras clave: depuración; inocuidad; *polymesoda*; recirculación.

Introducción

Uno de los principales problemas en la industria de los moluscos bivalvos es el riesgo para la salud pública, asociado al consumo de estos organismos, debido a que la mayoría son consumidos crudos o pocos cocidos y se ingieren completos, incluyendo sus vísceras [1]. Por otra parte, los moluscos bivalvos son organismos fácilmente perecederos y capaces de acumular microorganismos patógenos y materia particulada debido a su naturaleza filtradora, lo cual los ubica dentro del grupo de alimentos de alto riesgo [2-4]. Muchos patógenos, como los virus y las bacterias que provocan enfermedades, tales como la gastroenteritis y la hepatitis infecciosa, están relacionados con la contaminación del agua, a través de descargas de aguas servidas o de aguas de escorrentías en los sitios de cultivo de moluscos y una posterior acumulación por parte de estos en sus tejidos, debido a su capacidad de filtración [5,6].

La arena en suspensión también afecta a los moluscos bivalvos, especialmente a los que habitan en estuarios, algunas especies han desarrollado una membrana branquial que les permite controlar el flujo de los sólidos que ingresan a través del sifón inhalante [7]. Otros elementos como biotoxinas asociadas al fitoplancton, y contaminantes químicos como metales pesados y productos químicos orgánicos, también pueden ser fijados por los moluscos [8].

Con la finalidad de mejorar la calidad bacteriológica y física de los moluscos para el consumo humano, éstos son frecuentemente depurados colocándolos en condiciones controladas con agua de mar limpia, lo cual le permite eliminar los contaminantes de los tejidos, a través de su capacidad natural de bombeo e intercambio de agua [8]. Este proceso también ha sido utilizado para la eliminación de virus como el norovirus [9] y compuestos tales como metales pesados [10, 11], hidrocarburos [12] y toxinas [13], entre otros.

La efectividad del proceso de depuración está relacionada con las características fisiológicas y las condiciones de desarrollo de las diversas especies de moluscos, así como de las condiciones del agua y las características del sistema de depuración que se utilice [8, 14], permitiéndole reducir el contenido intestinal y eliminar la arena y los microorganismos de las diferentes fracciones del cuerpo, proporcionando limpieza y garantizando la seguridad para el consumo humano [15].

Normalmente la depuración se aplica como iniciativa de la industria para proteger a sus consumidores, o satisfacer los requisitos legales de otros países o

regiones a las que se vaya a exportar, por exigencias de la legislación internacional, nacional o local [8]. Así, por ejemplo, en Europa, Estados Unidos y gran parte de Asia, la depuración de bivalvos es una técnica indispensable u obligatoria para la producción, comercialización y consumo de estos organismos [8]. Es por ello por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona a la depuración, como la mejor alternativa para descontaminar los moluscos bivalvos [16].

Existen diversas formas de someter a los moluscos bivalvos a la depuración. En particular, los sistemas cerrados tienen la ventaja de que, a través de la recirculación, pueden reducir la pérdida de grandes cantidades de agua que se requiere en los sistemas artesanales o manuales y garantiza el control de estas ante cualquier contaminante externo [8]. Sin embargo, la contaminación del agua con las partículas de sedimento, que libera el molusco, amerita una filtración, además de la desinfección previa del agua antes de ser ingresada o reingresada en el sistema. Diversos métodos se han utilizado para mejorar el proceso de depuración. La irradiación con luz ultravioleta es una técnica de fácil uso que permite la desinfección efectiva y previene la proliferación de microorganismos en los tanques, sin la producción de compuestos secundarios [8, 17]. Recientemente, se han utilizado algunas otras alternativas, tales como la terapia de fagos [18], la aplicación de cloramina-T y de agua superoxidada [6], para acelerar la eliminación de *E. coli*, con efectos prometedores, sin embargo, aún no son usados al nivel comercial debido a que necesitan más investigaciones, incluyendo su uso en combinación con algún otro método, incrementando la eficacia del proceso [19].

Polymesoda solida es un molusco bivalvo de gran importancia en la actividad pesquera. Se encuentra distribuida a lo largo del Sistema de Maracaibo, el cual es un sistema estuarino, ubicado en Venezuela [20], donde se han reportado altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal en el agua, sedimento y en esta especie [21, 22]. El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar la depuración controlada de la almeja *Polymesoda solida* en un sistema cerrado, como una alternativa para la inocuidad del producto, para ser usado con fines de alimento humano.

Metodología

Sistema de recirculación

El sistema de recirculación estuvo compuesto por dos tanques de 150 L (tanque de reserva (C), a 1 m del suelo y el tanque de depuración (A), a 20 cm) y una bomba electro sumergible (E), marca Alpine modelo P180, unidos por tuberías flexibles. Adicionalmente,

contaba con un filtro mecánico (B), constituido por 3 tipos de piedras, grava, gravilla y sílice; sobre una malla plástica, y por debajo de esta, una malla de lana; una cámara de luz ultravioleta (D), a 60 cm del suelo, constituida por tres lámparas Philips TUV 55W HO G13, colocadas en serie, a través de la cual pasaba el agua previo a su ingreso al tanque de depuración (Figura 1). Se determinó el tiempo de retención adecuado para reducir los microorganismos en el sistema a niveles apropiados, 5 s en B, 400 s en C, 1020 s en D y 4 s en E y el caudal del sistema se ajustó a 0,34 l/min (modificación de FAO, [8]). El agua de mar artificial se preparó utilizando agua de grifo, adicionando sal marina artificial (Instantocean, USA) hasta alcanzar una salinidad de 5 UPS, las mediciones se realizaron con un salinómetro refractómetro (marca VeeGee modelo stx-3, USA).

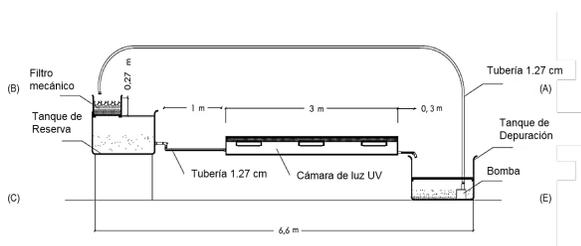


Figura 1. Esquema del sistema de recirculación. Tanque de depuración (A), Filtro mecánico (B), Tanque de reserva (C), Cámara de luz UV (D), Bomba (E).

Se evaluó la capacidad de desinfección del sistema, a través de la calidad del agua de mar preparada, antes y después de haber circulado en el sistema durante 24 h, determinando los microorganismos indicadores: coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (EC) y aeróbios mesófilos (AM) en 5 ensayos, previo al inicio del proceso de depuración. Para los análisis microbiológicos se cuantificaron bacterias CT, CF y EC por la técnica de fermentación en tubos múltiples, y los AM utilizando la técnica de conteo en placas [23].

Evaluación del proceso de depuración

Se recolectaron ejemplares de la almeja *Polymesoda solida*, con un tamaño superior a 3 cm, en el sector sur de San Rafael del Moján, Lago de Maracaibo, Venezuela (coordenadas 10° 57'04" N y 71° 43'11" O). Las muestras se colocaron en una hielera con agua del medio, para ser transportadas al laboratorio y ser procesadas en un periodo no mayor a 6 h [23]. Se realizaron cinco ensayos para la evaluación del proceso de depuración. Para cada ensayo, sesenta almejas fueron colocadas en el tanque de depuración. Para cada uno de los análisis, se tomaron ejemplares al azar hasta alcanzar la cantidad de muestra requerida (aproximadamente 5 ejemplares) a las 0, 24 y 48 h. Para determinar los porcentajes de depuración, se consideró la carga microbiana y el contenido inorgánico total (CIT) inicial (0 h) y se comparó con los valores encontrados a las 24 y 48 h. Adicionalmente, se analizó

el agua del sistema, con la finalidad de conocer la posible variabilidad en la calidad de ésta durante el proceso [23].

Para el análisis microbiológico se extrajo el contenido interno de las almejas (carne y fluidos), hasta pesar 25 g. Se adicionaron 225 ml de agua peptonada al 0,1% y se licuó a alta velocidad por 2 min [24]. A partir de las muestras de agua y del homogeneizado de las almejas, se determinó el número más probable (NMP) de CT, CF y EC utilizando series de 5 tubos de caldo lactosado, caldo bilis verde brillante y caldo EC. La determinación del NMP de *E. coli* se realizó a partir de agar EMB. Las colonias características fueron confirmadas mediante pruebas bioquímicas convencionales (indol, rojo de metilo, Voges Proskauer y citrato) [23, 24]. Igualmente, se cuantificaron las unidades formadoras de colonias (UFC) de AM en las muestras de agua y almeja, usando la técnica de extendido con agar conteo en placa, e incubación a 37 °C durante 24 h [23].

Se determinó el contenido inorgánico total (CIT) utilizando el contenido interno de cinco ejemplares de *P. solida*, el cual fue secado en una estufa (Mettler, Alemania), por 24 h a 80 °C, pesados en una balanza analítica Ohaus modelo Explorer EX 124 y posteriormente calcinado en una mufia (Thermolyne, modelo F47915, USA), a 550 °C durante 3 h (Modificado de Leung, 2004) [25].

Se determinó el índice de condición (IC), se tomaron cinco ejemplares al azar a las 0, 24 y 48 horas, se abrieron las valvas con un bisturí, el contenido interno se pesó en una balanza analítica Ohaus modelo Explorer EX 124 y se colocaron en una estufa durante 48 horas a 80 °C, para obtener el peso seco, se determinó la diferencia de peso y se expresó el IC en porcentaje [15].

Análisis estadísticos

Los resultados fueron analizados con un análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico, debido a la ausencia de normalidad, para detectar las diferencias significativas que se pudiesen encontrar entre los valores de microorganismos y de contenido inorgánico, en el proceso de depuración, utilizando los programas GraphPad-Prism 6.0, Statistix 8.0 y Microsoft Excel 365.

Resultados y Discusión

La capacidad de desinfección del sistema fue evaluada a través del agua de mar artificial preparada presentó valores altos de CT, CF, y AM, (24 - ≥ 1600 NMP/100 ml, 70 - ≥ 1600 NMP/100 ml y 170 - 500 UFC/100 ml, respectivamente), previo al proceso de tratamiento, lo cual la califica como no apta para ser utilizada en el proceso de depuración de bivalvos [8]. Estos valores pudiesen estar asociados a que la misma fue preparada con agua proveniente del grifo (tal como se menciona en la metodología), la cual no recibe un tratamiento adecuado. Una vez que el agua fue tratada con

la UV, se encontró una reducción del 94,7 y 98,3%, para los CT y CF, respectivamente, lo cual equivale al menos una unidad logarítmica en el valor de la media, en cada uno de los casos. En el caso de los aerobios mesófilos los valores no presentaron mayor variación en ninguno de los ensayos realizados (Figura 2). Se encontró diferencia significativa entre los valores de CT antes y después de la desinfección ($p=0,0051$), mas no para los CF ($p=0,0661$) y los aerobios mesófilos ($p=0,4156$).

La reducción de los microorganismos en el agua está relacionada a la eficacia de los dispositivos instalados en el sistema. La luz UV lesiona el ADN al formar enlaces dímeros de timina que inhiben su replicación correcta durante la reproducción, produciendo la muerte de los microorganismos [8, 26]. Igualmente, producto del proceso de filtración mecánica, se produce una reducción de los sólidos totales en el agua, lo cual está relacionado con la reducción microbiológica, al retener los microorganismos que se encuentran adsorbidos a los mismos, esto es relevante ya que se ha comprobado que los sedimentos forman una cápsula arenosa que protege al microorganismo de las condiciones adversas, proporcionándole nutrientes necesarios para su supervivencia [27].

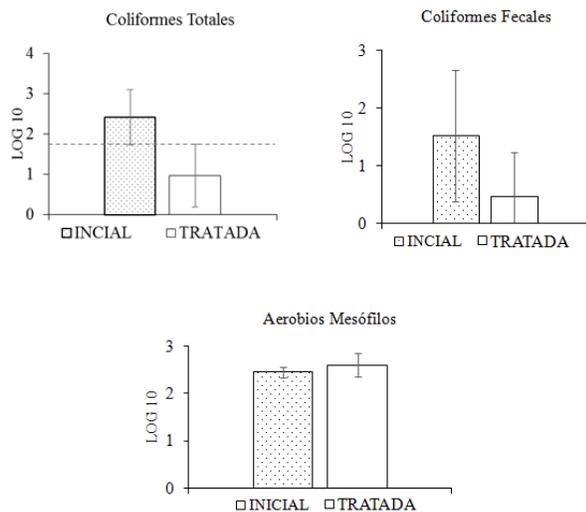


Figura 2. Log₁₀ de la media de NMP y UFC de CT, CF y AM en el agua del tanque de depuración, antes y después del tratamiento. La línea punteada representa los límites de coliformes totales permitidos por la normativa venezolana [28] para las aguas destinadas para el cultivo de moluscos bivalvos.

La normativa venezolana admite una media mensual de AM menor a 70 NMP/100 ml en las aguas de tipo 3, aguas destinadas para la cría de moluscos bivalvos [28], encontrándose valores inferiores en el agua de mar artificial desinfectada, para ser utilizada en el sistema de depuración. Particularmente, en el caso de

los aerobios mesófilos la no reducción encontrada pudiese estar asociada a una recontaminación del agua, producto de la exposición de esta al ambiente donde se realizó la experimentación o al mal funcionamiento del filtro mecánico[8].

La Tabla 1 presenta los valores mínimos, máximos y medias de CT, CF, EC y AM en la almeja a los diferentes tiempos muestreados, en los 5 ensayos.

Tabla 1. Valores máximos, mínimos y media de los microorganismos evaluados en la almeja *P. solida* durante el proceso de depuración (n=5).

Tiempo (h)		CT	CF	EC	AM
0	mínimo	35000	200	<2	3000
	máximo	≥160000	≥160000	700	7200
	promedio	130000	5700	300	4500
	Desv. Estándar	55902	67852	277	2044
24	mínimo	5	<2	<2	3200
	máximo	≥160000	1400	400	6300
	promedio	73000	390	120	4300
	Desv. Estándar	79930	617	178	1140
48	mínimo	<2	<2	<2	2800
	máximo	≥16000	2100	3600	23000
	promedio	7200	720	77	3400
	Desv. Estándar	8083	1018	172	1474

CT: coliformes totales, CF: coliformes fecales, EC: *E. coli*, AM: aerobios mesófilos. Los valores de CT, CF y EC están expresados en NMP/100 ml. Los AM se expresan en UFC/100 ml.

Se observaron en *P. solida* valores iniciales de indicadores bacterianos, superiores a los reportados en estudios previos, con almejas del norte de El Moján y la Laguna de Sinamaica, también pertenecientes al Sistema de Maracaibo, Venezuela, donde se encontraron valores de CT máximos de 3500 NMP/100 g y mínimos de 260 NMP/100 g [21, 22]. Esta diferencia entre los valores puede estar asociada al sitio de recolección de los ejemplares, el cual varió entre estos estudios y refleja el hecho de que los moluscos bivalvos son bioindicadores de la zona donde se desarrollan [8, 19].

Se encontró variación con relación a los valores de los microorganismos en los diferentes ensayos realizados (Figura 3). A excepción de los AM, se observó una reducción en la concentración de los microorganismos a las 24 y 48 h en comparación con las 0 h, con medias de

94,7, 98,7 y 75,9% para los CT, CF y EC, respectivamente, presentándose una diferencia significativa para los CT ($p=0,0017$). Este sistema mejora los resultados obtenidos en estudios previos que demostraron, en un sistema abierto a pequeña escala, una depuración eficiente para esta especie a una salinidad de 5 UPS, 28 °C, con un 80% de remoción bacteriana y física durante las primeras 72 h[22].

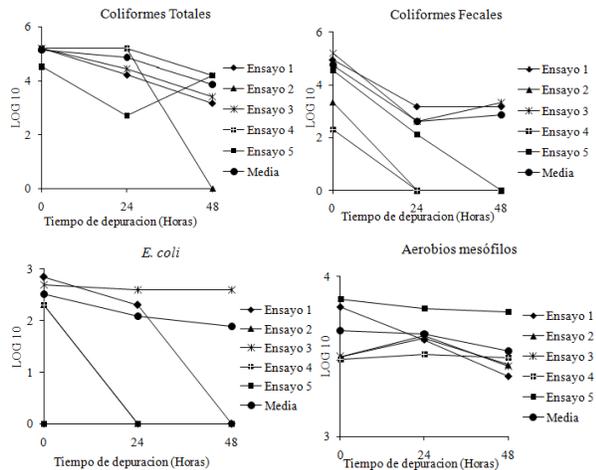


Figura 3. Concentración de CT, CF, EC y AM en la almeja *P. solida* a las 0, 24, 48 h y su media.

La normativa venezolana [28] establece en Gaceta Oficial N° 36.429 en su providencia N°4[28], que los moluscos destinados para consumo inmediato no deben sobrepasar para CF, los 300 NMP/100 g o para EC los 230NMP/100 g en 25 g de carne sin concha[28]. Por su parte, la Directiva 91/492 de la Comunidad Económica Europea (CEE) de las normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de moluscos bivalvos vivos, propone que los moluscos que presenten $CF < 300$ NMP/g o $EC < 230$ son aptos para el consumo [29]. Por otro lado, la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), propone una media geométrica para CF de 20 NMP/g para almejas después del proceso de depuración [30]. Posterior al proceso de depuración, en el 60% de los ensayos, se logró alcanzar los valores establecidos por la normativa venezolana la CEE y la FDA, para los coliformes fecales [28 - 30]. En el 80% de los ensayos (1, 2, 4 y 5) se obtuvo una reducción del 100% de *E. coli* (Figura 3).

Con relación a los AM, la media del porcentaje de depuración de *P. solida* se encontró en 25,7% a las 48 h del proceso, no se presentaron diferencias significativas entre la hora 0 y la 48 ($p=0,1075$). La Comisión Internacional de especificaciones microbiológicas (ICMSF, por sus siglas en inglés) acepta la presencia de AM para el consumo humano, entre 5×10^5 y 10×10^5 UFC/100g [31]. En el presente estudio, se obtuvo una media de 3400 UFC/100g (DE=1474), el cual se encuentra dentro de lo permitido

por la normativa internacional indicada. Un recuento total de AM bajo, no asegura que un alimento esté exento de patógenos o sus toxinas, de igual forma, si el recuento es alto, no asegura totalmente que se encuentren bacterias patógenas [32]. El bajo porcentaje de reducción en los AM podría estar relacionado, como ya fue mencionado, a una recontaminación en el proceso, ya que el sistema en ciertos puntos estaba expuesto al ambiente, el cual no tenía mecanismos de desinfección y este grupo microbiano, es considerado como el más abundante en relación con los microorganismos ambientales cultivables [32, 33].

Para el caso del CIT, el cual se encuentra compuesto en su mayoría por arena y arcilla [25], a las 24 h se obtuvo una reducción del 74,6%, con un posterior aumento a las 48 h, lo cual llevó a una disminución final de un 49,5% del CIT en el proceso de depuración (Figura 4). Esto pudo estar relacionado con la concentración de sólidos totales en el agua del tanque de depuración, la cual presentó un ligero aumento a las 48 h, elevando las concentraciones de 3995,5 mg/l, a 4552,0 mg/l luego de 48 h de depuración. Debido probablemente a tres factores, a la ineficacia en el flujo del agua del tanque de depuración, la cual pudo ocasionar la acumulación de partículas en el fondo, que pudieran ser resuspendidas y absorbidas de nuevo por las almejas, en su proceso de filtración; a la liberación constante de partículas al medio o al aporte de sólidos que se encuentren adheridos en sus valvas o en su interior al momento del ingreso al sistema [27].

Igualmente, puede estar asociado a una sobresaturación del filtro mecánico, ya que es este el mecanismo encargado de la filtración de partículas, lo cual ocurre frecuentemente en los sistemas de recirculación, debido a fallas en el mantenimiento de los filtros [8]. Este resultado se asemeja a lo obtenido por De Voois[34], quien encontró que la reducción de arena en *Mytilus edulis* en un sistema de depuración, mostró una fase acelerada al principio y luego una más lenta entre las 24 y 48 h, al igual que en *Donax scortum*[15].

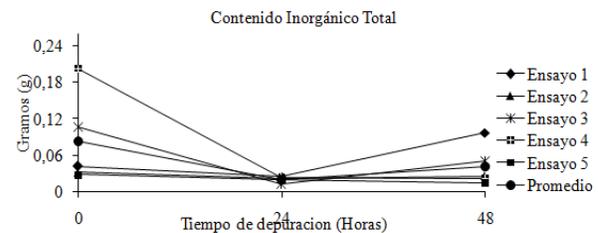


Figura4. CIT(g) presente en la almeja *Polymesoda solida* durante el proceso de depuración.

En relación con la calidad del agua, se encontró que la concentración de CT se mantuvo, en la mayoría de los ensayos de depuración, por debajo de lo establecido en la normativa nacional (70 NMP/100 ml)[28], alcanzando al final una concentración media de 23 NMP CT/100 ml, lo cual indica el buen funcionamiento de la cámara de

luz UV, la filtración mecánica y las velocidades del flujo en el sistema de recirculación, para la eliminación de los microorganismos. Igualmente, los aerobios mesófilos presentaron una reducción del 38,7% en las muestras de agua del tanque, disminuyendo de 440 a 260 UFC/100 ml.

Los CF redujeron su concentración de 5,8 NMP/100 ml a 4,0 NMP/100 ml, es decir, un 29,9% de reducción a las 48 h en las muestras de agua. Cabe resaltar que este último ya presentaba una concentración apta según la normativa [28].

Se encontró una diferencia significativa entre los microorganismos en el agua y en *P. solida* (CT, $p=0,0004$) (CF, $p=0,0010$) (AM, $p=0,0011$), al inicio del proceso. Investigaciones han demostrado que los moluscos bivalvos son capaces de presentar concentraciones más elevadas de microorganismos que el agua en donde estos se encuentran, ya que poseen una capacidad concentradora de partículas en sus tejidos [27].

El índice de condición inicial se encontraba en 11,47 % y a las 48 horas a 10,38 %, y no presentó diferencias significativas entre las diferentes horas del ensayo depurativo (K-W, $P=0,8678$). Al igual que en estudios realizados en otras especies, como *Donax scortum*, *Pinctada imbricata*, *Crassostrea rhizophorae*, *Perna viridis* y *P. perna* [15, 35], señalando que el estado fisiológico de la almeja se mantuvo durante el proceso de depuración.

Conclusiones

Los valores de CT, CF, *E. coli* y CIT en la almeja *P. solida* disminuyeron a valores aceptables para el consumo humano luego del proceso de depuración, lo cual demuestra que las condiciones establecidas en el sistema propuesto fueron adecuadas para esta especie. El sistema de recirculación de agua es una herramienta práctica, de bajo costo y de gran utilidad para la población pesquera y los consumidores del molusco bivalvo *P. solida*, ofreciendo un producto de mejor calidad a la comunidad con alternativas de ser adaptado a otras especies.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por el financiamiento de este proyecto bajo el número CC-0389-06.

Referencias Bibliográficas

[1] López K., Pardo V., Rodríguez S., Suarez V., Rivas I., Martínez D., Flores A. and Uscanga R.: "Improved microbial safety of direct ozone-depurated shellstock eastern oysters (*Crassostrea virginica*) by superchilled storage". *Front. Microbiol.*, Vol. 22,

(2018) 1-16.

- [2] Jackson K. y Ogbourn D.: "Review of Depuration and its Role in Shellfish Quality Assurance", Final report to Fisheries Research and Development Corporation, 1999, www.dpi.nsw.gov.au.
- [3] Hammack T. and Wallace A.: "BAM: Food Sampling/Preparation of Sample Homogenate", 2003, www.fda.gov.
- [4] Pardío-Sedas V.: "Influence of ozone depuration on the physical properties of fresh American oysters (*Crassostrea virginica*)". *Processing and Impact on Active Components in Food*. Elsevier, USA, 2015.
- [5] Iwamoto M., Ayers T. and Mahon B.: "Epidemiology of seafood-associated infections in the United States". *Clinical. Microbiol. Rev.*, Vol. 23, No 2, (2010) 399-411.
- [6] Künili İ. and Çolakoğlu F.: "Characterization of depuration process of *Mytilus galloprovincialis* in presence of chloramine-t and super-oxidized water". *TURJAF*, Vol. 7, (2019) 73-76.
- [7] De Vooy C.: "Protection against suspended sand: the function of the branchial membrane in the blue mussel *Mytilus edulis*", *Helgol. Mar. Res.*, Vol. 60, (2006) 239-242.
- [8] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): "Depuración de bivalvos: aspectos fundamentales y prácticos". FAO, Italia, 2010.
- [9] McLeod C., Polo D., Le Saux J-C. and Le Guyader F.: "Depuration and Relaying: A Review on Potential Removal of Norovirus from Oysters". *Compr. Rev. Food Sci. F.*, Vol. 16, (2017) 692-706.
- [10] Anacleto P., Maulvault A., Nunes M., Carvalho M., Rosa R. and Marques A.: "Effects of depuration on metal levels and health status of bivalve molluscs". *Food Control*, Vol. 47 (2015) 493-501.
- [11] Almeida A., Calisto V., Esteves, V., Schneider R., Soares A., Figueira E. and Freitas R.: "Toxicity associated to uptake and depuration of carbamazepine in the clam *Scrobicularia plana* under a chronic exposure". *Sc. Total Environ*, Vol. 580, (2017) 1129-1145.
- [12] El-Gamal M.: "The effect of depuration on heavy metals, petroleum hydrocarbons, and microbial contamination levels in *Paphia undulata* (Bivalvia: Veneridae)". *Czech J. Anim. Sci.*, Vol. 56, (2011) 345-354.
- [13] Röder K., Fritz N., Gerdt G. and Luckas B.:

- “Accumulation and depuration of yessotoxin in two bivalves”. *J. Shellfish Res.*, Vol. 30, (2011) 167-175.
- [14] Schneider K., Cevallos J. and Rodrick G.: “Molluscan shellfish depuration. In: Shellfish Safety and Quality”. Woodhead Publishing in Food Science, USA, 2009.
- [15] Tanyaros S.: “Sand elimination by *Donax scortum* (Dance, 1982) (Bivalvia: Donacidae)”. *Molluscan Res.*, Vol. 30, (2010) 138-142.
- [16] World Health Organization: “Safe Management of Shellfish and Harvest Waters”, USA, 2010.
- [17] Castello F.: “Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción”. 1era Edición, Barcelona, 1993.
- [18] Pereira C., Moreirinha C., Teles L., Rocha R., Calado R., Romalde J., Nunes M. and Almeida A.: “Application of phage therapy during bivalve depuration improves *Escherichia coli* decontamination”. *Food Microbiol.*, Vol. 61, (2017) 102-112.
- [19] Martínez-Albores A., López-Santamarina A., Rodríguez J., Ibarra I., Mondragón A., Miranda J., Lamas A. and Cepeda A.: “Complementary Methods to Improve the Depuration of Bivalves: A Review”. *Foods*, Vol. 9, (2020) 1-15.
- [20] García Y., Severeyn H. and Ewald J.: “Early development of the estuarine mollusk *Polymesoda solida* (Philippi, 1846) (Bivalvia: Corbiculidae) in Lake Maracaibo, Venezuela”. *Am. Malacol. Bull.*, Vol. 11, No 1, (1994) 51-56.
- [21] Sarcos M. y Botero L.: “Calidad microbiológica de la almeja *Polymesoda solida* recolectada en playas del Municipio Miranda del estado Zulia”. *Revista Ciencia*, Vol. 13, No 1 (2005) 34-43.
- [22] Montiel M., García Y., Severeyn H. y Morales F.: “Depuración bacteriana y física de la almeja *Polymesoda solida* a pequeña escala”, *Rev. Cient. FCV-LUZ*, Vol. 19, No 5 (2009) 533 – 538.
- [23] American Public Health Association: “Standard Methods for the Examination of Waters”, USA, 2012.
- [24] Food and Drug Administration: “Bacteriological Analytical Manual”, USA, 2020.
- [25] Leung K.: “Sand elimination by the Asiatic hard clam *Meretrix meretrix* (L.): influences of temperature, salinity and season”, *The Free Library*, 2004, www.thefreelibrary.com.
- [26] Tortora G., Funke B. y Case C.: “Introducción a la Microbiología”, 9na Edición, Editorial Médica Panamericana, España, 2007.
- [27] Montiel M., Silva R., Nuñez J., Espinoza N. y Morales F.: “Indicadores bacterianos y materia inorgánica en la almeja *Rangia cuneata* y su relación con el agua y sedimento”. *Rev. Univ. del Zulia 3ª época-Ciencias Exactas, Naturales y de la Salud*, Vol. 2, No 3, (2011) 66 – 78.
- [28] Gaceta Oficial de la República de Venezuela: “Nº 36.429”, Venezuela, 1998.
- [29] Comunidad Económica Europea (C.E.E 91/492): “Normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de moluscos bivalvos vivos”, España, 1991.
- [30] Food and Drug Administration (FDA): “National shellfish sanitation program. Guide for the control of molluscan shellfish”. Food and Drug Administration, USA, 2017.
- [31] International Commission on Microbiological Specification for Foods (ICMSF): “Bacterias Productoras de Enfermedades transmitidas por los Alimentos Microorganismos”. 1era Edición, Editorial ACRIBIA, SA, España, 2000.
- [32] Del Rosario M. y Calderon V.: “Microbiología Alimentaria: Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas”. Ediciones Díaz de Santos, España, 2000.
- [33] Seedorf J., Hartung J., Schroder M., Linkert K., Phillips V., Holden M., Sneath R., Short J., White R., Pedersen S., Takai H. and Jhonsen J.: “Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe”. *J. Agric. Eng. Res.*, Vol. 70, (1998) 97-109.
- [34] De Vooy C.: “Elimination of sand in the blue mussel, *Mytilus edulis*”, *J. of Sea Res.* Vol. 21, (1987) 75-78.
- [35] Rivas K.: “Capacidad de depuración bacteriana: en cuatro Especies de Moluscos Bivalvos de Interés en Agricultura”. Editorial Académica Española, España, 2018.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Volumen Especial, 2020, No. 2, pp. 04 - 110 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en Julio de 2020, por el **Fondo Editorial Serbiluz**, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientifica.org