



Supervivencia de *Pteria sterna* (Gould, 1851) expuesta a bajas salinidades

Survival of *Pteria sterna* (Gould, 1851) exposed to low salinities

Autores: Julian Francisco Álvarez Gracia^{1,2}
Vanessa Acosta²
Luis Manuel Treviño Zambrano³

Dirección para correspondencia: vanessa.acosta@utm.edu.ec

Recibido: 16-01-2021

Aceptado: 26-04-2021

Resumen

La cuenca baja del estuario del río Chone, constituye un ambiente con una alta factibilidad para el cultivo de *Pteria sterna*, sin embargo, la salinidad, representa un factor ecológico limitante, particularmente durante época de lluvia. El presente estudio fue diseñado, para conocer la tolerancia de *P. sterna* expuesta a bajas salinidades, mediante la cuantificación de la supervivencia durante 96h. Se emplearon 20 acuarios, con 20 L de agua salada (30 UPS), donde se distribuyeron 10 ostras al azar ($40 \pm 2,05$ mm) en cuatro tratamientos por triplicado: T1 (25 UPS), T2 (20 UPS), T3 (15 UPS), T4 (10 UPS) y Grupo Control (30 UPS). Las salinidades experimentales se obtuvieron en un tiempo de 6h/10min, lográndose la aclimatación sin mortalidad. En cada tratamiento y grupo control, se estimó la supervivencia. La determinación del LC₅₀ se realizó por medio de una regresión Probit. El porcentaje de supervivencia de *P. sterna*, mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos y grupo control, observándose que las ostras expuestas a T3 y T4, no sobrevivieron transcurridas las 24 y 48 h. En el T2 la supervivencia se mantuvo constante a partir de las 72h (50%), mientras que, en el T1, se mantuvo en 90% durante las 96h. El GC, no registró mortalidad. La salinidad

¹ Maestría de Investigación en Acuicultura, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

² Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología de Ecosistemas Acuáticos. Dpto. Acuicultura, Pesca y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

³ Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Dpto. de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

letal media (LC₅₀) se ubica a 20,13 UPS. *P. sterna* puede ser considerada una especie osmoreguladora y eurihalina, característica bioecológica, que le permite ser cultivada en el estuario del río Chone, durante la época seca, donde la salinidad no sea menor de 20 UPS.

Palabras clave: estuario; ostra; eurihalino; cultivo.

Abstract

The lower basin of the Chone river estuary constitutes an environment with high feasibility for the cultivation of *Pteria sterna*, however, salinity represents a limiting ecological factor for the development of this activity, particularly during the rainy season. The present study was designed to determine the tolerance of *P. sterna* exposed to low salinities, by quantifying survival during 96h. 20 aquariums were used, with 20 L of salt water (30 UPS), where 10 oysters were randomly distributed (40 ± 2.05 mm) in four treatments in triplicate: T1 (25 UPS), T2 (20 UPS), T3 (15 UPS), T4 (10 UPS) and Control Group (30 UPS). The experimental salinities were obtained in a time of 6h/10min, achieving acclimatization without mortality. In each treatment and control group, survival was estimated by counting all living organisms. The determination of the LC₅₀ was carried out by means of a Probit regression. The survival percentage of *P. sterna* showed significant differences ($P < 0.05$) between the treatments and the control group, observing that the oysters exposed to T3 and T4 did not survive after 24 and 48 h. In T2, survival remained constant from 72h (50%), while in T1, it remained at 90% during 96h. The CG did not register mortality. The median lethal salinity (LC₅₀) is located at 20.13 UPS. *P. sterna* can be considered an osmoregulatory and euryhaline species, a bioecological characteristic, which allows it to be cultivated in the estuary of the Chone river, during the dry season, where the salinity is not less than 20 UPS.

Keywords: estuary; oyster; euryhaline; culture.

Introducción

Los estuarios son ecosistemas que están influenciados por los ciclos mareales, y por el flujo de agua dulce proveniente de ríos o arroyos, esto hace que sean lugares dinámicos, donde ocurren variaciones de temperatura, pH, alimento, transparencia y oxígeno, considerándose la salinidad, como uno de los estresores ambientales más importantes para los organismos que habitan estos ecosistemas (Thaman, 2007).

La eurialinidad según Deaton (2001), es una característica necesaria para los bivalvos en ambientes estuarinos, ya que la supervivencia, está restringida a mantener un medio interno adecuado frente al estrés osmótico. En este sentido, las especies eurihalinas, han desarrollado estrategias fisiológicas, que les permiten mantener en sus fluidos, una concentración diferente a la del medio (osmoreguladoras) o pueden permitir que sus fluidos lleguen a ser isosmóticos con el medio (osmoconformes). De acuerdo a lo antes señalado, la reproducción, distribución y estructura de las poblaciones de bivalvos y gasterópodos, en un

sistema estuarino, está restringida principalmente por sus límites de tolerancia a los cambios de salinidad (Miller et al., 2007; De Albuquerque et al., 2012; MacFarland et al., 2013), es por ello, que es considerada como un factor ecológico importante en el momento de seleccionar los sitios para el desarrollo del cultivo de moluscos bivalvos, y particularmente con potencial para la producción de perlas (Gosling, 2015; Albarra-Mélzer et al., 2017; Mousa-Mosusa, 2018).

En bivalvos tropicales estuarinos como *Anadara tuberculosa* (Nieves et al., 2009; Mendoza et al., 2017), *Anomalocardia brasiliiana*, *Crassostrea virginica*, *Perna viridis* (MacFarland et al., 2013) e *Isognomun alatus* (Polo-Osorio y Hernando, 2016), los estudios se han enfocado a conocer la capacidad osmorregulatoria en ambientes controlados, encontrándose diferencias en la regulación osmótica en cada especie, según los cambios de salinidad. Sin embargo, sobre las ostras perleras del género *Pinctada* y *Pteria*, a pesar de la importancia socio comercial que presentan, por el potencial exótico de producir perlas, son pocos los estudios que se han realizado, particularmente en la fase o etapa adulta, para conocer las respuestas de cambios agudos de salinidad (Southgate y Lucas, 2008; Mousa-Mousa, 2018).

Pteria sterna (Gould, 1851) llamada comúnmente concha perla, ostra perlera o perlífera, se distribuye desde California (México) hasta Pimentel (Perú), con poblaciones bien identificadas en la costa del Pacífico tropical y subtropical de América. Es un bivalvo que habita en la zona infralitoral marina, desde el nivel más bajo de marea hasta 23 m de profundidad, vive adherida por medio de un biso a substratos duros como raíces de mangle, rocas, corales gorgónidos y estructuras metálicas sumergidas o arena gruesa (Monteforte, 2005; Ordinola et al., 2010). Es una especie que puede sobrevivir en aguas muy turbias, soportando temperaturas que oscilan entre 18 °C y 32 °C, y tolera cambios de salinidades menores a 34,5 UPS y mayores a 37 UPS, características ecológicas que les permite permanecer en una zona o extender su distribución geográfica (Monteforte, 2005).

Sobre esta especie se han logrado avances significativos en el desarrollo de técnicas eficientes para el cultivo extensivo y producción de perlas cultivadas en ambiente marino (Cáceres-Martínez y Chávez-Villalba, 1997; McLaurin et al., 1999, Nava et al., 2000). En Ecuador, *P. sterna* es considerada una especie con potencial de cultivo por las altas tasas de crecimiento que se han reportado en zonas marinas, así como en granjas camarонерías (Jara et al., 2016; Lodeiros et al. 2018; Freitas et al., 2019). El único estudio de factibilidad de cultivo, que existe en ambiente estuarino, es el realizado por Treviño et al. (2018), en el estuario del río Chone.

El estuario del río Chone, ubicado en la provincia de Manabí, está sujeto a una dinámica de descensos bruscos de salinidad, las cuales tienden a oscilar entre 28 y 38 UPS durante la estación seca y de 0 a 10 UPS durante la estación lluviosa, asociado con las lluvias y con la entrada de agua dulce, procedente de la represa el Simbocal, cuando abren sus compuertas. En este sentido, en la cuenca baja del estuario, la salinidad puede disminuir drásticamente en la estación lluviosa, hasta ser completamente dulce durante las mareas bajas (Nieves et al., 2009; Tapia y Naranjo, 2015). De acuerdo a lo antes señalado, la supervivencia y distribución de los organismos en el estuario del río Chone, depende de procesos de aclimatación y

adaptación, actuando la salinidad como un factor estresor (Vera-Mera et al., 2020). La salinidad, por lo tanto, podría ser considerada como un factor limitante para el desarrollo del cultivo de moluscos bivalvos, durante la época de lluvia, según lo reportado por Treviño et al. (2018), quienes proponen que el cultivo de *P. sterna*, es factible en aguas ecuatoriales y ambientes estuarinos, donde la salinidad no esté por debajo de los 12 UPS

El cultivo de *P. sterna*, es una actividad relativamente nueva en nuestro país, la creciente demanda de valor de este molusco, ha promovido el desarrollo de esta actividad, particularmente en ambientes estuarinos, donde los organismos experimentan periodos agudos de baja salinidad durante periodos de lluvia. A pesar de que esta especie es considerada eurihalina (Southgate y Lucas, 2008), no existe suficiente información que respalde tal aseveración, por lo tanto, el presente estudio fue diseñado para conocer el rango de tolerancia de *P. sterna*, expuesta a cambios agudos de bajas salinidades durante un periodo de 96h, con la finalidad de determinar cuáles son los rangos de tolerancia de la especie en el estuario del río Chone.

Metodología

Se obtuvieron 360 organismos de *Pteria sterna*, de un cultivo perteneciente al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL), ubicado en la Comuna San Pedro de Manglaralto, provincia de Santa Elena, Ecuador.

Las ostras con tallas promedio de $40 \pm 2,05$ mm de longitud antero-posterior, fueron transportadas en contenedores isotérmicos con esponjas húmedas saturadas con agua salada a una temperatura aproximada de 20°C , hasta el Laboratorio de biología de moluscos de la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí, donde fueron limpiadas para retirar los organismos epibiontes y materia orgánica incrustada. Posteriormente, se distribuyeron 36 ostras por piso en elementos de cultivo *Lanter nets*, los cuales fueron colocados en una plataforma flotante ubicada en el estuario del río Chone ($0^{\circ}36'29,39''\text{S}$; $80^{\circ}25'20,81''\text{O}$; Figura 1), donde permanecieron durante 50 días, desde septiembre hasta noviembre de 2019. Durante ese período, se tomaron registros de temperatura ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$), salinidad (30 ± 5 UPS) y clorofila *a* ($>15 \mu\text{g/L}$), los datos fueron suministrados por el Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos (INBICUM) de la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí.

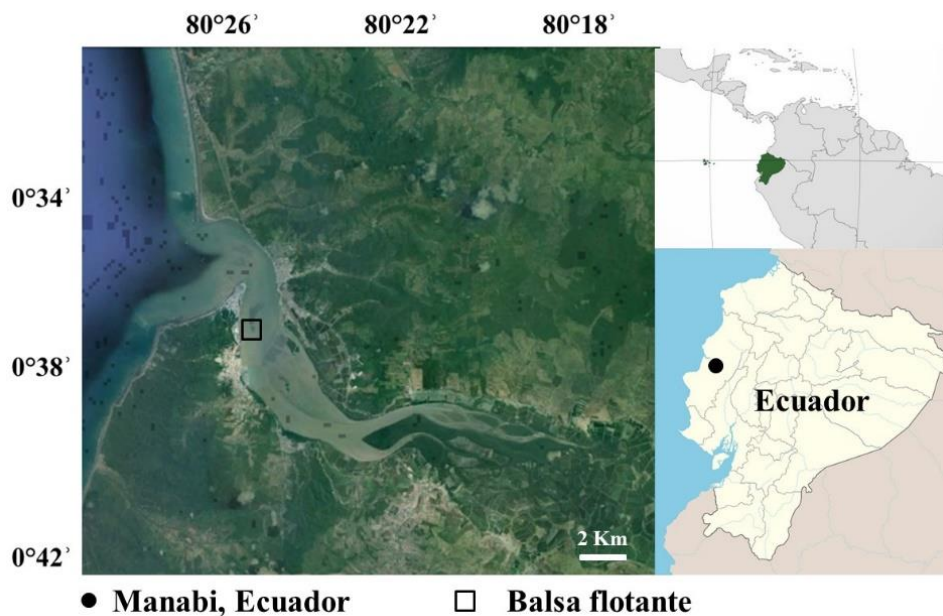


Figura 1. Ubicación geográfica de la plataforma flotante de cultivo en el estuario del río Chone, Manabí-Ecuador, donde se colocaron los ejemplares de *Pteria sterna* para su período de aclimatación.

Antes de iniciar el bioensayo, se obtuvo agua del estuario del río Chone (30 UPS), en marea llena, empleando una bomba de 2.5". El agua fue almacenada en un tanque (reservorio) de 4000 L durante cinco días, con la finalidad de sedimentar los sólidos en suspensión. El agua fue previamente filtrada con un bolso de celulosa de 5 μ m y clorinada con 10 g de cloro por cada 1000 L, posteriormente fue neutralizada con 4 g de tiosulfato de sodio por cada 1000 L y conservada con aeración constante. Simultáneamente, se acondicionó un tanque de 500 L con agua dulce (0 UPS), la cual se utilizó para disminuir los niveles de salinidad y realizar los recambios de agua durante el bioensayo, cabe destacar que esta agua también fue clorinada y neutralizada. Todos los procesos de clorinación y neutralización del agua salada (30 UPS) y dulce (0 UPS) fueron realizados 24h antes de iniciar el bioensayo.

Para conocer los límites de tolerancia de *P. sterna* expuesta a bajas salinidades, durante 96h, se utilizaron 20 acuarios rectangulares de 40 cm de longitud, 30 cm de ancho y 45 cm de altura, con una capacidad de 54 L, los cuales fueron llenados con 20 L de agua salada (30 UPS) proveniente del tanque reservorio. Se establecieron por triplicado cuatro tratamientos y un grupo control (GC): T1 (25 UPS), T2 (20 UPS), T3 (15 UPS), T4 (10 UPS) y GC (30 UPS). En cada tratamiento se colocaron 10 ostras al azar con tallas promedio de $40 \pm 2,05$ mm de longitud antero-posterior. En total se utilizaron 200 ostras. Durante las 96h de experimentación, los tratamientos fueron mantenidos en condiciones controladas de temperatura (27°C) y aeración constante de (8 mg/L).

Para obtener las salinidades experimentales (25, 20, 15 y 10 UPS), partiendo de una salinidad de 30 UPS (GC), se aplicó la fórmula establecida por Mousa-Mousa (2018):

$Salinidad\ esperada = V - V \left(\frac{S_{final}}{S_{inicial}} \right)$, donde:

V= Volumen de agua salada del acuario

S final= salinidad final

S inicial = salinidad inicial

El volumen de agua salada extraída en cada acuario y el volumen de agua dulce agregada, para alcanzar las salinidades experimentales, se muestran en la Tabla 1. Cabe destacar que el volumen de agua en cada tratamiento se mantuvo constante en 20L.

Tabla 1. Se muestra el volumen de agua salada (30 UPS) que fue descartada y volumen de agua dulce (0 UPS) adicionada, en cada tratamiento para alcanzar las salinidades experimentales (T1 25, T2 20, T3 25 y 10 UPS), GC (Grupo Control).

Tratamientos	Agua salada (UPS)	Salinidad esperada (UPS)	Volumen de agua acuario (L)	Volumen de agua salada/dulce (L) extraída y agregada
GC	30	30	20	-
T1	30	25	20	3,33
T2	30	20	20	6,67
T3	30	15	20	10,00
T4	30	10	20	13,33

En todos los tratamientos la salinidad experimental fue monitoreada continuamente con un salinómetro (Prilab-Sali100203), con una resolución de 0,1 UPS, este proceso se hizo de manera progresiva y simultánea, con los organismos ya incorporados en todos los tratamientos. Para evitar cambios bruscos de salinidad, el volumen de agua dulce agregado según el tratamiento experimental, fue fraccionado en la mitad de sus partes (~2L), tomando como tiempo de espera cada 20 min (Tabla 2). En 6h/10 min, se logró alcanzar las salinidades experimentales, en todos los tratamientos, sin mortalidad, una vez transcurrido este tiempo, se inicia el bioensayo con una duración de 96h.

Tabla 2. Fracción del volumen de agua dulce agregada, en relación al tiempo, para lograr las salinidades experimentales (T1-25, T2-20, T3-25 y T4-10 UPS) y grupo control (GC-30 UPS).

Tratamientos- Grupo Control	Salinidad Inicial (UPS)/ Acuario	Salinidad Experimental (UPS)	Volumen agua Acuario (L)	Volumen agua dulce adicionada (L)	Tiempo/ min
GC	30	30	20	-	-
T1	30	25	20	1,67	20
	30	25	20	1,67	20
T2	30	20	20	2,22	20
	30	20	20	2,22	20
	30	20	20	2,22	20
T3	30	15	20	2,00	20
	30	15	20	2,00	20
	30	15	20	2,00	20
	30	15	20	2,00	20
	30	15	20	2,00	20
T4	30	10	20	2,00	20
	30	10	20	2,00	20
	30	10	20	2,00	20
	30	10	20	2,00	20
	30	10	20	2,00	20
	30	10	20	1,33	20

Con la finalidad de mantener controlado los parámetros ambientales en cada tratamiento y grupo control, cada 4h durante el bioensayo, se registró la temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad, empleando un oxigenómetro (Hanna HI 9146) y salinómetro (Prilab-Sali100203). Cada 12h, se realizaron recambios del 50% de agua, con el fin de mantener las condiciones óptimas y controlando que los valores de salinidad en los diferentes tratamientos se mantuvieran estables. Una vez realizados los recambios, las ostras se alimentaron diariamente con *Thalassiosira* sp. a una concentración de 20000 cel/mL.

Supervivencia

En cada tratamiento y grupo control, se estimó la supervivencia por medio del conteo de todos los organismos vivos, considerando el 100% como el número inicial y como número final, el obtenido al restar el número de los organismos muertos. La supervivencia se monitoreo cada 12h, con monitoreo continuos cada 4h.

Los criterios para considerar una ostra muerta, fue cuando los individuos mantuvieron las valvas abiertas, sin responder a estímulos mecánicos como: contracción completa del manto, inmovilidad del manto o del músculo abductor, al introducirle una varilla de vidrio (Ledwell, 1995; Frenette y Parson, 2000). Cuando se detectó mortalidad, las ostras fueron retiradas, para evitar contaminación del medio.

Para la determinación del grado de tolerancia aguda de *P. sterna* expuesta a bajas salinidades experimentales (25, 20, 15 y 10 UPS), durante las 96h de exposición, se empleó el método de dosis letal media (LC₅₀), en la cual se produce el 50% de la mortalidad a un nivel de confiabilidad del 95%. El análisis de los datos se realizó a partir de la mortalidad acumulada en relación al tiempo de exposición.

Análisis estadísticos

Los valores de supervivencia fueron procesados en hojas de cálculo Excel y Statgraphics Centurion. La supervivencia fue expresada en porcentaje, mostrándose los promedios y desviación al 95% de confianza. Para contrastar si existen diferencias entre los tratamientos se aplicó un ANOVA de una vía, tomando como factor supervivencia, previo análisis de normalidad y homogeneidad de las varianzas. En los tratamientos donde se observó diferencias, se aplicó un Duncan, para contrastar medias, siguiendo las recomendaciones por Zar (1996).

Resultados

Supervivencia

La supervivencia de *P. sterna*, mostró cambios significativos entre los tratamientos experimentales ($P < 0,05$). En el T1 (25 UPS), se observa que entre las 60 y 84h desciende la supervivencia ($93,33 \pm 0,57\%$), la cual mantiene sin variabilidad hasta las 96 h. En el T2 (20 UPS), la supervivencia disminuye progresivamente ($93-56 \pm 0,57\%$) entre las 36 y 72h, para luego mantenerse constante ($56,6 \pm 0,57\%$) hasta las 96h. En el T3 (15 UPS), a diferencia de los tratamientos anteriores, la supervivencia comienza a descender a partir de las 12 - 24h, a partir de este tiempo, se produce un descenso continuo, proceso que se mantiene hasta las 36 h y 48h, donde mueren el $50 \pm 1\%$ y $100 \pm 1\%$ de los organismos respectivamente. La supervivencia de los organismos expuestos al T4 (10 UPS), bajó abruptamente a las 12h ($26,6 \pm 0,6\%$), para luego registrarse una mortalidad total a las 24h. El grupo control presentó 100% de supervivencia durante las 96h (figura 2).

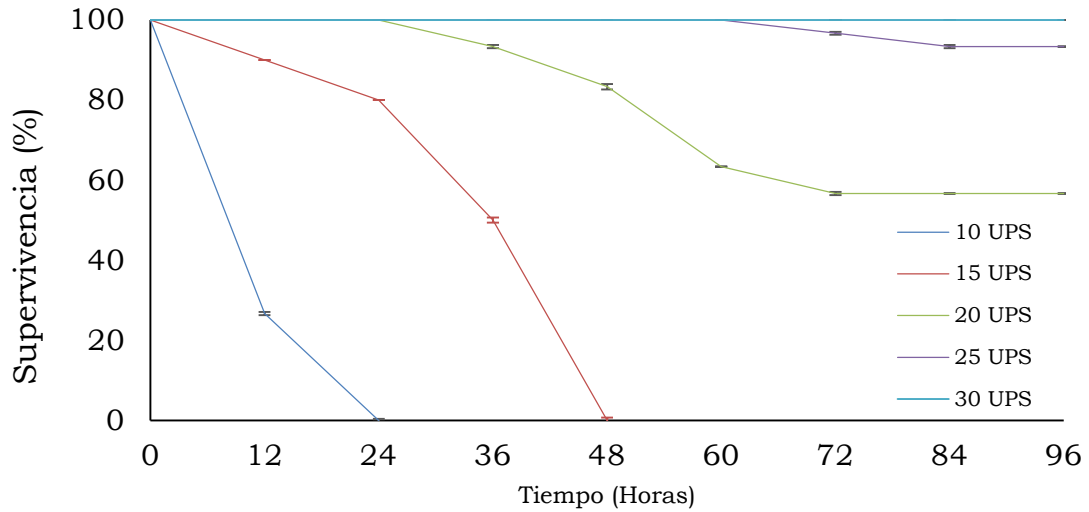


Figura 2. Porcentaje de supervivencia de *Pteria sterna* expuesta a diferentes salinidades experimentales (25, 20, 15 y 10 UPS) y grupo control (30 UPS) durante 96h de exposición. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Análisis Probit – Mortalidad

El cálculo final de LC₅₀ se realizó mediante un análisis de toxicidad Curva Dosis-Respuesta (figura 3)., observándose una relación estadísticamente significativa entre la mortalidad y salinidad con un P < 0,050, a un nivel de confianza del 95,0%. La salinidad letal media se produjo a los 20,13 UPS con un intervalo de confianza de 18,72 y 20,13 (X²= 66,51; P= 0,0000)

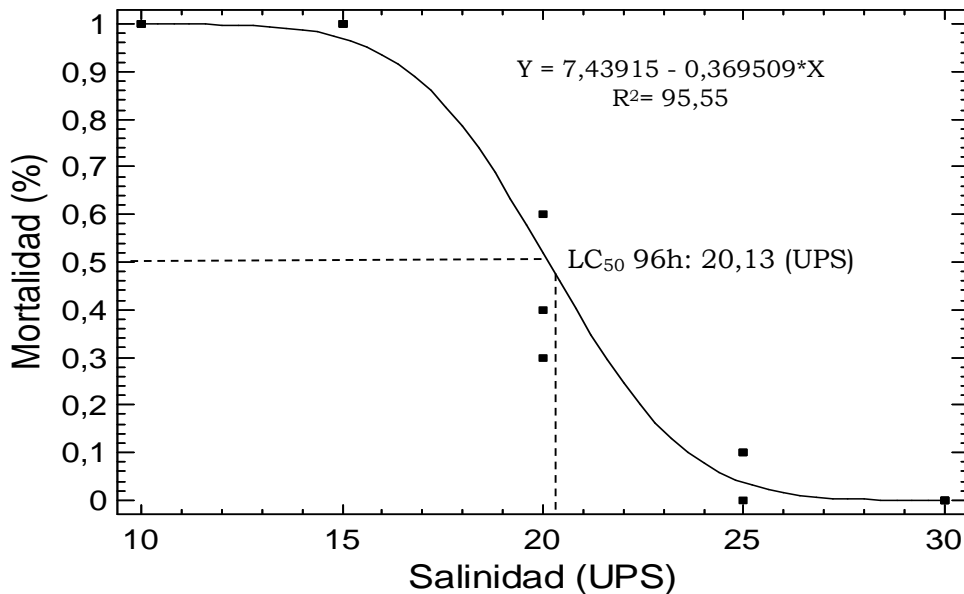


Figura 3. Tolerancia a la salinidad (LC₅₀) de *Pteria sterna* expuesta a diferentes salinidades experimentales (25, 20, 15 y 10 UPS) durante 96h de exposición.

Discusión

Se ha demostrado que los bivalvos eurihalinos, aparte de generar respuestas fisiológicas (osmoconformador/osmoregulador), también activan respuestas mecánicas, como la apertura y cierre de las valvas, la cual es considerada una estrategia inmediata de protección que le permite al organismo aislarse temporalmente del medio externo, evitando que se generen cambios bruscos en la concentración de sus fluidos corporales y mantenerse estable fisiológicamente en relación a los cambios de salinidad (Chandran, 2002; Resgalla et al., 2007; Polo-Osorio y Hernando Campos, 2016).

La respuesta inicial de *P. sterna* expuesta a cambios agudos de bajas salinidades, fue el cierre de las valvas, como un mecanismo de protección inmediata, particularmente en las salinidades próximas a su límite de tolerancia (10 y 15 UPS). Este comportamiento ha sido reportado en bivalvos que viven en ambientes estuarinos (*Perna viridis*, *Crossotrea virginica*, *Pinctada imbricata radiata* e *Isognomon alatus*) para prevenir el estrés osmótico (Shumway, 1977; Berger y Kharazova 1997; Polo-Osorio y Hernando-Campos, 2016; MacFarland et al., 2013; Mousa-Mousa, 2018). En este estudio, como producto del cierre prolongado de las valvas en los organismos expuestos a 15 y 10 UPS, se sugiere que el medio interno de la ostra, se torna hiperosmótico, lo que indica que el organismo mantiene la concentración osmótica interna alta, cuando la salinidad externa es baja (hiposmótico) impidiéndole al organismo osmoregularse, provocando mortalidades a las 24h (10 UPS) y 48h (15 UPS) de exposición. Este mecanismo conductual de la ostra, relacionado con la apertura y cierre de valvas, cuando es expuesta a cambios de salinidades, ha sido empleado como un índice de respuesta en bivalvos (MacFarland et al., 2013).

Sin embargo, las ostras aclimatadas a salinidades de 20 UPS, mostraron un comportamiento diferente al antes descrito. El proceso de regulación de las ostras si bien, comenzó siendo mecánico, mediante el cierre de las valvas, gradualmente con el transcurrir del tiempo, a pesar de producirse una disminución de la supervivencia, se observaron organismos con las valvas abiertas, que respondían a estímulos mecánicos y con completa exposición de del manto, indicativo que es organismo estaba llevando acabo procesos vitales de filtración y respiración, esta respuesta conductual de las ostras sugiere, que empezaron a osmorregular, hasta alcanzar su equilibrio osmótico a las 72h, manteniéndose la supervivencia constante (56,6%-LC₅₀) hasta las 96h. Este comportamiento coincide con lo reportado por quienes mencionan que el proceso de ajuste osmótico, es más rápido en las salinidades de aclimatación y se ralentiza con cambios agudos en la salinidad (Fisher y Newell 1986, Polo-Osorio y Hernando-Campos, 2016). Sin embargo, se requieren hacer estudios para conocer el estado fisiológico del organismo, sugiriéndose determinación de la osmolaridad de la hemolinfa en *P. sterna*, mediante la cual se puedan evaluar condiciones de estrés y la desestabilización de la membrana lisosomal, a través del tiempo de retención de rojo ante los cambios de salinidad.

Durante el proceso de disminución de la salinidad de 30 a 25 UPS, se evidenció *in situ* procesos de desove en algunos organismos, lo que sugiere que este cambio de salinidad inicial de 3,33 UPS (Tabla 1), estimulo la liberación de gametos durante las primeras 48h; por lo que, se sugiere que la mortalidad registrada posteriormente, a las 72h, estuvo asociada a eventos de desove. De acuerdo a lo antes señalado, se sugiere realizar estudios para comprobar el efecto de la salinidad en la actividad reproductiva de *P. sterna*.

Las ostras del grupo control (30 UPS), mostraron una total apertura de las valvas, mostrando total exposición del manto y actividad cililar durante las 96h, con un 100% de supervivencia, lo cual sugiere, que fisiológicamente los organismos se encuentran estables, pudiendo llevar a cabo procesos fisiológicos básicos como alimentación e intercambio de oxígeno (MacFarland, et al., 2013; Polo-Osorio y Hernando-Campos, 2016).

Los resultados obtenidos, coinciden con otros estudios que indican que la mayoría de los bivalvos, que viven en ambientes estuarinos, como *A. tuberculosa*, que tolera salinidades que oscilan entre 20 a 40 UPS, sin mortalidades asociadas (Nieves et al., 2009). En *C. virginica* el valor óptimo reportado es de 25 UPS (MacFarland et al., 2013), mientras que, otras especies de ostras perleras como *Pinctada imbricata radiata*, muestran un rango de salinidad óptimo entre 25 y 38 UPS (Moussa-Moussa, 2018). No obstante, las diferencias que existen entre los límites de tolerancia de las especies a los cambios de salinidad, pueden ser atribuidas a las diferencias geográficas y ambientales, lo cual puede verse reflejado en patrones bioquímicos y genéticos (De Albuquerque -Lima et al 2009; Albarrán et al., 2017).

La salinidad óptima para mantener el cultivo de *P. sterna* en el estuario del río Chone, se establece dentro de un rango de 20 ± 2 UPS. Estos resultados contrastan con la hipótesis de Treviño et al. (2018), quienes señalan que *P. sterna* en condiciones de cultivo soporta salinidades de hasta 12 UPS en el estuario del río Chone. Este estudio sugiere, que *P. sterna* en estado adulto (≥ 40 mm-Talla comercial), ante los cambios agudos de salinidad; muestra una respuesta inicial (mecánica) asociada con el cierre de las valvas, para posteriormente activar estrategias fisiológicas para comportarse como osmorreguladora u osmoconforme, dependiendo de la salinidad y del tiempo de aclimatación, esta estrategia le permite a la ostra generar respuestas ante cambios agudos de salinidad. Sin embargo, es necesario realizar estudios con biomarcadores, como la estabilidad lisosomal (retención de rojo neutro) para comprobar lo antes señalado.

Conclusiones

Pteria sterna, puede ser considerada una especie osmoreguladora y eurihalina, característica bioecológica que le permite ser cultivada en zonas estuarinas, durante la época seca, particularmente donde los cambios de salinidad se encuentren dentro de un rango de 20 UPS.

Referencias bibliográficas

- Albarrán-Mélzer, N.C., Rangel, L.M., Gama-Campillo, J.A., Arévalo de la Cruz, E., Ordoñez, M., & Pacheco, C.J. (2017). Tolerancia a la salinidad aguda de gasterópodos dulceacuícolas nativos e introducidos en Tabasco, México. *Hidrobiológica* 27(2), 145-151. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script>
- Berger, V.J. & Kharazova, A.D. (1997). Mechanisms of salinity adaptations in marine molluscs. *Hidrobiología* 355, 115-126, <http://dx.Doi.org/10.1023/A:1003023322263>.
- Cáceres-Martínez, C. & Chávez-Villalba, J. (1997). Pearl oyster culture in Baja California Sur, México. *JWAS.*, 33-38 pp. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=1161194&pid=S0034-7744200900030001600008&lng
- Chandran, V. (2002). Intracellular osmoregulation in the estuarine mollusc *Villorita cyprinoides var. cochiniensis* (Mollusca: Bivalvia) Hanley. Doctoral dissertation. Department of Marine Biology, Microbiology and Biochemistry. Faculty of Marine Sciences. Kochi, India. [emanticscholar.org/paper/Intracellular-osmoregulation-in-the-estuarine-Var-Chandran Ramachandran/ID de corpus 82415933](http://emanticscholar.org/paper/Intracellular-osmoregulation-in-the-estuarine-Var-Chandran-Ramachandran/ID%20de%20corpus%2082415933).
- De Albuquerque-Lima, M., De Oliveira Soares, M., Cerqueira, C. & Matthews-Cascon, H. (2009). Osmorregulação em moluscos: o caso do bivalve estuarino tropical *Anomalocardia brasiliensis*. *Ciência e Tecnologia*, 3 (1), 79. <https://www.researchgate.net/publication/299636263>
- De Albuquerque, M.C., Ferreira, J.F., Salvador, G.C., & Turini, C. (2012). Influencia de la temperatura y la salinidad en la supervivencia y el crecimiento de las larvas de ostra perla *Pteria hirundo*. *Bol. Inst. Pesca.*, 38(3), 189-197. https://www.pesca.sp.gov.br/38_3_189-197.
- Deaton, E. (2001). Hyperosmotic volume regulation in the gills of the ribbed mussels, *Geukensia demissa*: rapid accumulation of betaine and alanine. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 260,185-297. DOI 10.1016 / s0022-0981 (01) 00237-4.
- Fisher, W.S. & Newell, I.E. (1986). Salinity Effects on the Activity of Granular Hemocytes of American Oysters, *Crassostrea virginica*. *Biol. Bull.* 170 (1), 122–134. <https://www.jstor.org/stable/1541385>. DOI.org/10.2307/1541385.
- Freites, L., Jara, F., Gregori, M., Villón, J., Márquez, A., Rodríguez-Pesantes, D. & Lodeiros, C. (2019). Cultivo suspendido de juveniles de la ostra alada *Pteria sterna* en dos cestas de diferente diseño. Ecuador. *Aquatechnica* 1, 28-39. DOI: <https://doi.org/10.33936/at.v1i1.2149>.
- Frenette, B. & Parsons, G. (2000). Salinity-temperature tolerance of juvenile giant scallops, *Placopecten magellanicus*. Proceeding of the 17th Annual Meeting of the Aquaculture Association Canada. Moncton, New Brunswick, Canada, 28-31 May, 2000. Special Publication of the Aquaculture Association of Canada, 4, 76-78.

[https://books.google.com.ec/books?id=vhGdBAAAQBAJ&pg=PA772&lpg=PA772&dq=Frenette,+B.+%26+Parsons,+G.+\(2000\).](https://books.google.com.ec/books?id=vhGdBAAAQBAJ&pg=PA772&lpg=PA772&dq=Frenette,+B.+%26+Parsons,+G.+(2000).)

- Gosling, E. (2015) Marine Bivalve Molluscs, 2nd Edn. West Sussex UK Wiley Blackwell, West Sussex, UK. <https://www.wiley.com/en-us/Marine+Bivalve+Molluscs%2C+2nd+Edition-p-9780470674949>.
- Jara, F., Gregori, M., Freitas, L. (2016). Prospección del crecimiento de la ostra nacarada *Pteria sterna* con miras a la futura viabilidad de la perlicultura en el Ecuador. In: XVIII Congreso Ecuatoriano de Acuicultura & Aquaexpo. Octubre 2016. p. Cámara Nacional de Acuicultura y Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. <http://www.cenaim.espol.edu.ec/congreso2016>.
- Ledwell, W. (1995). Salinity tolerance in the giant scallop *Placopecten magellanicus* at two temperatures. Independent Research Project for Advanced Diploma in Aquaculture, Marine Institute of Memorial University of Newfoundland, St. Johns, NF, Canada, pp 50.
- Lodeiros C., Rodríguez, D., Márquez, A., Revilla, J., Freitas, L., & Sonnenholzner, S. (2018). Growth and survival of the winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) in suspended culture in the tropical Eastern Pacific: Influence of environmental factors. *Aquac. Res.*, 49, 832-838. DOI: <https://doi.org/10.33936/at.v1i1.2149>
- MacFarland, K., Donaghy, L., & Aswani K. Volety. (2013). Effect of acute salinity changes on hemolymph osmolality and clearance rate of the non-native mussel, *Perna viridis*, and the native oyster, *Crassostrea virginica*, in Southwest Florida. *Biol. Invasions*, 8(3), 299-310 Doi.org/10.3391/ai.2013.8.3.06.
- McLaurin, D., E. Arizmendi, S. Farell y M. Nava. (1999). Perlas y ostras perlíferas del Golfo de California, México. Una actualización. *Aust. Gemm.* 20, 239-245.
- Mendoza, O., Pretell, K., Diringer, B., Avellan, R., Zapata, K., Marchan, A., Cedeño, V., Peralta, T., Ordinola, A., & Mialhe, E. (2017). Respuesta fisiológica y molecular de *Anadara tuberculosa* (Arcoïda:Arcidae) al estrés de salinidad *Rev. Biol. Trop.*, 65(3), 1142-1151.
- Miller, A., W., Ruiz, G., M., Minton, M., S. & Ambrose, R., F. (2007). Differentiating successful and failed molluscan invaders in estuarine ecosystems. *Mar. Ecol. Prog.*, 332, 41-51. <https://repository.si.edu/handle/10088/17738>.
- Monteforte M. (2005). Ecología, biología y cultivo extensivo de la madreperla de calafia, *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856), y la concha nácar arcoïris *Pteria sterna* (Gould 1852) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de La Habana. Cuba. 132 pp.
- Moussa-Mousa, R. (2018). The potential impacts of low and high salinities on salinity tolerance and condition index of the adult pearl oyster *Pinctada imbricata* radiate (Leach, 1814). *JoBAZ*, 79, 12. Doi.org/10.1186/s41936-018-0021-y.

- Nava, M., E. Arizmendi, S. Farell & D. McLaurin. (2000). Evaluation of success in the seeding of round nuclei in *Pteria sterna* (Gould 1851), a new species in pearl culture. *SPC Pearl Oyster Inf. Bull.* 14, 12-16. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pi
- Nieves, M., Román, J. C., Piña, P., Medina, A., Leal, S., Miranda, A., & Muñoz, G. (2009). Balance energético de *Anadara tuberculosa* (SOWERBY, 1833) a diferentes temperaturas. *Rev. Inv. Mar.*, 30, 135-144. Recuperado de <http://www.rim.uh.cu/index.php/IM/article/viewFile/131/130>
- Ordinola, E., López & Gonzales, I. (2010). Delimitación y caracterización de bancos naturales de invertebrados bentónicos comerciales y áreas de pesca artesanal en el litoral de Tumbes. [Informe Interno Instituto del Mar del Perú] 79 pp. http://www.imarpe.gob.pe/tumbes/noticias/Ident_delimit_B_N_Z_12-04-2010.pdf> Acceso 24/10/2012.
- Pierce, S.K. (1982). Invertebrate cell volume control mechanisms: a coordinated use of intracellular amino acids and inorganic ions as osmotic solute. *Biol. Bull.* 163 (3), 405-419. <https://doi.org/10.2307/1541452>
- Polo-Osorio, P. & Hernando-Campos, J. (2016). Efecto combinado de los cambios de salinidad y la exposición al cadmio en las respuestas fisiológicas de *Isognomon alatus* (Bivalvia: Isognomonidae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 40(157):629-636, octubre-diciembre de 2016 Doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.359>.
- Resgalla Jr., Charrid, B., Elisângela de Souza & Salomão, L. C. (2007). El efecto de la temperatura y la salinidad en las tasas fisiológicas del mejillón *Perna perna* (Linnaeus 1758). *Archivos Brasileños de Biología y Tecnología*, 50 (3), 543-556. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132007000300019>.
- Southgate, P.C. & Lucas, J. S. (2008). *The Pearl Oyster*. The Netherlands Elsevier. First Edition. ISBN-13: 978-0-44-452976-3. 5-589 pp.
- Shumway, S.E. (1977a). The effect of salinity fluctuations on the osmotic pressure and Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ ion concentrations in the hemolymph of bivalve molluscs. *Mar Biol.* 41, 153-177, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00394023>.
- Tapia, M. & Naranjo, C. (2015). Caracterización del plancton en bahía de caráquez y en el estuario del río Chone, Ecuador durante marzo de 2012. *Acta Oceanogr. Pac.*, (20)1, 57-69. <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/10336/>
- Thaman, R. R. (2007). Tolerance range, limiting factors, environmental gradients and species abundance and absence. Disponible en línea en: <http://www.docstoc.com/docs/32812431/tolerance-rangelimiting-factorsenvironmental>

- Treviño, L., Vélez, J., & Lodeiros, C. (2018). Effects of stocking density in the grow-out culture of winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) *Aquacult. Res.* Doi: 10.1111/are.13859.
- Vera-Mera R., Quinteros-Carlos, Z., Acosta-Balbás, V., Tam-Malaga, J. & Vélez-Falcones, J. (2020). Distribución espacio-temporal de macroinvertebrados en zonas de manglar del estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. *Foro Iberoam. Rec. Mar. Acuí.* 9, 421-433. https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/component/content/article/30-memorias-de-eventos-academicos/740-ix-foro-iberoamericano-de-los-recursos-marinos-y-acuicultura1?Itemid=101.
- Zar, J.H. (1996). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. Nueva Jersey. 121 p. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=978831&pid=S0034-7744199900040004200049&lng=en.