

BOLETÍN CETMIS

MORTALIDAD DE SEMILLAS DE MEJILLÓN CHILENO PERIODO 2017-2018, POSIBLE RELACIÓN CON ALGUNOS PARÁMETROS AMBIENTALES

Contextualización

La industria mitilicultora nacional ha tenido un crecimiento importante en los últimos años llegando a exportar el 2018 un valor de US\$ 212.390.183¹. Para que este crecimiento fuera posible se necesitó que la primera etapa de esta industria también creciera, por lo cual se consolidaron como principales áreas de captación de semilla de chorito o mejillón chileno (*Mytilus chilensis*) las zonas cordilleranas de las comunas de Cochamó y Hualaihué². Todo iba bien hasta la temporada de captación 2010-2011 (octubre a marzo) pero en el siguiente periodo 2011-2012 se produjo un descenso brusco en la captación de juveniles o semilla lo que provocó también un descenso en la producción de adultos y obviamente gran preocupación entre cultivadores y autoridades. Posteriormente, el 22 de abril de 2015 hizo erupción el volcán Calbuco y se observó gran cantidad de ceniza en las aguas del Fiordo de Reloncaví informándose de mortalidad de semilla y especulándose como causa, la ceniza. Sumado a los dos eventos mencionados, en abril del 2018, se observó en el Fiordo de Reloncaví otra mortalidad masiva de semilla de mejillón esta vez sin causa aparente.

La percepción de los mitilicultores de la zona mencionada es que un factor clave para la sobrevivencia de la semilla es el oxígeno, la abundancia de microalgas (disponibilidad de alimento) y la temperatura. Señalan, además, que siempre se ha observado mortalidad de semilla pero no en los niveles del 2018, indicando que para el Fiordo de Reloncaví se observó un antes y un después de la erupción del volcán Calbuco. Para asegurar su actividad a futuro estiman necesario un monitoreo constante de las condiciones que modelan el cultivo del recurso, cuidando los bancos de adultos y teniendo un marco legal que permita un trabajo sustentable³.

En este contexto, se elaboró el presente boletín que resume la búsqueda de información y los principales resultados de investigaciones realizadas para dar luces respecto de la mortalidad de semilla. De acuerdo al juicio experto de quienes elaboraron este documento, a las características

¹ Valor FOB. Fuente, Aduanas (www.aduanas.cl)

² Fundación Chiquihue. 2014. Informe final proyecto Fondef-HUAM AQ0811018

³ Entrevistas a David Almonacid y Claudio Rehbein, mitilicultores de la zona del Fiordo de Reloncaví y Hualaihué respectivamente.

ambientales de la zona de Cochamó y Hualaihué evaluadas a través de informes y documentos varios, se determinó elegir como variables a comentar e investigar, ceniza volcánica y salinidad. La ceniza porque se observó en terreno la gran carga de material que se descargó en las costas y en las aguas del Fiordo y se sospechó de efectos negativos sobre animales y vegetales allí presentes. En tanto que la salinidad es un factor modelador en zonas de fiordos que puede influir en la fijación, sobrevivencia y crecimiento de la semilla de mejillón. Sumado a lo anterior, se recibieron reportes de mortalidad de semilla de mejillón en traslados desde la cordillera a Chiloé, que indicaron descomposición y temperaturas sobre la ambiente en los sacos de transporte. Por lo anterior, para enriquecer este documento se incluyen algunos ensayos de laboratorio donde además de la salinidad se incluyó temperatura y comentarios sobre oxígeno y abundancia de microalgas, de tal manera de aportar a la discusión para asegurar la actividad mitilicultora nacional.

Antecedentes

1. Cenizas: Es conocido que Japón al igual que Chile, es un país con gran presencia de volcanes, y también es sabido que su población depende en gran medida de sus recursos marinos para su alimentación, por lo que una erupción que afecte sus costas es estudiada de manera detallada. De esta manera, la erupción del volcán Unzen Fugen Dake desde el 17 de noviembre de 1990 hasta 1995 fue monitoreada en extenso, detectándose que se produjo una sedimentación de cenizas al fondo del mar, enterrando a las almejas (almeja japonesa; *Venerupis philippinarum*) provocando su muerte por asfixia⁴. Este antecedente es un indicativo de los efectos que puede tener una erupción volcánica sobre la comunidad bentónica de un lugar.

En Chile, luego de la erupción del Calbuco se realizaron dos campañas de monitoreo de variables abióticas⁵ como temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, pigmentos, nutrientes inorgánicos (nitrato, nitritos y fosfato), pH y alcalinidad, sulfatos y gases. En la primera no se encontró nada anómalo y en la segunda se encontró aguas superficiales con menor alcalinidad producto del aporte de agua dulce de los ríos, bajo pH y alta presión de CO₂, que según los autores producen aguas "corrosivas" insaturadas en carbonato de calcio, lo que sería desfavorable para la formación de concha en los mitílidos. El 2017 se desarrolló una tesis⁶ y una publicación⁷ donde no observaron mortalidad en semillas y

⁴ Informe Nagasaki University. 1994

⁵ Centros MUSEL y [CR]². 2015. Informes Campaña de Muestreo Estuario Reloncaví

⁶ Salas Yanquin Luis P. 2017. Cenizas volcánicas suspendidas en la columna de agua: Impacto sobre el proceso de alimentación en el molusco filtrador *Mytilus chilensis*. UACH

adultos de mejillón chileno luego de someterlos durante 15 días a concentraciones de ceniza volcánica de hasta 150 mg L⁻¹, aunque si observaron dificultades para alimentarse y por ende mayor gasto energético y disminución de peso de la carne, señalando finalmente que es necesario evaluar los efectos de la ceniza en tiempos de exposición más prolongados y a mayores concentraciones⁸.

Los buzos del sector de Cochamó luego de la erupción, observaron choritos cubiertos por ceniza en el fondo, con lo cual comenzó a especularse sobre una posible mortalidad de adultos y una escasa producción de larvas y captación de semilla en las temporadas siguientes. A lo anterior debe sumársele que estudios realizados el 2014⁹ determinaron disminución de los bancos de mejillón en el Fiordo de Reloncaví y sectores de la comuna de Hualaihué, por lo que se planteó una probable disminución en la producción de larvas de mejillón que redundaría en menores captaciones de semilla, cuestión que se observó ya en la temporada 2011-2012. No obstante lo anterior, los monitoreos de abundancia larvaria realizados por IFOP¹⁰ y por Fundación Chiquihue¹¹ indican que, si bien hubo temporadas de baja disponibilidad larval, a partir del 2015 comienzan a aumentar en cantidad (Figura 1 y 2) faltando incluso por evaluar febrero y marzo de 2019. Como antecedente adicional se debe considerar además que un estudio genético¹² para evaluar la procedencia de la semilla respecto de los adultos, señaló una alta probabilidad de que la semilla provenga de bancos de adultos, bajo y en las cercanías de las líneas de captación.

Estos antecedentes podrían indicar que la relación disminución de larvas de mejillón producto de la disminución en la abundancia de mejillones adultos durante unos años, se subsanó al menos en parte.

⁷ Salas Yanquin L.P., J.M. Navarro, J.A. Pechenik, J. A. Montory and O.R. Chaparro. Volcanic ash in the water column: Physiological impact on the suspension-feeding bivalve *Mytilus chilensis*. Marine Pollution Bulletin. Vol 127, February 2018. Pages 342-351.

⁸ Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la UACH

⁹ Proyecto FIP 2014-57; Proyecto Corfo Bienes Públicos 12BPC2-13497; Molinet C., M. Díaz, S. L. Marín, M.P. Astorga, M. Ojeda, L. Cares and E. Asencio. 2016. Aquaculture in press.

¹⁰ IFOP: Programa de disponibilidad larval de mitílicos.

¹¹ www.fundacionchiquihue.cl; www.cetmis.cl

¹² M. Astorga, UACH. Informe proyecto Corfo Bienes Públicos 12BPC2-13497.

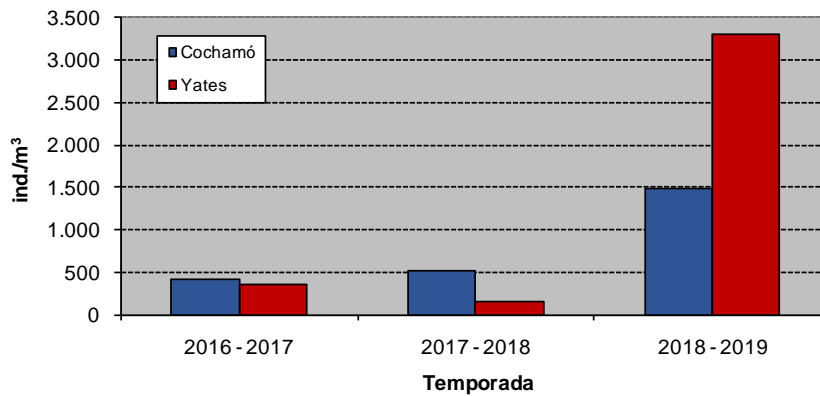


Fig. 1 Promedio de densidad de Larva por temporada (octubre - marzo) de Mitílidos Umbonada + Mancha ocular en comuna Cochamó (elaboración propia a partir de datos IFOP)

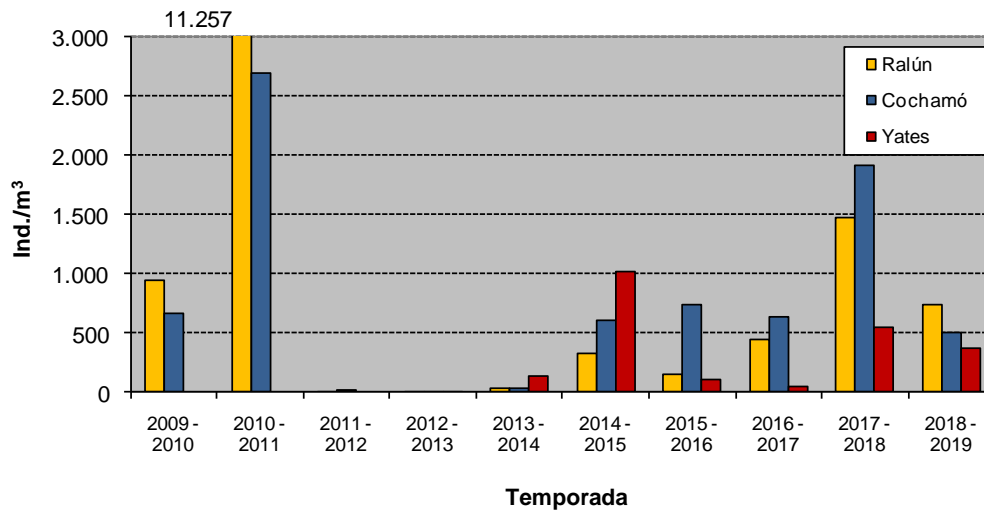


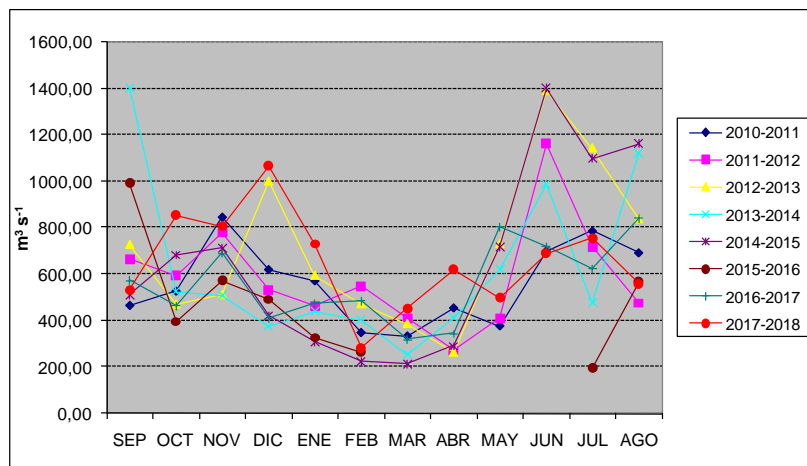
Fig. 2 Promedio de densidad de Larva por temporada (octubre a marzo) de Mitílido Umbonada + Mancha ocular en comuna Cochamó (fuente: Fundación Chinquihue y CETMIS)

- Salinidad: En abril de 2018 se produjo una gran mortalidad en los colectores con semilla de mejillón en la zona del Fiordo de Reloncaví, por esta razón se solicitó a IFOP revisara las condiciones hidrográficas en el sector en las estaciones asociadas al monitoreo de larvas

de mitílidos. Los resultados de los monitoreos realizados¹³ señalan que la temperatura se comportó de manera similar a años anteriores y en las estaciones de Cochamó y Yates la salinidad fue menor a 10 psu en los 3 primeros metros y el caudal del río Puelo en abril fue bastante mayor que años anteriores.

La tesis doctoral de la Universidad de Concepción sobre la circulación y mezcla en el Fiordo de Reloncaví¹⁴, señala para los años 2008-2009 como principal fuente de ingreso de agua dulce al río Puelo, por sobre el río Petrohue y Cochamó y por sobre los aportes de la hidroeléctrica de Canutillar, sobre todo en junio y julio, pero también en noviembre y diciembre. También señala una capa de salinidad menor a 10 psu hasta aproximadamente los 8 metros de profundidad, en verano hacia la cabecera del fiordo.

Información facilitada por IFOP sobre la salinidad para las estaciones de Cochamó y Yates entre el 27 de diciembre de 2018 y el 6 de febrero de 2019, muestra una capa de baja salinidad entre los 5 y 6 metros de profundidad, en tanto que la concentración de oxígeno disuelto estuvo sobre los 7 mg L⁻¹. Sumado a lo anterior, cabe mencionar datos obtenidos de la Dirección General de Aguas (DGA) sobre el caudal promedio mensual del río Puelo el 2018, que muestran un aumento importante entre enero y abril pasando desde 281,75 a 620,07 m³s⁻¹ (figura 3), aunque considerando un rango de tiempo mayor (2010 a 2018) y la temporada principal de trabajo de captación entre septiembre a agosto, se observa una mayor variabilidad en los caudales con cierta tendencia a aumentar a partir de abril de cada temporada. Al analizar solo los meses de abril en un periodo de 10 años (figura 4), en los años 2009 y 2018 se registró mayor caudal del río Puelo¹⁵.



¹³ IFOP. 2018. Reporte de condiciones hidrográficas asociadas a la mortalidad de semillas de mitílidos en el Fiordo de Reloncaví durante la primera quincena de abril de 2018.

¹⁴ Castillo Silva M. I. 2012. Circulación y mezcla en el Fiordo Reloncaví, Chile. Tesis doctoral en Oceanografía. Universidad de Concepción, Departamento de Geofísica

¹⁵ Fuente Dirección General de Aguas (www.dga.cl)

Fig. 3 Promedio mensual del caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) del río Puelo para las temporadas entre 2010 a 2018 (elaboración propia a partir de datos de la DGA).

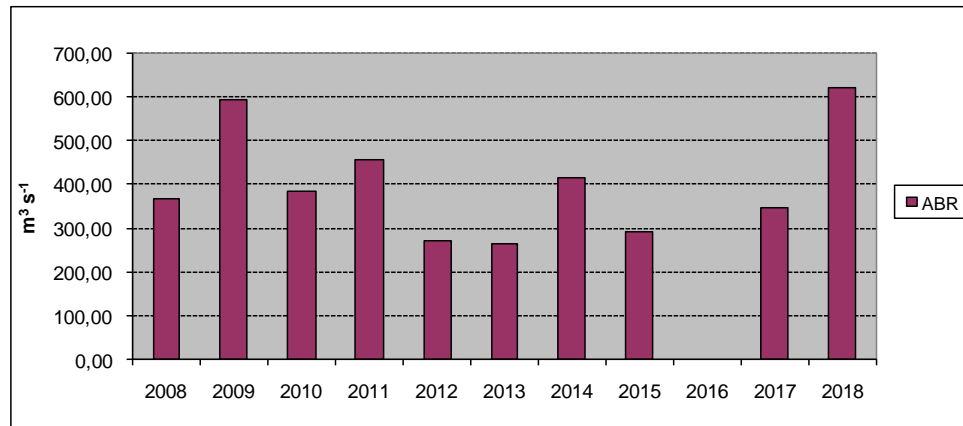


Fig. 4 Promedio mensual del caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) del río Puelo solo para el mes de abril entre los años 2008 a 2018 (elaboración propia a partir de datos de la DGA. Año 2016 sin datos).

Estos antecedentes que indican baja salinidad en el periodo de 2018 cuando se observó mortalidad, motivaron la búsqueda de información y la realización de ensayos en laboratorio para evaluar el rango de tolerancia de la semilla de mejillón a la salinidad. Los resultados indican que la semilla de mejillón presenta mortalidad y desprendimiento al estar sometida por más de 7 días a salinidades bajo 15 psu, por lo que es un factor importante considerar y monitorear en las zonas de captación.

3. Bloom Microalgas: En reuniones de mitilicultores con autoridades para tratar la mortalidad de semilla en abril de 2018, se mencionó la abundancia de microalga como causante de esta mortalidad. Para investigar esta variable se obtuvo el informe de IFOP de abril de 2018 respecto de la abundancia de fitoplancton en la zona del Fiordo de Reloncaví. Este informe señala una gran abundancia de diatomeas del género *Skeletonema spp.*, contabilizando más de 21 millones de células L^{-1} (21.000 células mL^{-1}) en la estación de Cochamó. Este informe también descartó problemas con algas nocivas (FANs).

No obstante el alto valor en el número de diatomeas encontradas en el periodo crítico, es importante considerar la abundancia de microalgas en un contexto más amplio, poniendo en consideración el tipo o especie y su abundancia. Por ejemplo, cultivos de moluscos filtradores en sistema controlado, laboratorio o hatchery, utilizan como alimento microalgas de distinto tipo (diatomeas y flagelados unicelulares) en distintas

concentraciones¹⁶. Normalmente para hacer madurar sexualmente un mejillón, ostión o almeja se utilizan concentraciones de 300.000 células mL⁻¹, más de 14 veces la concentración de diatomeas encontradas en Cochamó. Incluso para la alimentación de etapas larvianas de moluscos filtradores se utilizan al comienzo concentraciones de 5.000 células mL⁻¹, pudiendo llegar hasta 100.000 células mL⁻¹ para larvas a punto de asentarse y metamorfosear. Estos antecedentes permiten discutir la abundancia de microalgas desde un criterio de cultivo controlado, pero también incorporan valores de abundancia comparativa con el medio natural, considerando eso sí, que las especies empleadas en hatcheries son generalmente unicelulares y no las del tipo que forman cadenas como del género *Skeletonema*. En base a estos antecedentes, se recomienda precaución al minuto de señalar a las microalgas como causantes de mortalidades en moluscos, es importante tomar en cuenta la especie y abundancia relativa.

4. Oxígeno: Respecto al oxígeno necesario para la vida del mejillón chileno, basta con recordar que este recurso cuando se comercializa se mantiene vivo fuera del agua en perfectas condiciones hasta por dos a tres días y en dicho periodo mantiene cerrada sus valvas y no respira. Además, como se indicó previamente, al menos entre diciembre de 2018 y febrero de 2019 no hubo baja de oxígeno en el agua en la zona de Cochamó y Yates en el Fiordo de Reloncaví.

Como antecedente se puede mencionar que un estudio realizado en el mejillón chileno¹⁷ señala que ejemplares de aproximadamente 19 mm consumen 0,04 mg L⁻¹ de oxígeno cuando están tres días sin comer, mientras que ejemplares de aproximadamente 62 mm consumen 0,4 mg L⁻¹. Estos valores comparados a organismos como el salmón del atlántico (*Salmo salar*) que requiere concentraciones entre 9 a 6,4 mg L⁻¹ (asumiendo 100% saturación en el agua)¹⁸, nos indican que el mejillón chileno no requiere de grandes cantidades de oxígeno para vivir en comparación a otras especies.

Ensayos Fundación Chiquihue

A fin de generar información para un mejor manejo en el cultivo de semillas de mejillón chileno, se realizaron varios ensayos con ejemplares de 11,48 mm promedio de altura (± 1.69) utilizando triplicados en cada prueba. Los ejemplares provinieron de Hueihue comuna de Ancud. Los ensayos se realizaron durante el mes de febrero de 2019. La salinidad se midió utilizando un densímetro, la

¹⁶ FAO. 2006. Cultivo de bivalvos en criadero. Documento técnico de Pesca N° 471

¹⁷ Navarro J.M. and J.E. Winter, 1982. Ingestion Rate, assimilation Efficiency and Energy Balance in *Mytilus chilensis* in Relation to Body Size and Different Algal Concentrations. *Marine Biology* 67, 255-266.

¹⁸ K. Heen, R. L. Monahan and F. Utter (Editors). 1993. *Salmon Aquaculture*. Fishing News Books. Great Britain. Primera Edición

temperatura un termómetro digital de inmersión y el oxígeno un oxímetro YSI 550A. El agua de mar y dulce fue microfiltrada (1 μ m) y temperada con calefactores de inmersión.

1. Límite de tolerancia de semilla a salinidad: Se mantuvo por 24 horas semilla a 30; 20; 15; 12,5 y 10 psu. Luego de 5 y 15 minutos se observó que sobre 20 psu la semilla presentaba movimiento subiendo las paredes de los acuarios, exponiendo el pie y agrupándose mediante el biso. Bajo 15 psu la semilla se mantuvo estática y suelta en el fondo de los acuarios, indicando un límite para un comportamiento gregario normal (figura 5).

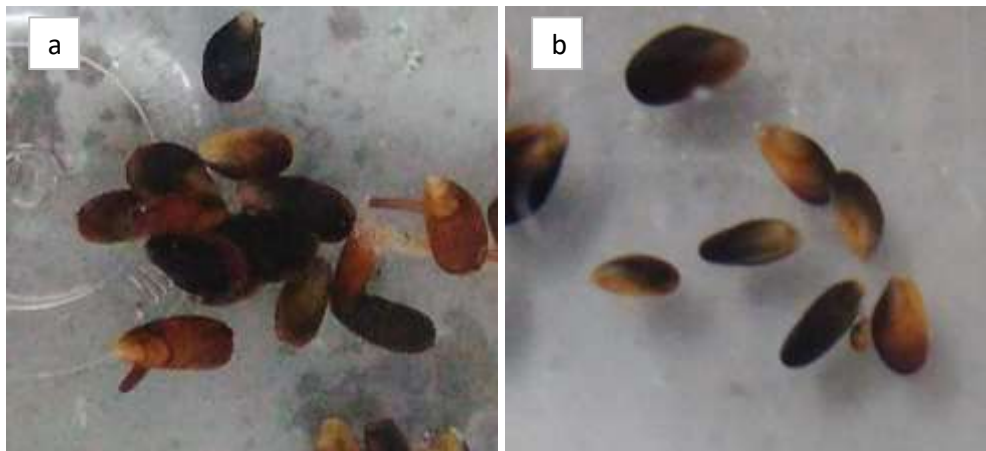


Fig. 5 Aspecto de la semilla de mejillón chileno al ser sometida a diferentes salinidades. a) comportamientos a salinidad sobre 15 psu. b) comportamiento a salinidades bajo 15 psu.

De esta manera se sugiere una alerta ante la variable salinidad, esquematizada a continuación (figura 6):

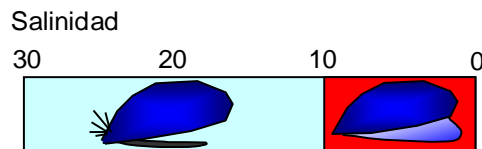


Fig. 6 Semáforo de alerta para la semilla de mejillón chileno frente a la variable salinidad. Bajo 10 psu las valvas se abren, sobre 10 psu se genera biso y utilizan el pie.

2. Recuperación de semilla a baja salinidad (< 15 psu): Se mantuvo por 7 días 75 semillas a 30 y 10 psu. Cada día se extrajo 15 unidades de los acuarios con baja salinidad y se colocaron

en agua de mar fresca (30 psu) para observar su comportamiento y evaluar mortalidad. Todos los días se renovó el agua en los acuarios de ambas salinidades para eliminar el factor oxígeno disuelto de los resultados, el cual se mantuvo entre 4,1 y 6,3 mgL⁻¹. Entre el día 5 y 7 no se renovó agua ni extrajo ejemplares.

Luego de 2 días a baja salinidad casi no se observó mortalidad ni ejemplares sueltos en el fondo del acuario, probablemente la mortalidad del día 1 fue previa al inicio del ensayo y no se detectó. A partir del día 3 de ser sometidas a salinidades de 10 psu se comenzó a contabilizar ejemplares muertos y ya el día 7 se observó mortalidad y ejemplares sueltos en el fondo del acuario (figura 7).

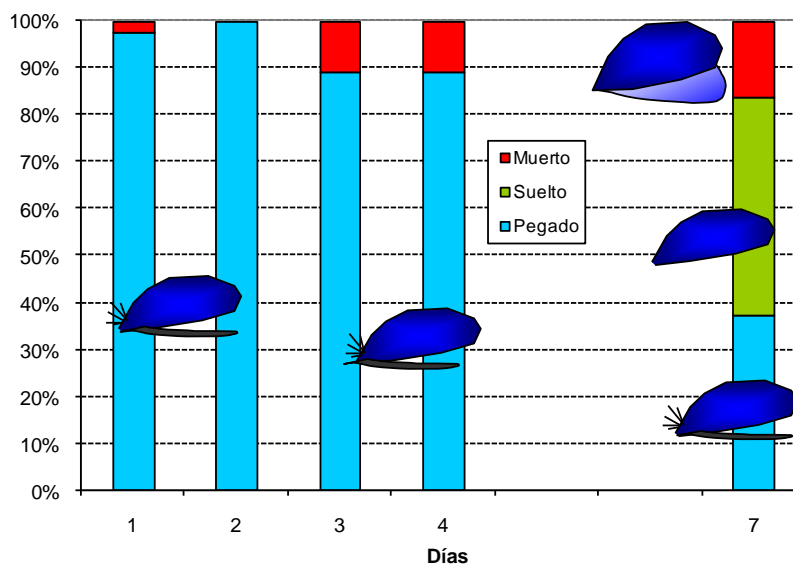


Fig. 7 Comportamiento de recuperación de la semilla de mejillón chileno sometido a salinidad de 10 psu y posterior recuperación a 30 psu.

3. Temperatura de traslado semilla: Se mantuvo por 24 horas semilla a 25 y 30 °C en agua de mar y al aire, manteniendo otro grupo al aire a 20°C como control. El control de la temperatura ambiente se logró mediante el uso de hornos Pasteur y la del agua mediante calefactores de inmersión. Luego del periodo de prueba, los ejemplares se sumergieron en agua de mar (30 psu) para evaluar su recuperación en términos de movimiento con la utilización del pie, formación de agrupaciones con biso, cierre de valvas y mortalidad. Los resultados indican que a 25 °C la gran mayoría de los ejemplares se recuperan, pero a 30°C la mortalidad es total con descomposición y mal olor (figura 8).

Por lo anterior, si se traslada semilla por periodos prolongados, se debe cuidar la temperatura al interior de los sacos, bins o maxi sacos evitando exposiciones por sobre 25°C.

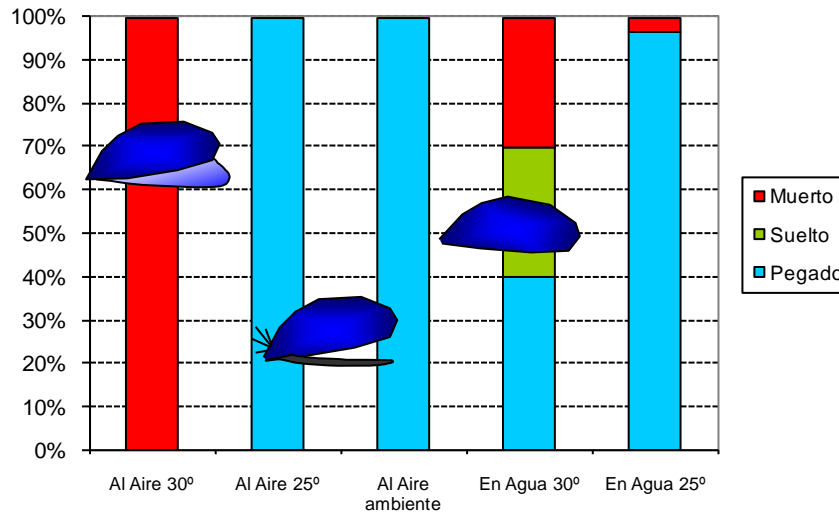


Fig. 8 Resistencia y recuperación de semilla de mejillón chileno a la temperatura en agua y aire, después de 24 horas de exposición.

Conclusiones

- A nuestro juicio la relación entre ceniza volcánica y mortalidad de semilla de mejillón chileno en colectores no es clara, al menos en cortos periodos de exposición y a las concentraciones probadas en algunas investigaciones. Sería recomendable someter a ejemplares juveniles y adultos a concentraciones de ceniza por sobre los 150 mg L^{-1} y por más 15 días para tener más antecedentes y probablemente dilucidar la problemática.
- Pareciera que la disminución de bancos de adultos de mejillón detectado el 2014 no ha mermado la producción posterior de larvas o bien los bancos han mejorado su densidad y no ha habido evaluación que de cuenta de esta situación.
- La abundancia de microalgas debe ser analizada en un contexto más amplio, considerando mayor cantidad de antecedentes, antes de señalarlas como causantes de problemas en los mitílidos.
- Pareciera que la salinidad juega un papel importante en la sobrevivencia y mortalidad de la semilla de mejillón. Es necesario contar con un registro continuo de este parámetro para poder tomar medidas pertinentes. Se recomienda bajar o profundizar la ubicación de los colectores para evitar mortalidades por esta variable, sobre todo en sectores con importantes aportes de agua dulce. La semilla expuesta por más de 7 días a bajas salinidades (bajo 10 psu), presenta mortalidad y desprendimiento (que representa hasta el 63% de pérdida en un colector), ambos efectos reducen la calidad de los colectores.

- Para el transporte de la semilla de mejillón es recomendable mantener temperaturas bajo 25°C y minimizar los tiempos de traslado.