



Comisión convocada por la Academia Chilena de Ciencias comenta estudio sobre Marea Roja

En noviembre del año 2019, se publicó el artículo titulado "*The 2016 red tide crisis in southern Chile: Possible influence of the mass oceanic dumping of dead salmon*" en la revista científica *Marine Pollution Bulletin*. En este artículo, los autores utilizan una combinación de imágenes satelitales de altimetría, temperatura y color del océano, datos de re-análisis de un modelo numérico para evaluar la posibilidad de que parte del vertimiento oceánico de salmones muertos, realizado en marzo de 2016, haya sido transportado de vuelta a la costa de Chiloé. A partir de sus resultados y de una serie de supuestos en relación con la distribución vertical del material vertido, la dinámica de nutrientes nitrogenados en el océano superficial, y la respuesta del fitoplancton, los autores del citado trabajo indican y presentan lo siguiente:

1. Se describe la presencia de un giro ciclónico entre la localidad de vertimiento y la costa de Chiloé durante el mes de abril de 2016.
2. Simulaciones de corrientes basadas en el modelo numérico MERCATOR, con una resolución espacial ("tamaño de pixel") aproximada de 8 km, muestran que el agua del primer medio metro de la columna de agua (pero no la de mayores profundidades) podría haber llegado a las cercanías de la costa de Chiloé a mediados de abril del 2016.
3. Los autores sugieren que, dado el resultado de su modelación numérica, una fracción del vertimiento de biomasa de salmón en descomposición podría haber retornado a la costa y haber potenciado la floración del dinoflagelado *Alexandrium catenella* detectada en la costa occidental de la isla de Chiloé durante abril del 2016.
4. Concluyen que este transporte hipotético explica las altas concentraciones de amonio detectadas dos meses después del vertimiento (fines de mayo del 2016) en dos puntos de la costa suroeste de Chiloé, visitados durante la expedición del buque científico Cabo de Hornos.



Pese a haber sido publicado en línea hace más de un año (aunque luego se le asignó 2020 como el año de publicación), este artículo ha sido el foco de notas de prensa publicadas recientemente, donde se señala, entre otros, que este estudio “desmiente” el informe preparado por esta comisión a solicitud del Ministerio de Economía y que, a diferencia del informe señalado, el estudio publicado en *Marine Pollution Bulletin* sí fue sujeto a evaluación por pares científicos/as. Se destaca, como uno de sus descubrimientos principales, la detección de un “remolino” en la zona durante las semanas posteriores al término de los vertimientos, y que este remolino podría mediar el retorno a la costa de parte de los desechos vertidos en el océano abierto.

Desde un punto de vista científico, ésta es una hipótesis alternativa que consideramos atendible, pero que, más allá de los resultados generados por un modelo numérico que simula el transporte de agua entre celdas de 8 km, carece de mayor sustento, dado que no se entrega información adicional sobre mediciones de nutrientes (más allá de una reproducción de las figuras 31, 35 y 39 de nuestro informe), y el reconocimiento implícito, en el título de la publicación (“posible influencia”), de que no se puede afirmar con certeza la causa de la marea roja, y en particular de la floración de *Alexandrium catenella* detectada en abril de 2016, porque el florecimiento de algas nocivas responde a una conjunción de múltiples factores ambientales y físicos. Más aún, se presentan argumentos sobre la relación entre el vertimiento de materia orgánica y la dinámica del amonio en el océano que denotan un desconocimiento de los mecanismos y los factores que determinan la degradación de este nutriente en el océano. En dos secciones del artículo publicado en *Marine Pollution Bulletin* se asevera que “es sabido que los salmones muertos liberan ácido sulfúrico” (sección 2.4 y 5.3.1) lo cual es errado. La materia orgánica no se descompone en ácido sulfúrico, sino que, en caso de ausencia de oxígeno disuelto, el sulfato que actúa como aceptor de electrones para la mineralización de materia orgánica particulada (en parte nitrógeno orgánico), puede pasar a ácido sulfhídrico (compuesto diferente al indicado por los autores); pero esto ocurre solo en condiciones de anaerobiosis, esto es de ausencia de oxígeno, lo cual no sucede en la columna de agua de zonas oceánicas en el sur de Chile.

Otro punto importante tiene relación con el sitio de vertimiento. Se registró en el crucero oceanográfico una concentración de amonio de 0,3 μM . Se sabe que durante el transporte dicho nutriente será oxidado



rápidamente (horas) por el proceso de nitrificación aeróbica; entonces cómo es posible explicar que en el destino de esta parcela de agua haya más amonio que desde la fuente. Claramente el amonio acumulado en la costa podría provenir de una fuente local difusa y no puede ser explicado por las corrientes superficiales, como se indica en las entrevistas de prensa. En el estudio publicado en *Marine Pollution Bulletin*, no se presenta ninguna evidencia nueva científica de causalidad y los autores de este trabajo tampoco presentan ninguna explicación plausible.

Es importante señalar que el argumento central de este trabajo –el posible transporte de agua de superficie de vuelta a la costa de Chiloé– se basa en una simulación de tipo Lagrangeana, de la trayectoria de partículas pasivas y con flotabilidad neutra, que se desplazan forzadas por los campos de velocidad de corrientes generados como resultado del modelo operativo “MERCATOR”. Las figuras 4 y 5 de la publicación en *Marine Pollution Bulletin* dejan en evidencia que, en la simulación utilizada, no se aplicó ninguna parametrización que diera cuenta de la dispersión horizontal de partículas a la escala “sub-grilla” (es decir, en distancias de menos de 8 km) debido a la turbulencia inherente a las capas superficiales del océano. Suponer que las partículas “inertes” que no sufren descomposición y mineralización, o en este caso un volumen de materia orgánica en descomposición, se mueven con las corrientes sin considerar el efecto de dilución provocado por la mezcla turbulenta dentro de cada celda del modelo (una superficie equivalente a 61x61 canchas del Estadio Nacional, y con un volumen de 64 millones de m³ para el primer metro de la columna de agua¹) puede generar un amplio margen de error entre lo presentado en el artículo referido y el destino probable del material vertido en marzo de 2016. Los autores, tampoco entregan información sobre potenciales concentraciones de nutrientes de otras fuentes, independientes al vertimiento, que podría haber reforzado la expresión del fenómeno de Marea Roja ocurrido el año 2016, por lo cual este trabajo solo entrega una probable explicación alternativa. No hay ninguna evidencia de cuanto pudiesen ser los nutrientes arrastrados por la capa superficial y ciertamente no considera los efectos de dilución, descomposición y mineralización que sufre la materia orgánica a lo largo del transporte. Sin mencionar, además, el uso que la comunidad fitoplanctónica puede hacer de dichos nutrientes.

¹ El río Maipo descargó 64 millones de metros cúbicos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016 (estimado a partir de datos descargados del Explorador Climático CR2).



Los autores comenten además un grave error de interpretación al señalar que la “mancha de amonio” encontrada en la costa suroeste de Chiloé a fines de mayo, se relaciona con la descomposición de los salmones vertidos a casi 140 km de la costa dos meses antes. Dado que el amonio derivado de la descomposición de la materia orgánica en un ambiente aeróbico es convertido rápidamente (en horas) a otras formas químicas de nitrógeno inorgánico, como nitrato y nitrito y, dada la tasa esperada de descomposición de la materia orgánica para las condiciones de temperatura existentes en la zona del vertimiento, no es correcto pensar que el amonio derivado del vertimiento podría ser observado en superficie 2 meses más tarde. El informe de la comisión convocada por la Academia Chilena de Ciencias señala que estos sectores costeros con alta concentraciones de amonio podrían indicar otras fuentes desconocidas de aporte de nutrientes, pero que de ningún modo se pueden conectar con el vertimiento de salmones.

Celebramos que jóvenes investigadores aporten con nuevos análisis y con una hipótesis interesante al estudio de este caso. Este intercambio intelectual es la forma en que la ciencia avanza, y permite tener una mejor perspectiva sobre el efecto que las perturbaciones de origen antrópico tienen sobre fenómenos naturales en el océano. Sin embargo, aportar con una nueva mirada no justifica de ninguna manera que los autores de este artículo descalifiquen la validez del análisis presentado en el informe de esta comisión aludiendo a intenciones más allá del ámbito científico, y que tanto ellos como sus colaboradores declaren a medios de prensa que se eludió presentar cierta información o que hubo una “omisión deliberada” por parte de la comisión convocada por la Academia Chilena de Ciencias. Claramente los resultados presentados en la publicación de Armijo y colaboradores en *Marine Pollution Bulletin* no invalidan el informe de la Academia, sino que presentan una hipótesis tentativa que requiere ser abordada con herramientas de modelamiento más adecuadas, que consideren tanto los aspectos físicos como biogeoquímicos involucrados en la dispersión de material expuesto a degradación y utilización por parte de organismos planctónicos. Por esto, quienes formamos parte de esta comisión alabamos el aporte a la discusión que representa la publicación científica de Armijo y colaboradores, pero rechazamos tajantemente su uso en la prensa para hacer aseveraciones infundadas y falsas respecto a nuestra ética de trabajo y a la buena fe con que desempeñamos nuestra labor (por cierto, *ad honorem*) encomendada en 2016.



Esta comisión desea además dejar establecido que el informe entregado el 2016 solo señala que el vertimiento de salmones no tiene un efecto sobre la aparición de la marea roja en Chiloé. Ello no significa que el cultivo de salmones no tenga efectos ambientales en las zonas costeras del sur de Chile. Se debe considerar que solo por el proceso natural de excreción de las 800 mil toneladas de producción de salmones en Chile que se producen anualmente en los canales Patagónicos es equivalente a más de 10 vertimientos de amonio como el del verano del 2016 llevado a cabo en el medio ambiente².

En tiempos actuales, donde la ciencia y el desarrollo tecnológico han demostrado ser esenciales para el desarrollo de los países y de la humanidad, llamamos a hacer un uso adecuado de la información, y a los medios de comunicación (masiva o no) a hacer una difusión responsable.

Alejandro Buschmann
Miembro de la Academia Chilena de Ciencias
Universidad de Los Lagos

Laura Farías
Universidad de Concepción

Fabián Tapia
Universidad de Concepción

Mónica Vásquez
Pontificia Universidad Católica de Chile

Daniel Varela
Universidad de Los Lagos

² Ver: Buschmann, Niklitschek y Pereda 2021. Acuicultura y sus impactos en la conservación de la Patagonia chilena. En: Castilla, J. C., Armesto, J. J., y Martínez-Harms, M. J. (Eds.). *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica, pp. 367-387.