



Biotoxinas marinas: riesgos, control y relevancia en la seguridad alimentaria

Apellidos, nombre	García Martínez, Eva (evgarmar@tal.upv.es)
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	ETSIAMN. Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

Las biotoxinas marinas son compuestos tóxicos sintetizados por microalgas que pueden acumularse en tejidos de organismos marinos como moluscos bivalvos, gasterópodos, crustáceos y peces. Estas toxinas representan una amenaza para la salud pública debido a los efectos adversos que pueden generar en los seres humanos. El consumo de productos contaminados puede desencadenar intoxicaciones alimentarias graves caracterizadas por cuadros clínicos diversos, que incluyen alteraciones digestivas, neurológicas e incluso cardiovasculares. Además del impacto sanitario, la presencia de estas toxinas conlleva importantes consecuencias económicas, afectando a toda la cadena de valor de los productos pesqueros, desde los productores primarios hasta su procesamiento industrial. Por ello, el control riguroso de los alimentos marinos destinados al consumo humano es una prioridad clave para garantizar la seguridad alimentaria. En este contexto, este objeto de aprendizaje analiza los principales tipos de biotoxinas marinas y sus efectos sobre la salud, los mecanismos de control y su implicación en la seguridad alimentaria.

2 Objetivos

Con este objeto de aprendizaje se persigue que los alumnos sean capaces de:

- Identificar los diferentes tipos de biotoxinas marinas y sus efectos sobre la salud humana.
- Evaluar los métodos de detección y control de biotoxinas en productos de la pesca.
- Aplicar la normativa vigente relativa a biotoxinas marinas en el ámbito alimentario.

3 Introducción

Las biotoxinas marinas constituyen un problema de salud pública en zonas donde se consumen moluscos bivalvos. Estos organismos filtran microalgas tóxicas y acumulan compuestos que, aunque no les afectan, resultan nocivos para los humanos. La detección y control de estas toxinas es fundamental para garantizar alimentos de la pesca seguros.

Estas toxinas son sintetizadas por microalgas, presentes en todas las aguas del planeta, que en determinadas condiciones pueden multiplicarse rápidamente. Este crecimiento acelerado puede ir acompañado de cambios visibles en el color del agua, conocidos como “mareas rojas”, fenómeno asociado a las floraciones de algas nocivas. Este tipo de eventos se ha incrementado notablemente a nivel global en las últimas décadas, convirtiéndose en un problema ambiental y de seguridad alimentaria de gran relevancia.

¿Por qué es fundamental su control? Porque en los últimos años, se ha observado la presencia de biotoxinas marinas en zonas geográficas donde antes no se habían detectado, lo que representa un riesgo creciente para la calidad de los productos del mar y la salud humana.

¿Qué factores podrían estar detrás de esta expansión geográfica? principalmente el cambio climático y el aumento de nutrientes en los ecosistemas acuáticos, lo que ha despertado un creciente interés científico. Este interés se centra en dos aspectos: por un lado en comprender mejor los eventos biológicos relacionados con la proliferación de estas toxinas, y por otro, en desarrollar métodos analíticos más eficaces y sencillos para su detección.

4 Desarrollo

4.1 ¿Qué son las biotoxinas marinas?

Se trata de compuestos químicos producidos por distintos microorganismos marinos, generalmente algas dinoflageladas y diatomeas, que se acumulan en moluscos. Estas toxinas pueden acumularse en moluscos bivalvos, gasterópodos, crustáceos, peces y otros animales marinos (Figura 1). Cuando estos organismos son consumidos por humanos, pueden producirse distintos síndromes de intoxicación.



Figura 1. Alimentos a considerar

Existen varios tipos de biotoxinas marinas, dependiendo de su estructura química. A grandes rasgos se pueden clasificar en dos grandes grupos, las hidrofílicas y las lipofílicas (Tabla 1). Además, existen unas biotoxinas que son anfipáticas, es decir, poseen un extremo hidrofílico y otro lipofílico. En esta categoría están las Palitoxinas (PITX).

Tabla 1. Clasificación de las Biotoxinas marinas

Hidrofílicas	Lipofílicas
Ácido domoico (DA)	Ácido okadaico (AO)
Saxitoxina (STX) ó Toxina paralizante (PST)	Yesotosinas (YTX)
Tetrodotoxinas (TTX)	Pectenotoxinas (PTX)
	Azaspirácidos (AZA)
	Iminas Cíclicas (IC)
	Ciguatoxinas (CTX)
	Brevetoxinas (NST)

Cuando se encuentran en cantidades pequeñas, las biotoxinas marinas no suelen representar un peligro para la salud. Sin embargo, cuando su concentración en los alimentos supera ciertos niveles, pueden desencadenar efectos graves en las personas que los consumen. El tipo y la intensidad de los síntomas dependen de la toxina específica y de la cantidad ingerida. Estas sustancias pueden provocar distintos síndromes tóxicos, entre los que se incluyen cuadros diarreicos, alteraciones neurológicas, parálisis e incluso pérdida de memoria.

En la Tabla 2 se resumen las principales biotoxinas marinas, los microorganismos responsables de su producción, el tipo de intoxicación que generan y los síntomas más frecuentes en el ser humano.

Tabla 2. Síntomas producidos por las diferentes Biotoxinas marinas

Biotoxina	Organismo productor	Síndrome tóxico	Síntomas
Ácido okadaico (AO)	Dinoflagelados (<i>Dinophysis</i> spp.)	Intoxicación diarreica (DSP)	Diarrea, dolor abdominal
Saxitoxinas (STX)	Dinoflagelados (<i>Alexandrium</i> spp., <i>Gymnodinium</i> spp.)	Intoxicación paralizante (PSP)	Parálisis muscular, insuficiencia respiratoria
Ácido domoico (DA)	Diatomeas (<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.)	Intoxicación amnésica (ASP)	Pérdida de memoria, convulsiones, coma
Brevetoxinas (BTX)	Dinoflagelados (<i>Karenia brevis</i>)	Intoxicación neurotóxica (NSP)	Mareo, náuseas, alteraciones neurológicas leves
Ciguatoxinas (CTX)	Dinoflagelado bentónico (<i>Gambierdiscus toxicus</i>)	Intoxicación por ciguatera (CFP)	Náuseas, alucinaciones, mialgias, disestesias
Azaspirácidos (AZA)	Dinoflagelados (<i>Azadinium spinosum</i>)	Intoxicación azaspirácida	Náuseas, diarrea, dolor abdominal, vómitos

Debido al elevado potencial tóxico que presentan algunas biotoxinas marinas, en 2009 la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) propuso establecer límites de exposición seguros para la población. Entre ellos, definió la Dosis de Referencia Aguda (ARfD) para determinados grupos de toxinas (Tabla 3), como un valor estimado que indica la cantidad de una sustancia, calculada por kilogramo de peso corporal, que puede ser ingerida en un periodo de hasta 24 horas sin suponer un riesgo significativo para la salud del consumidor.

Tabla 3. Valores de referencia toxicológicos de las diferentes biotoxinas

Biotoxina	Dosis de Referencia Aguda
AO y análogos	0,3 µg de eq. AO/ kg p.c.
PST ó STX	0,5 µg de eq. STX/ kg p.c.
YTX	25 µg de eq. YTX/ kg p.c.
DA e isómeros	30 µg de eq. DA/ kg p.c.
AZA	0,2 µg de eq. AZA1/ kg p.c.
PTX	0,8 µg de eq. PTX2/ kg p.c.

4.2 Métodos de detección y control

La detección y control de biotoxinas marinas requiere el uso de métodos analíticos fiables, sensibles y validados que permitan garantizar la seguridad de los productos del mar antes de su comercialización. En este sentido, el Reglamento (UE) nº 15/2011 de la Comisión, de 10 de enero de 2011, por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 2074/2005, establece los métodos de análisis reconocidos para la detección de biotoxinas marinas en moluscos bivalvos vivos (Tabla 4). Tradicionalmente, el bioensayo en ratones fue el método de referencia para muchas toxinas, aunque su uso ha disminuido por razones éticas y por su baja especificidad. Actualmente, las técnicas más utilizadas incluyen la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), acoplada a espectrometría de masas (LC-MS o LC-MS/MS), que permite la identificación y cuantificación simultánea de múltiples toxinas con alta precisión. También se emplean métodos inmunoquímicos como los ensayos ELISA, útiles para un cribado rápido. La elección del método depende del tipo de toxina a analizar, la matriz alimentaria y los requisitos normativos. La implementación de estos procedimientos analíticos forma parte de los programas oficiales de vigilancia y es esencial para el control eficaz del riesgo toxicológico en la cadena alimentaria marina.

Tabla 4. Principales métodos analíticos para la detección de biotoxinas marinas

Método	Principio	Ventajas	Inconvenientes
Bioensayo en ratón	Inyección intraperitoneal del extracto y observación de síntomas o muerte	Amplio espectro de detección	Éticamente cuestionado, no específico ni cuantitativo
Ensayo ELISA	Reacción antígeno-anticuerpo específica	Rápido, sencillo, apto para cribado	Sensible a interferencias de matriz, menos preciso que métodos cromatográficos
HPLC-FLD	Separación por cromatografía y detección por fluorescencia	Cuantitativo, buena sensibilidad para ciertas toxinas (PST)	Requiere derivatización previa, limitada a toxinas fluorescentes
LC-MS	Separación cromatográfica acoplada a espectrometría de masas	Alta sensibilidad, especificidad, detección y cuantificación simultánea de múltiples toxinas	Requiere equipamiento costoso y personal especializado

4.3 Legislación: Niveles máximos de biotoxinas marinas

La normativa europea vigente en materia de seguridad alimentaria, concretamente el Reglamento (CE) nº 853/2004, establece los valores máximos permitidos de biotoxinas marinas en alimentos de origen animal. Estos límites son aplicables, principalmente, a productos como moluscos bivalvos, equinodermos, tunicados y gasterópodos marinos, ya que no se contempla la presencia de biotoxinas en otras especies del medio marino.

Cabe señalar que el valor límite para las yesotoxinas (YTX) fue actualizado posteriormente mediante el Reglamento (UE) nº 786/2013. En la Tabla 5 se recogen los niveles máximos legales establecidos para estos productos, con el objetivo de garantizar su inocuidad para el consumo humano.

Tabla 5. Límites máximos legales permitidos por tipo de toxina

Biotoxina	Reglamento	Límite máximo
PST	Reglamento (CE) 853/2004	800 µg de eq. STXdiHCl/kg
AST	Reglamento (CE) 853/2004	20 mg ácido domoico/kg
AZA	Reglamento (CE) 853/2004	160 µg de eq. AZA/kg
YTX	Reglamento 786/2013	3,75 mg de eq. YTX/kg
AO, DTX Y PTX	Reglamento (CE) 853/2004	160 µg de eq. ácido okadaico/kg

4.4 Seguridad alimentaria

Como ya has podido imaginar, el control de biotoxinas marinas es una prioridad en sistemas de vigilancia alimentaria. La Orden de 29 de diciembre de 2015, por la que se modifica la Orden de 14 de noviembre de 1995, regula el Programa de actuaciones para el Control de biotoxinas marinas en moluscos bivalvos y otros organismos procedentes de la pesca, el marisqueo y la acuicultura. Las biotoxinas marinas constituyen un ejemplo de contaminantes naturales que requieren un enfoque integral de seguridad alimentaria basado en el análisis de riesgos. La detección temprana y la cooperación entre el sector pesquero, autoridades sanitarias y laboratorios de control son esenciales para proteger la salud del consumidor y garantizar la sostenibilidad económica del sector.

Pero, ¿Cómo se puede prevenir y controlar el riesgo por biotoxinas marinas? Veamos cómo llevarlo a cabo a lo largo de la cadena alimentaria y en el hogar.

- En la cadena alimentaria:

Dado que aún no se comprenden por completo los factores que desencadenan las proliferaciones masivas de microalgas tóxicas, y, por tanto, de aparición de biotoxinas, resulta esencial implementar sistemas de vigilancia constantes en las zonas costeras y áreas de cultivo de mariscos. Estos sistemas permiten detectar de forma temprana la presencia de biotoxinas en el medio, lo que posibilita la adopción de medidas inmediatas por parte de las autoridades sanitarias. En caso de detectarse niveles peligrosos, se procede al cierre temporal de las zonas de producción y se prohíbe tanto la recolección como la comercialización de los productos afectados. Por este motivo, la extracción de marisco únicamente debe realizarse en áreas oficialmente autorizadas, siendo esta la principal estrategia preventiva frente a posibles intoxicaciones.

- En el ámbito doméstico:

Para evitar riesgos en el consumo, es fundamental adquirir mariscos exclusivamente en puntos de venta autorizados, ya que solo estos garantizan que los productos provienen de zonas controladas y han pasado los controles sanitarios exigidos por la normativa. Es



importante destacar que las biotoxinas marinas son termoestables y no se destruyen con el cocinado. De hecho, durante la cocción, algunas toxinas lipofílicas pueden concentrarse aún más en los tejidos del animal, aumentando el riesgo si el producto no procede de una fuente segura.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje, el estudiante ha podido comprender la importancia de las biotoxinas marinas como un riesgo natural relevante en la cadena alimentaria. Se han identificado los principales tipos de toxinas, los efectos que causan, así como los procedimientos analíticos y legislativos para su detección y control. Hay que tener en cuenta que la importancia de la gestión de estas toxinas, ya que no solo se protege la salud pública, sino que también tiene implicaciones económicas y ambientales.

6 Bibliografía

EFSA (2023). Risk Assessment Strategies for Contaminants in Seafood. European Food Safety Authority.

FAO (2004). Marine Biotoxins. Food and Agriculture Organization.

Orden de 29 de diciembre de 2015, por la que se modifica la Orden de 14 de noviembre de 1995.

Reglamento (UE) 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Reglamento (UE) 15/2011 de la Comisión de 10 de enero de 2011.

Reglamento (UE) 786/2013 de la Comisión de 16 de agosto de 2013.

Reglamento (UE) 2021/1709 de la Comisión de 23 de septiembre de 2021.