MINISTERIO DE ECONOMIA,
FOMENTO Y TURISMO
SUBSECRETARIA DE PESCA Y ACUICULTURA
ACUI/EXP.N°11.693-24 RENUEVA PLAGA A. CATENELLA 2024

RENUEVA ÁREA DE FLORECIMIENTO ALGAL NOCIVO (FAN) DE ***ALEXANDRIUM CATENELLA*** EN SECTORES QUE INDICA.

VALPARAISO, **miércoles, 13 de noviembre de 2024**

R.EX. Nº **02557/2024**

VISTO: Lo informado por la División de Acuicultura de esta Subsecretaría, mediante Informe Técnico (D.Ac.) N° 629, de fecha 05 de noviembre de 2024, contenido en el Memorándum (D.Ac.) N° 00850/2024, de fecha 11 de noviembre de 2024; lo dispuesto en el D.F.L. Nº 5 de 1983 y en la Ley General de Pesca y Acuicultura Nº 18.892 y sus modificaciones, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por el D.S. Nº 430 de 1991, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; el D.S. N° 345 de 2005, y sus modificaciones, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo; la consulta formulada al Comité Consultivo por vía electrónica de fecha 04 de octubre de 2024; las Resoluciones Nº 177 de 2009, N° 205 de 2011, N° 2826 de 2012, N° 3575 de 2014, N° 4084 de 2016, N° 1770 de 2017, N° 1128 de 2018, N° 822 de 2020, N° 902, N° 1437 y N° 2001, todas de 2022, N° 2132 de 2024, todas de esta Subsecretaría.

C O N S I D E R A N D O:

1° Que el D.S. Nº 345 de 2005, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, estableció el Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas, el cual tiene por objeto establecer las medidas de protección y control para evitar la introducción de especies que constituyan plagas hidrobiológicas, aislar su presencia, evitar su propagación y propender a su erradicación.

2° Que de conformidad con el artículo 4° del D.S. N° 345 de 2005, antes individualizado, esta Subsecretaría declarará determinados sectores o zonas geográficas en alguna categoría de área no libre, previo informe técnico y consulta al Comité Consultivo.

3° Que de conformidad con los resultados de los monitoreos de que da cuenta el Informe Técnico (D.Ac.) N° 629 de 2024, citado en visto, se sugiere la renovación del área de Florecimiento Algal Nocivo (FAN) de ***Alexandrium catenella***, en los sectores que en él se indican.

4° Que mediante correo electrónico de fecha 04 de octubre de 2024, esta Subsecretaría consultó a los miembros del Comité Consultivo sobre la declaración comprendida en el Informe Técnico citado en Visto.

R E S U E L V O:

1.- Renuévase la declaración de área de Florecimiento Algal Nocivo (FAN) de ***Alexandrium catenella***, por el plazo de dos años contados desde el 30 de noviembre de 2024, en los siguientes sectores y en la categoría que en cada caso se indica, de conformidad con el Informe Técnico citado en Visto, que forma parte constituyente de la presente resolución, y con el artículo 4° del D.S. N° 345 de 2005, y sus modificaciones, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo:

Nombre sector	Lugar geográfico de referencia	Latitud	Categoría
Sur Línea FAN (ChSLF-GN)	Boca del Guafo e Islas Guaitecas Norte	43°22′ a 44°S	Área FAN, en categoría Plaga
Raúl Marín Balmaceda (RMB)	Estero Pitipalena	43° 44' 29"S; 73° 03' 00" W 43° 51' 21"S; 73° 03' 00" W	Área FAN, en riesgo de plaga
Aysén norte (AyN)	Arch. los Chonos, canales Puyuhuapi y Jacaf	44°S a 44°30′ S	Área FAN, en categoría Plaga
Aysén centro (AyC)	Islas Huichas	44°30' S a 45°30' S	Área FAN, en categoría Plaga
Aysén sur (AyS)	C. Errazuriz y C. Costa	45°30′ S a 46°33′S	Área FAN, en categoría Plaga
Golfo de Penas	Península Taitao-Golfo de Penas	46°33′S a 47°40′S	Área FAN, en riesgo de plaga
Aysén Tortel (AyT)	Boca Canal Messier	47°40′ S a 48°30' S	Área FAN, en riesgo de plaga
Magallanes norte (MgN)	C. Messier - C. Wide	48°30´S a 50°30´S	Área FAN, en categoría Plaga
Magallanes centro (MgC)	C. Sarmientos S. Smyth	50°30´S a 52°30´S	Área FAN, en categoría Plaga
Magallanes Estrecho (MgE)	Estrecho de Magallanes	52°30´S a 54°30´S	Área FAN, en categoría Plaga
Magallanes Canal Beagle (MgB)	Canal Beagle	54°30´S a 55°15´S	Área FAN, en categoría Plaga

2.- El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá, si fuera necesario, dentro del plazo de 15 días contados desde la publicación de la presente resolución, adecuar los programas de vigilancia, detección, control y/o erradicación de plagas, de conformidad con lo establecido en el D.S. N° 345 de 2005, y sus modificaciones, del actual Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, en lo que corresponda.

3.- Para los efectos contemplados en el artículo 8° del Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas, se establecen los siguientes parámetros para determinar si el área individualizada en el numeral 1.- de la presente resolución, se considerará de plaga o de riesgo de plaga:

Categorización	% de ocurrencia de VPM en un periodo de 18 años	
	≥ 80 µg/100 gr carne	< 80 µg/100 gr carne
Área FAN	≥ 5%	≥ 10%
En riesgo de plaga	≥ 5%	≥ 10%
En área de plaga	≥ 10%	≥ 20%
En riesgo de plaga	Sector inmerso dentro de un área FAN o entre dos áreas FAN	

4.- La presente Resolución podrá ser impugnada por la interposición del recurso de reposición contemplado en el artículo 59 de la Ley Nº 19.880, ante esta misma Subsecretaría y dentro del plazo de 5 días hábiles contados desde la respectiva notificación, sin perjuicio de la aclaración del acto dispuesta en el artículo 62 del citado cuerpo legal y de las demás acciones y recursos que procedan de conformidad con la normativa vigente.

5.- Transcríbase copia de la presente Resolución y del Informe Técnico N° 629 de 2024, al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Asimismo, publíquese íntegramente la presente resolución y el Informe Técnico N° 629 de 2024, en los sitios web de esta Subsecretaría, y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE POR CUENTA DE ESTA SUBSECRETARÍA EN EXTRACTO EN EL DIARIO OFICIAL Y A TEXTO INTEGRO EN LOS SITIOS DE DOMINIO ELECTRÓNICO DE ESTA SUBSECRETARÍA Y DEL SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA.

ESTE DOCUMENTO CUENTA CON FIRMA ELECTRÓNICA AVANZADA
Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

JULIO ANDRES SALAS GUTIERREZ
Subsecretario
Subsecretaria de Pesca y Acuicultura

RPC/CSB

Documento firmado con Firma Electrónica Avanzada
Documento original disponible en: https://subpesca.ceropapel.cl/validar/?key=20983280&hash=e6b07

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO D. AC. N°629

05 DE NOVIEMBRE 2024

Renovación de la declaración de área de florecimiento algal nocivo (FAN) de la especie *Alexandrium catenella* en atención al D.S. (MINECON) N° 345 de 2005.

1. INTRODUCCIÓN

El Decreto Supremo (MINECON) N° 345 de 2005, "Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas (REPLA) y sus modificaciones, define como plaga hidrobiológica a la población de una especie hidrobiológica que por su abundancia o densidad puede causar efectos negativos en la salud humana, en las especies hidrobiológicas o en el medio, originando detrimento de las actividades pesqueras extractivas o de acuicultura y pérdidas económicas.

El año 2009, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura declaró como especie plaga al dinoflagelado *Alexandrium catenella*, en la zona sur austral del país, mediante la Resolución Exenta N° 177 de 2009, la cual se ha ido actualizando sucesivamente por las resoluciones exentas N° 205 de 2011, N° 2826 de 2012, N° 3575 de 2014, N° 4084 de 2016, N° 1128 de 2018, N°822 de 2020 y la resolución N°2001 de 2022, que se encuentra actualmente vigente.

Esta microalga produce la toxina paralizante de mariscos (TPM), conocida también como veneno paralizante de los mariscos (VPM). La toxina paralizante puede provocar la intoxicación e incluso muerte de personas y de animales, a través del consumo de mariscos que se han contaminado al alimentarse de la microalga. Adicionalmente, en altas concentraciones *Alexandrium catenella* puede provocar mortalidad masiva de salmones en cultivo, producto de la liberación al agua de metabolitos, tales como especies reactivas de oxígeno (ROS) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), que afectan las branquias de los peces (Mardones et al 2015).

En Chile, los eventos FAN provocados por *Alexandrium catenella*, se concentran mayoritariamente en la zona austral del país, donde desde 1972 a la fecha ha provocado el fallecimiento de 37 personas y 566 intoxicados (Minsal,2024). A lo anterior, se suma la importante afectación socio-económica a la pesca artesanal y a los cultivadores de mitílidos, debido a las prohibiciones de extracción, comercialización y consumo que establecen las Seremis de Salud, para proteger la salud de la población, cuando se detecta toxina en los mariscos, y las millonarias pérdidas a la industria del salmón por mortalidad masiva de peces. Además, se produce mortalidad de aves y mamíferos marinos, por consumo de mariscos contaminados (Alvarez et al 2019; Buchmann et al 2016) pero esto último ha sido escasamente reportado y cuantificado.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 4° del REPLA, la declaración del área de plaga tiene una validez máxima de 2 años, al cabo de los cuales se debe revisar la situación de las áreas afectadas, las que pueden ser categorizadas como áreas de plaga o riesgo de plaga según el grado de afectación. Sin embargo, en consideración a que los grandes eventos de toxicidad se producen a intervalos variables en cada sector, en ocasiones con eventos sucesivos y en otras con varios años, inclusive décadas de diferencia, y que se cuenta con un Programa de manejo y monitoreo de las mareas rojas en el sistema de fiordos y canales del sur de Chile, iniciado el 2006, que ya completó 17 años de información continua, se analiza la serie completa de datos de VPM y se compara con los últimos 10 años.

La declaración del área FAN, y su categorización en área de plaga y riesgo de plaga, se realiza en base a la concentración de VPM en los recursos hidrobiológicos centinelas, en atención a que es la toxina la que genera los efectos negativos más importantes, y es un indicador de que la especie plaga está o estuvo presente en concentraciones importantes. No obstante, igualmente se analizan las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* para intentar comprender el desarrollo de los eventos tóxicos.

La información contenida en el presente informe fue enviada, por correo electrónico, a consulta al Comité consultivo del Reglamento de Plagas Hidrobiológicas, de acuerdo con lo establecido en su Título VI, mediante el Informe Técnico D. Ac. N°570, del 04 de octubre de 2024. Al respecto, se recibió la conformidad a lo expuesto en el documento, por parte del Dr. Máximo Frangopulos de la Universidad de Magallanes, del Ministerio de Salud (MINSAL), de la Dirección de Intereses Marítimos (DIRINMAR) y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), los demás miembros del Comité no enviaron observaciones.

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Los datos analizados en la presente propuesta provienen del “Programa de manejo y monitoreo de las Mareas Rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile”, que es parte de los proyectos de investigación permanente de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, de acuerdo a lo establecido en el Título VII, artículo N°92, de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LPGA), que en su literal d) establece que el programa de investigación deberá considerar, entre otras materias, el monitoreo o seguimiento de las especies hidrobiológicas que constituyan plaga. El proyecto, propiamente tal, es ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), conforme a lo dispuesto en el mismo artículo 92 de la citada ley.

De acuerdo con lo señalado en el párrafo precedente, IFOP es quien ejecuta el "Programa de manejo y monitoreo de las Mareas Rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile", desde el año 2006, en etapas anuales que se inician en marzo de cada año, hasta febrero del año siguiente. El programa está estructurado en base a una red de estaciones de monitoreo desde la Región de Los Lagos (Estuario de Reloncaví) hasta la Región de Magallanes (Tierra del Fuego), existiendo una zona geográfica, en el sector del Golfo de Penas, en donde no existen estaciones, por una parte, por el difícil acceso logístico, y por otra, por la escasa actividad extractiva y/o de acuicultura.

El monitoreo cuenta con 228 estaciones de monitoreo y se estructura en 3 subprogramas: Regular; Vigilancia y Raúl Marín Balmaceda, que se diferencian por la frecuencia de muestreo y el número de cruceros que se realiza por año. Hasta la etapa XVI (2022-2023), el Subprograma Regular constaba de 205 estaciones y 10 cruceros anuales, con un muestreo mensual de septiembre a junio. Por su parte los Subprogramas de Vigilancia (17 estaciones) y de Raúl Marín Balmaceda (6 estaciones), se realizaban cada 10 días aproximadamente entre septiembre y mayo, con un distanciamiento mayor de junio a agosto, en total se efectuaban 28 cruceros anuales (figura 1 y 2).

Sin embargo, a partir de la etapa XVII (2023-2024), se decidió ampliar la vigilancia hacia la parte norte de la región de Los Lagos, específicamente al seno y estero Reloncaví, debido a la ocurrencia de floraciones algales nocivas de especies del género *Pseudonitzschia,* productoras de toxina amnésica (VAM), las cuales aparentemente han aumentado en intensidad y extensión, además de la detección de otras toxinas de interés, como las yesotoxinas, en el estero Reloncaví, situaciones que eventualmente podrían estar asociadas a efectos del Cambio Climático. Por lo anterior, siete estaciones del programa regular pasaron a formar parte del programa de vigilancia, es decir aumentaron su frecuencia de muestreo a dos veces por mes. En consecuencia, el programa de monitoreo continúa teniendo 228 estaciones, pero ahora el subprograma de vigilancia cuenta de 24 estaciones que se visitan cada 15 días y el subprograma regular, quedó con 198 estaciones con frecuencia mensual entre septiembre y junio (figura 3). Este cambio, permite una mejor cobertura temporal del sector norte de la región de Los Lagos y se espera mejorar la detección de floraciones en este sector.

En el marco de este monitoreo, IFOP toma muestras de fitoplancton, de mariscos para análisis de toxinas, parámetros oceanográficos y meteorológicos, nutrientes y quistes. Los análisis de fitoplancton, quistes y parámetros ambientales son analizados por IFOP y la cuantificación de las toxinas marinas es efectuada por los laboratorios del Ministerio de Salud, en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, mediante la metodología oficial establecida en el Reglamento Sanitario de los Alimentos, D.S. (MINSAL) N° 977 de 1996.

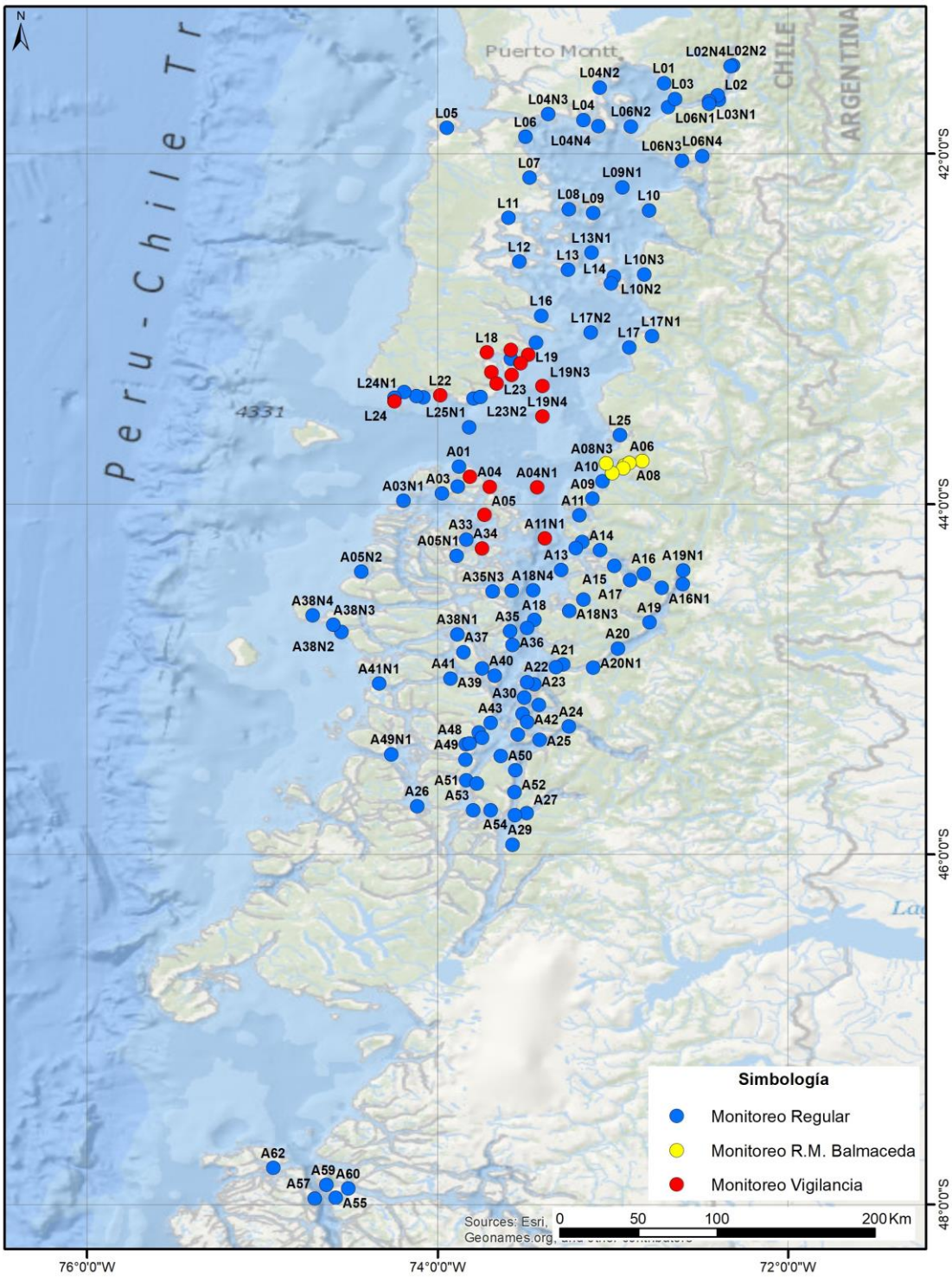


Figura 1: Estaciones de monitoreo del Programa de manejo y monitoreo de las Mareas Rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile, Subprogramas regular, de fiscalización y vigilancia, y Raúl Marín Balmaceda en las regiones administrativas de los Lagos y Aysén hasta la etapa XVI (2022-2023) Fuente: Guzman et al 2023.

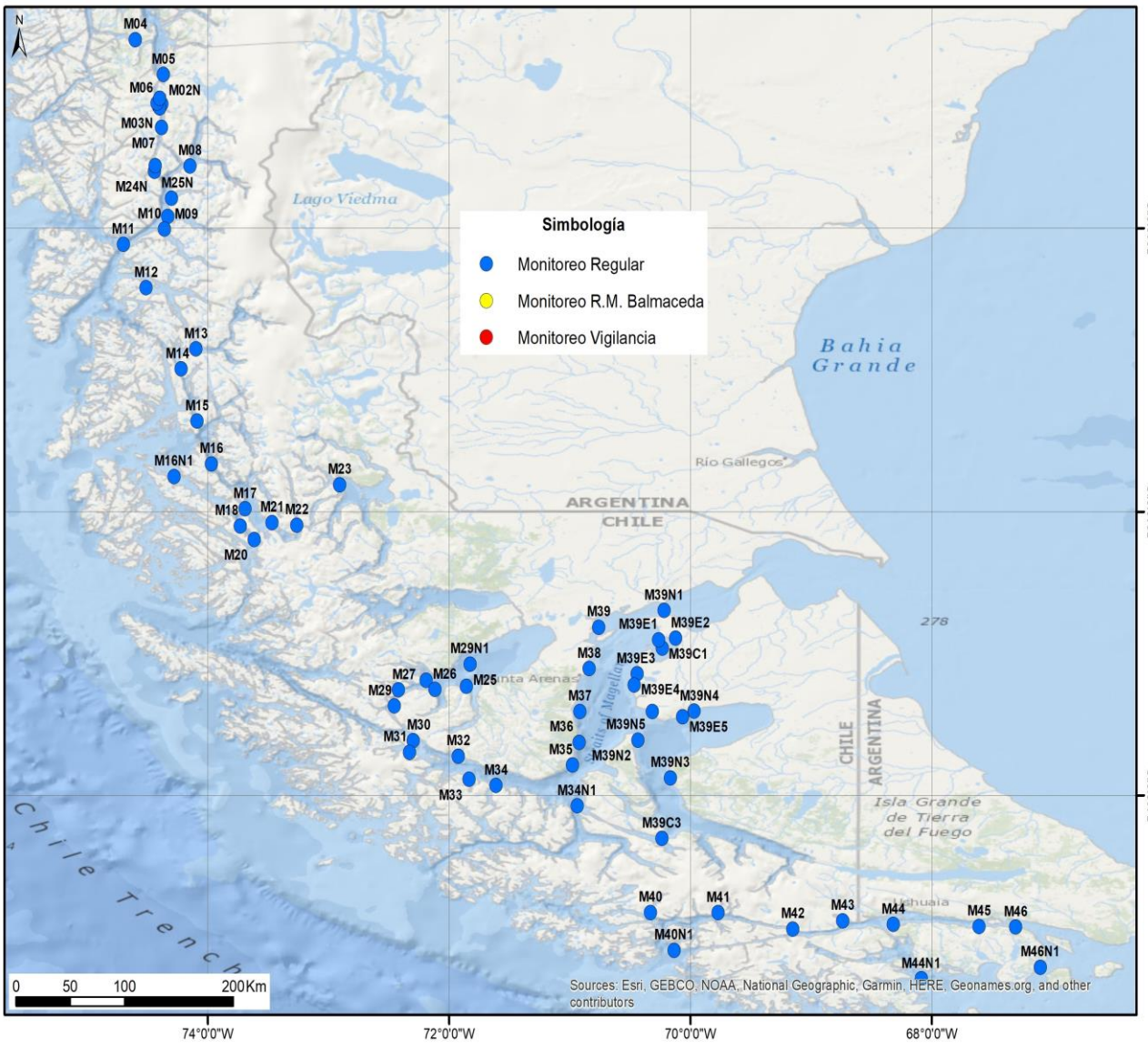


Figura 2: Estaciones de monitoreo del Programa de manejo y monitoreo de las Mareas Rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile, subprograma regular, en la Región de Magallanes. Fuente: Guzman et al 2023.

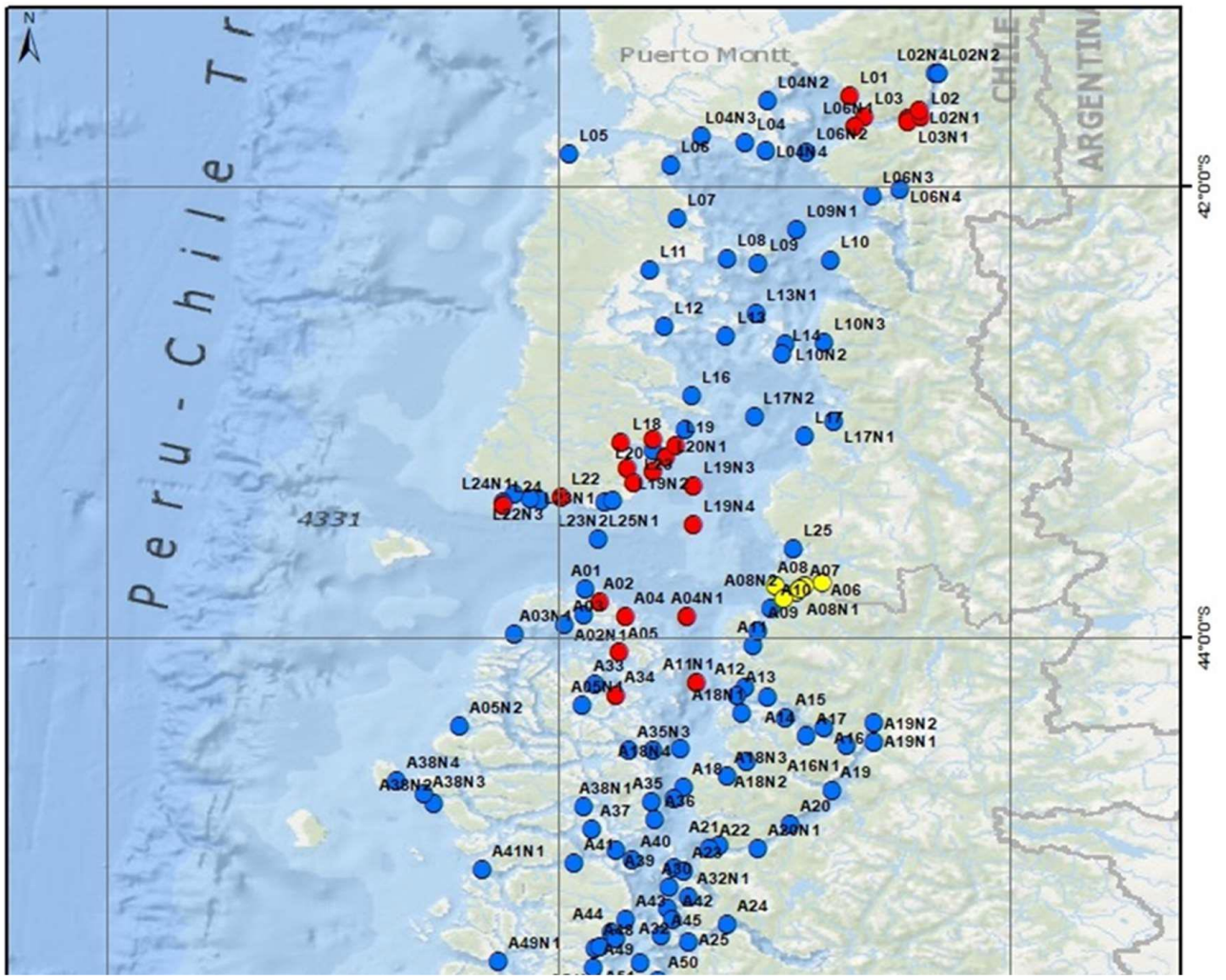


Figura 3: En rojo estaciones del Subprogramas de vigilancia del monitoreo del Programa de manejo y monitoreo de las Mareas Rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile, en las regiones administrativas de los Lagos y Aysén a partir de la etapa XVII (2023-2024), en la cual se aumenta la frecuencia de muestreo en el Seno y fiordo Reloncaví. Fuente: Guzman et al 2024.

3. CRITERIOS PARA DETERMINAR ÁREA DE FAN Y CATEGORIZACIÓN DE ÁREA DE PLAGA Y DE RIESGO DE PLAGA.

3.1 Criterios utilizados entre los años 2008 - 2016 para determinar área FAN y la categorización de área de plaga y de riesgo de plaga.

El Informe Técnico D. Ac. N°2168 de 2008, fue la base para fundamentar la primera declaración de área de FAN de la especie *Alexandrium catenella* (Resolución Exenta N°177 de 2009), proponiendo criterios para determinar el área de FAN, así como los parámetros para categorizar las áreas de plaga y de riesgo de plaga dentro de un área de FAN.

En dicho documento, se propuso que aquellas zonas donde se hubiera presentado la especie plaga, a los menos durante dos años consecutivos, podrían constituir un área de FAN, considerando que la frecuencia temporal, en escala anual, daría indicios de la ocurrencia y persistencia de los eventos de FAN de *Alexandrium catenella*.

Igualmente, se planteó que abundancias relativas (AR) iguales o mayores a 3, en más del 50% de los cruceros de monitoreo que componían un programa o subprograma, era criterio para categorizar una zona como área plaga, mientras que valores entre 1 y hasta 2, en menos del 50% de las estaciones, era criterio para categorizar una zona en riesgo de plaga, es decir que se utilizó una combinación entre cobertura espacial y valores de abundancia relativa. En el caso de las zonas libres, se proponía como criterio dos años de monitoreo sin registrar la presencia de la especie plaga. Todo lo anterior considerando información obtenida desde muestreos realizados con una frecuencia menor a 30 días.

3.2 Criterios utilizados en 2018 y 2020 para determinar área de FAN y categorización de área de plaga y de riesgo de plaga.

En atención, a que los criterios propuestos inicialmente no consideraban los efectos adversos causados por la especie plaga, ni la duración en el tiempo de los eventos FAN, para la declaración de Área de FAN de 2018 (R. Ex. N°1128, de esta Subsecretaría) se modificaron y ampliaron los criterios, lo cual se fundamentó en el informe técnico D.AC. N° 288 de 2018.

En el informe técnico D.AC. N° 288 de 2018, se incluyeron nuevos antecedentes y análisis, como la frecuencia temporal de las abundancias relativas de *A. catenella* para cada estación y la cobertura espacial y frecuencia temporal de las concentraciones de VPM, que superaban la norma de 80 μg/100gr de carne, dado que la toxicidad da cuenta de la expresión de la especie plaga, y de los efectos negativos de la misma.

Por otra parte, se trabajó bajo el concepto de 4 Eco-Regiones, en lugar de las tres regiones administrativas, es decir, las estaciones de monitoreo fueron agrupadas, en base a condiciones hidrográficas, oceanográficas, geográficas y la distribución de *A. catenella.* Las cuatro Eco-Regiones definidas en ese momento, corresponden a la Eco-Región de los Lagos, la Eco-Región Raúl Marín Balmaceda, la Eco-Región de Aysén y la Eco-Región de Magallanes.

Adicionalmente, se aumentó la serie de tiempo analizada de 2 años a 5 años, para evaluar el comportamiento de *Alexandrium catenella* a más largo plazo y en base al comportamiento de la especie plaga y de los procesos oceanográficos asociados a la geografía de los diferentes sectores monitoreados.

3.3 Criterios utilizados en 2022 para la declaración de área de FAN y su categorización de área de plaga y de riesgo de plaga.

El comportamiento de *Alexandrium catenella*, sugería que los análisis debían realizarse en base a periodos de tiempo más prolongados, ya que, por ejemplo, luego de la intensa floración de *Alexandrium catenella* del verano 2018, que afectó la región de Aysén y la parte sur y todo el borde expuesto de la isla de Chiloé hasta Maullín en la región de Los Lagos, no ha habido una nueva floración que afecte esta región. Otro ejemplo, es la región de Magallanes, donde prácticamente no se habían registrado eventos importantes desde diciembre de 2012, hasta que 10 años después, en febrero de 2022, se produjo un fuerte aumento de la toxicidad, en casi todas las estaciones del canal Beagle, con máximos que superaron los 9000 µg/100 de SXT equivalente.

En consideración a lo anterior, para la declaración de Área de FAN de 2022, R. Ex. N°2001 de esta Subsecretaría, la cual se fundamentó en el informe técnico D.AC. N° 813 de 2022, se modificaron los criterios y se decidió analizar toda la serie de tiempo. Se establece como criterio el porcentaje de ocurrencia de valores de VPM sobre y bajo el límite regulatorio de 80 µg por cada 100 gr de carne, entendiendo la ocurrencia como el número de veces que se encontró el valor definido en un periodo y sector determinado. Las formulas para el cálculo del porcentaje de ocurrencia son las siguientes formulas:

% Ocurrencia VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne =	(N° de estaciones con VPM >= 80)*100 N° total de estaciones muestreadas

% Ocurrencia VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne =	(N° de estaciones con VPM < 80)*100 N° total de estaciones muestreadas

Se incorporó el porcentaje de ocurrencia de VPM menor al límite regulatorio de 80 µg, con el objetivo de conocer el grado de riesgo que existe en un sector, en el cual no se producen prohibiciones de extracción, por ende, hay una menor percepción del riesgo. Además, este criterio permite tener claridad de los periodos en que efectivamente hay y no hay presencia de toxina.

En cuanto a las abundancias relativas (AR) se calculó el porcentaje de ocurrencia de los valores iguales o mayores a 5, en el entendiendo que estos valores son poco frecuentes y que son un indicio que hay una floración importante en desarrollo. La fórmula de cálculo del porcentaje de ocurrencia por sector fue la siguiente:

% Ocurrencia AR ≥ 5 =	(N° de estaciones con VPM >= 5)*100
	N° total de estaciones muestreadas

Se propuso analizar cada dos años, los últimos 10 años de datos de VPM y de abundancias relativas de *Alexandrium catenella* del Programa de manejo y monitoreo de las Mareas Rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile, ejecutado por IFOP, examinando franjas latitudinales, para evitar enmascarar fenómenos más locales dentro de cada eco-región.

Del mismo modo, se recomendó trabajar separadamente los fiordos, que tengan características particulares, con alta influencia de agua dulce y al menos 4 de estaciones de monitoreo, como el estero Pitipalena, este último ya se encontraba definido como una eco-región diferente.

En el informe D.AC. N° 813 de 2022 se utilizaron los sectores de análisis indicados en la Tabla 2, algunos de los cuales coinciden con los sectores de muestreo del programa de monitoreo.

Tabla N°2. Franjas latitudinales de análisis de VPM y las estaciones de monitoreo asociadas

Sector	Estaciones
Chiloé Norte (ChN)	L01 a L06N1
Chiloé Centro (ChC)	L07 a L14
Chiloé Sur (ChS)	L16 a L20N1 y L23
Estero Pitipalena, Raúl Marín Balmaceda (RMB)	A06 a A08N3
Chiloé Sur, al sur de la Línea FAN (ChSLF)	L22 a L25, salvo L23;
Guaitecas Norte (GN)	A01 a A05
Aysén norte (AyN)	A05N1; A09 a A022; A33 a A41N1
Aysén sur (AyS)	A23 a A32N1; A42 a A54
Golfo de Penas	Sin estaciones de monitoreo
Canal Baker (Tortel)	A55 a A62
Magallanes norte (MgN)	M01 a M24N3, salvo M24
Magallanes centro (MgC)	M24 a M39N5
Magallanes sur (MgS)	M40 a M46N1

3.4 Criterios 2024 para la declaración de área de FAN y su categorización de área de plaga y de riesgo de plaga.

En atención, a que la metodología y los criterios establecidos en 2022, permiten capturar adecuadamente la dinámica de las floraciones de *Alexandrium catenella,* en esta ocasión solo se realizaran ajustes menores que permitan visualizar mejor el comportamiento de cada sector, por lo que se trabajará con franjas latitudinales más angostas en las regiones de Aysén y de Magallanes (tabla N° 3). Igualmente, se continuará con el análisis de toda la serie de datos y se utilizará como criterio el porcentaje de ocurrencia de toda la serie histórica, no sólo los últimos 10 años como en la declaración anterior, porque existen sectores donde los intervalos entre floraciones de gran magnitud han sido más de 10 años, por lo que utilizar los últimos 10 años, si bien entrega información de una tendencia más actualizada, va a disminuir o aumentar la percepción de riesgo, dependiendo de si se produjo o no, una gran floración durante esa ventana de tiempo.

El limité norte del área de florecimiento algal nocivo para *Alexandrium catenella* fue establecido la Resolución Exenta N° 177 de 2009 en el paralelo 43°22'S, límite que se mantiene hasta la fecha y que es denominado Línea Fan. En atención a, que en este sector se produce un cambio en la presencia de *Alexandrium catenella*, las estaciones al sur de esta línea se analizan separadamente del resto de la región de Los Lagos y en conjunto con las estaciones del norte de la región de Aysén y que corresponde a la franja entre las latitudes 43°22'S a 44°S, identificada como Chiloé al Sur Línea FAN e Islas Guaitecas Norte (ChSLF-GN).

Tabla N°3. Franjas latitudinales de análisis de VPM y AR, junto con las estaciones de monitoreo del Programa de manejo y monitoreo de las Mareas Rojas, asociadas a cada sector

Sector	Estaciones
Chiloé Norte (ChN): Estero y S. Reloncavi, C. Chacao 41°30' a 42°S	L01 a L06N1
Chiloé Centro (ChC): Islas Chauques y Desertores, 42°S a 42°48'S	L07 a L14
Chiloé Sur (ChS): isla Tranqui, Quellón 42°48'S a 43°22'	L16 a L20N1 y L23
Chiloé sur Línea FAN e Islas Guaitecas Norte (ChSLF-GN): 43°22' a 44°S	L22 a L25, salvo L23; A01 a A05; A09 a A11
Raúl Marín Balmaceda (RMB): Estero Pitipalena,	A06 a A08N3
Aysén norte (AyN): A. los Chonos, Puyuhuapi, Jacaf, 44°S a 44°30'	A05N1; A12 a A022; A33 a A41
Aysén Centro (AyC): islas Huichas,44°30S a 45°30S'	A23 a 25; A30 a A32N1; A42 a A49
Aysén sur (AyS): C. Errazuriz, C. Costa, 45°30' a 46°33´S	A26 a A29; A50 a A54
Aysén: Península Taitao - Golfo de Penas 46°33'a 47°40'S	Sin estaciones de monitoreo
Aysén Tortel (AyT): Boca Canal Messier, 47°40'S a 48°30	A55 a A62
Magallanes norte (MgN): C. Messier – C. Wide 48°30´S a 50°30´S	M01N a M12; M24N a M24N3 y M25N
Magallanes centro (MgC): C. Sarmiento – S. Smyth, 50°30´S a 52°30´S	M13 a M23
Magallanes sur (MgS): Estrecho de Magallanes, 52°30´S a 54°30´S	M24 a M39N3
Magallanes Canal Beagle (MgB): 54°30´S a 55°15´S	M40 a M46N1

3.5 Categorizaciones de áreas de Plaga

La definición del área FAN y su categorización en áreas de plaga y de riesgo de plaga se realizará basándose en el porcentaje de ocurrencia de VPM sobre y bajo el límite regulatorio de 80 µg por cada 100 gr de carne en cada sector. Estos criterios son independientes, por lo que la declaración puede realizarse, si al menos uno de ellos se cumple, ya que la presencia bajo el límite regulatorio es un indicador de la persistencia del fenómeno en el periodo y sector analizado.

Al igual que en la declaración anterior, los sectores que no queden categorizados, de acuerdo al porcentaje de ocurrencia, pero que se encuentren completamente rodeados o inmersos en un área FAN, serán categorizados como áreas de riesgo de plaga, debido a que durante los eventos FAN de gran cobertura e intensidad, sectores como como el estero Pitipalena o la parte norte del Canal Messier se ven igualmente afectados, y probablemente sea el caso del golfo de Penas, donde no se cuenta con información. En tabla 4 se muestra la matriz de decisión que resume todos los criterios.

Un área declarada como área FAN podrá subir o bajar de categoría, de acuerdo a los resultados y criterios establecidos en la tabla 4, pero sólo podrá dejar de ser un área FAN si en 20 años consecutivos, no se produce ningún evento de toxicidad por VPM.

Tabla N°4. Criterios para la definición de área de FAN y su categorización en área de plaga y riesgo de plaga de *Alexandrium catenella* (Estos criterios son independientes y basta que uno de ellos se cumpla, para categorizar un área)

Categorización	% de ocurrencia de VPM en un periodo de 18 años	
	≥ 80 µg/100 gr carne	< 80 µg/100 gr carne
Área FAN	≥ 5%	≥ 10%
En riesgo de plaga	≥ 5%	≥ 10%
En área de plaga	≥ 10%	≥ 20%
En riesgo de plaga	Sector inmerso dentro un área FAN o entre dos áreas FAN	

4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE DATOS

En total, el programa de manejo y monitoreo de las mareas rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile, posee 228 estaciones, de las cuales 146 de ellas cuentan con series de tiempo completas, con datos de abundancia relativa y toxinas, desde el año 2007 a la fecha. Sin embargo, para los análisis de determinación del área de plaga se consideraron 179 estaciones: 39 en la región de Los Lagos, 75 en la región de Aysén y 65 en la región de Magallanes. Las 33 estaciones adicionales corresponden a estaciones donde i) se encuentra descontinuada la toma de muestras de mariscos, debido a que los bancos naturales se encuentran agotados, pero contienen información toxinas de las importantes floraciones ocurridas entre 2006 y 2009 o ii) son estaciones que se han incorporado posteriormente, entregando información de los eventos recientes. Por este motivo, en todos los análisis los datos fueron normalizados por el número total de estaciones realizadas por año, por lo que en los resultados no influye que estas estaciones no tengan la serie completa de información.

Un aspecto importante para tener en cuenta, son los distintos recursos presentes en las diferentes estaciones, por lo que hay una variabilidad asociada a los mariscos presentes en cada sector, que no fue considerada en este análisis. En general, los mariscos centinelas son choritos o cholgas o almejas dependiendo de la disponibilidad en cada sector, no obstantes, estas especies tienen dinámicas diferentes del incremento de la toxicidad, diferencias en la cantidad de toxina que pueden concentrar y eliminación diferencial de la toxina. Sin embargo, para los efectos de las declaraciones de área de plaga, sólo se considera la concentración de toxina independiente del recurso que se trate, en consideración a que la toxina es la expresión del efecto nocivo, independiente de los tiempos que cada organismo requiera para eliminarla y los máximos que estos alcancen.

En el caso de la abundancia relativas de los subprogramas de Vigilancia y de Raúl Marín Balmaceda, que se realizan desde 2013 y tienen mayor frecuencia, 2 o 3 datos por mes, se trabajó con la máxima mensual, de manera de no minimizar la posible presencia de *Alexandrium catenella*. En estos programas de alta frecuencia, las muestras de toxina se realizan sólo una vez por mes, en consecuencia, todas las estaciones tienen una frecuencia mensual independiente del subprograma.

El análisis de la información se realizó por temporada, es decir se consideraron los datos del 01 de septiembre de un año al 31 de agosto del año siguiente, de manera de visualizar la totalidad de la información del periodo de floración de las microalgas, que en términos generales se produce entre septiembre y abril, pudiendo adelantarse o retrasarse de un mes, según las condiciones ambientales. Sin embargo, la toxina puede permanecer por varios meses una vez terminada la floración, así el mes de mayor presencia de toxinas es febrero y el de menor agosto (Figura 4).

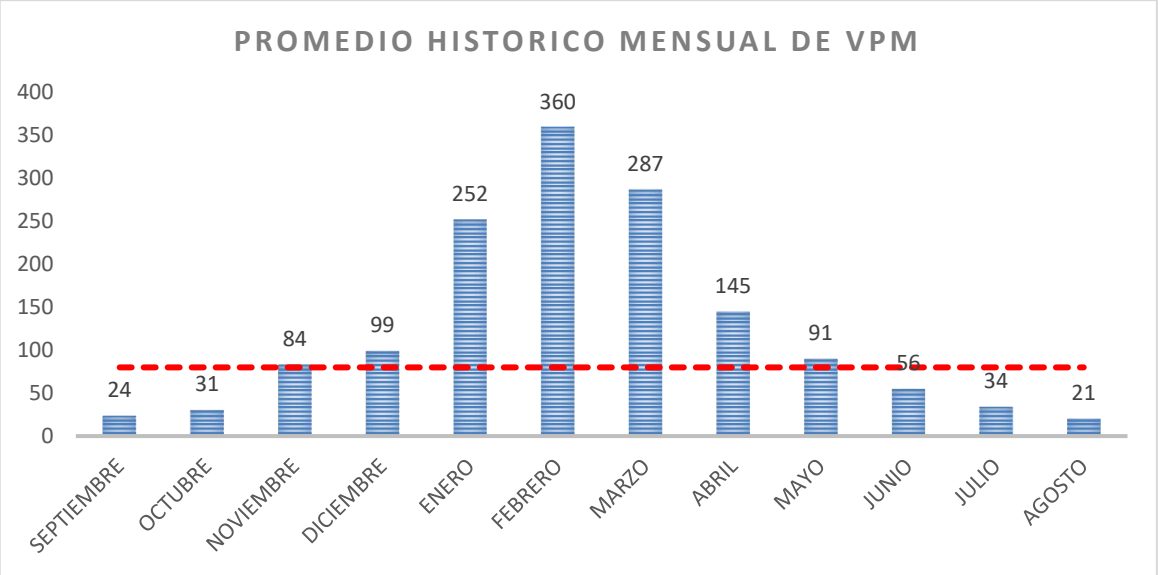


Figura 4: Promedio histórico mensual de toxina paralizante, desde 2006 a 2023, considerando todas las estaciones del programa de monitoreo de Marea Roja en fiordos y canales del sur de Chile. Línea roja limite regulatorio para VPM 80 µg/100 gr carne (Elaboración Propia).

Se realizaron dos cálculos diferentes: el porcentaje de ocurrencia anual para cada sector, el porcentaje de ocurrencia de la serie de tiempo completa. De esta forma, se obtiene un valor anual que permite observar la variación temporal para cada sector y el porcentaje de ocurrencia total, de toda la serie, valor con él cual se realiza la categorización, porque permite visualizar el grado de afectación global de cada sector.

5. RESULTADOS.

5.1 Resultados Eco-Región de Los Lagos al norte de la línea FAN:

Los resultados muestran que en la Eco-región de Lagos la presencia de VPM es una situación aislada y excepcional, en Chiloé Norte (ChN) y Chiloé Centro (ChC) sólo durante la floración de 2016 se detectó toxina paralizante sobre la norma (VPM $\geq$ 80 µg por cada 100 gr), el resto del tiempo estos 2 sectores no han presentado toxina. El área de Chiloé Sur (ChS), ha sido un poco más afectada, con presencia de VPM durante las floraciones de 2006, 2016 y 2018. Ahora bien, en 2006 y 2016 el porcentaje de ocurrencia fue muy bajo y no superó el 3%, en cambio en 2018 alcanzó el 18%, pero desde entonces no se ha vuelto a presentar una nueva floración en esta zona.

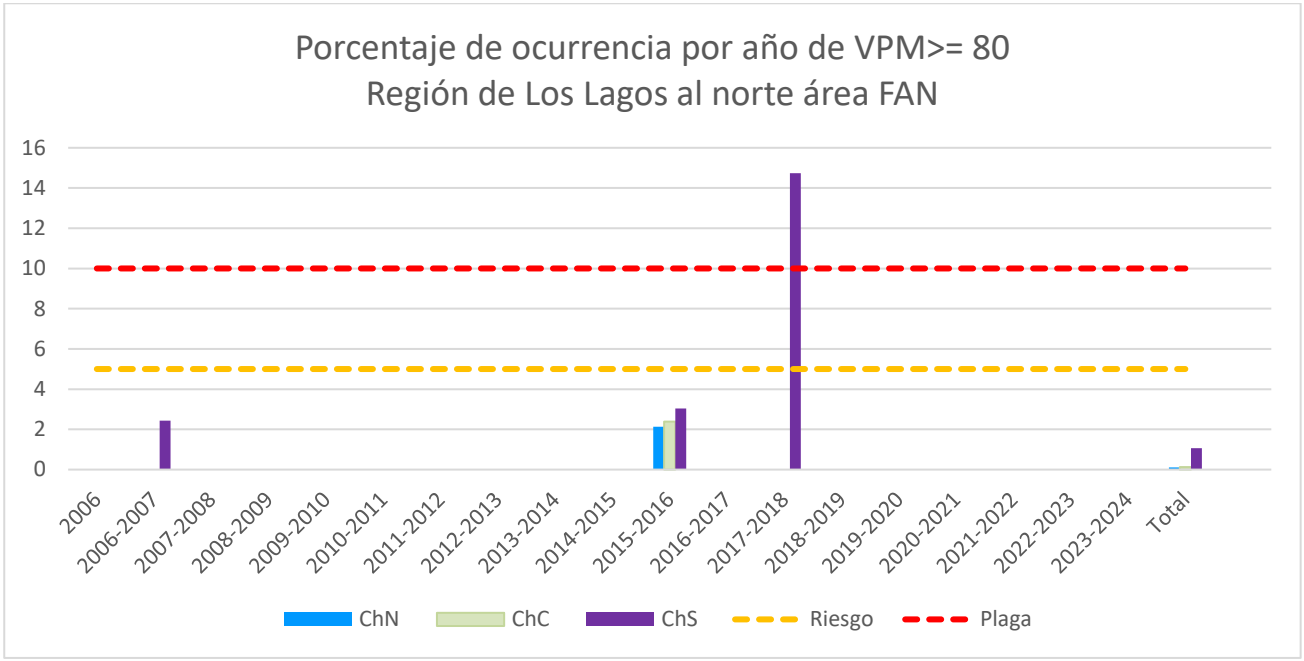


Figura 5: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM $\geq$ 80 µg por cada 100 gr de carne, en los distintos sectores de la región de Los Lagos

Al observar el porcentaje de ocurrencia de VPM bajo la norma, en estos mismos sectores, se puede apreciar, que sólo durante 2016 hubo presencia de toxina en la parte norte y centro. En cambio, Chiloé sur ha presentado en varias ocasiones presencia de toxina bajo el nivel regulatorio, aunque durante los últimos cuatro años no ha habido detección de toxina paralizante en ninguno de los tres sectores analizados (figura 6).

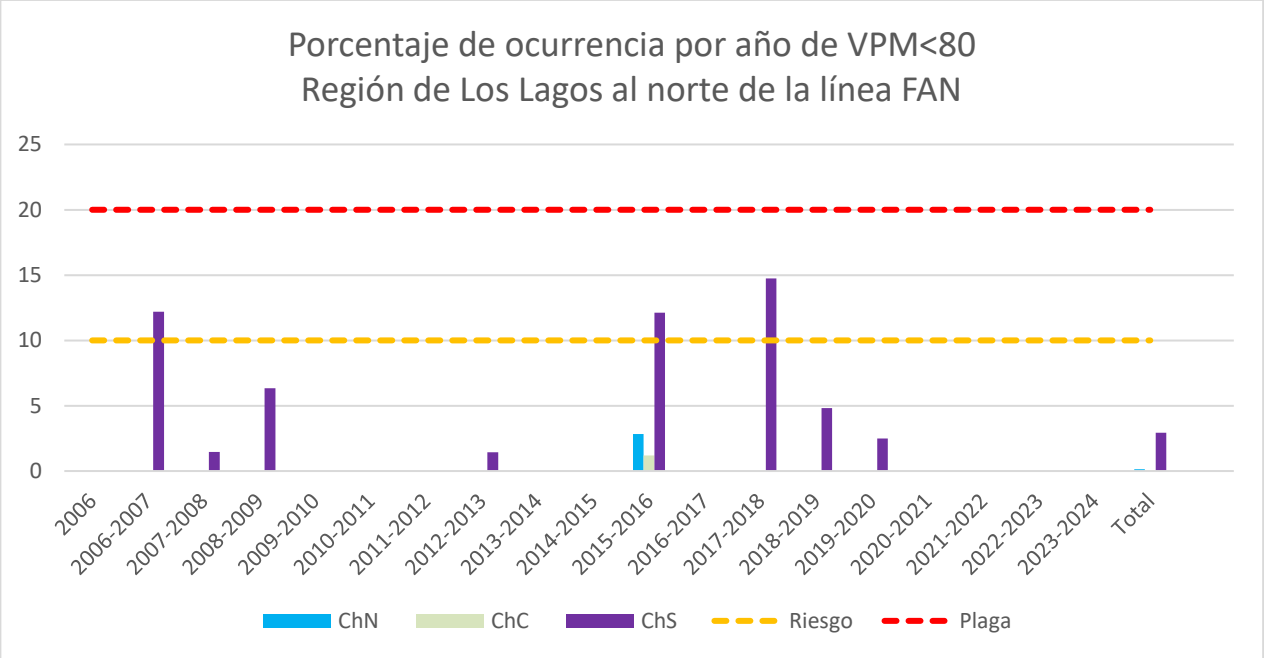
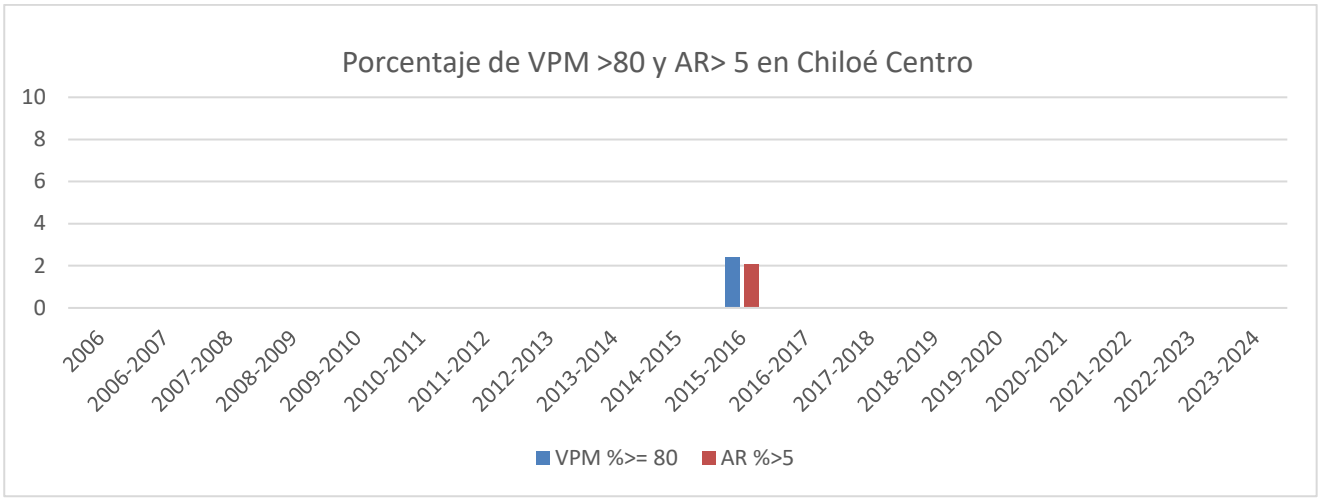


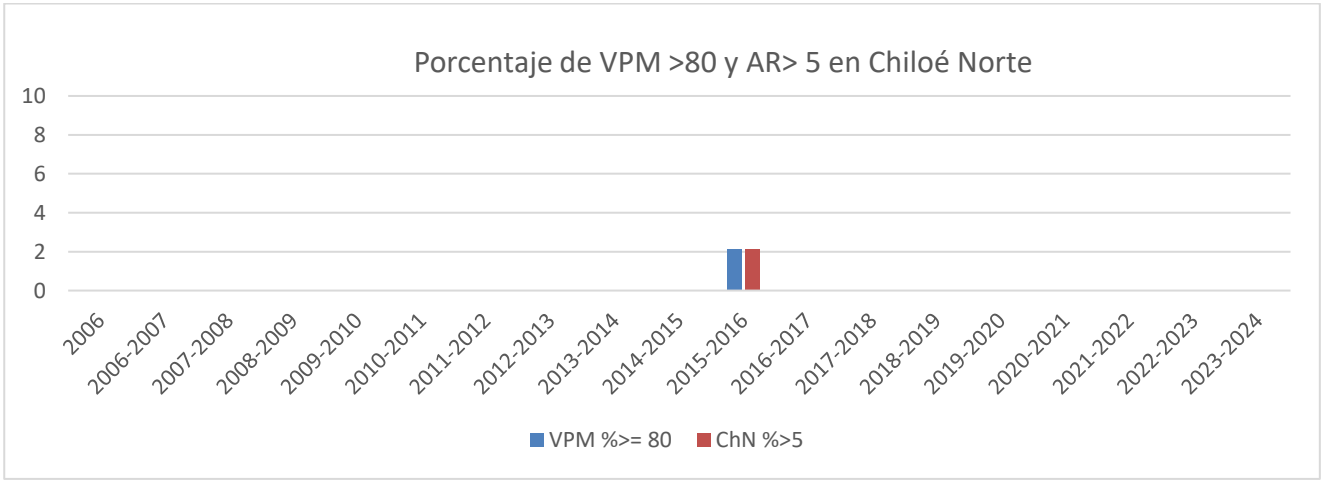
Figura 6: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne, en los distintos sectores de la región de Los Lagos

Al observar los porcentajes de ocurrencia de las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* mayores o iguales a 5 en conjunto con el porcentaje de toxina paralizante VPM sobre el límite regulatorio, se puede observar que en Chiloé Norte (figura 7a) y Centro (figura 7b), la toxicidad estuvo directamente asociada a la presencia de abundancias relativas de *Alexandrium catenella* ≥ 5. Sin embargo, en la medida que las floraciones en un sector son más frecuentes ambos elementos no están necesariamente asociados, pudiendo haber presencia de *Alexandrium catenella* mayor 5 en escala abundancia relativa y que no se registre toxicidad, como se puede observar en Chiloé Sur (figura 7c), donde por ejemplo en la temporada 2016-2017 hubo presencia de la microalga ≥ 5, pero no estuvo asociado a la presencia de toxina.

a)



b)



c)

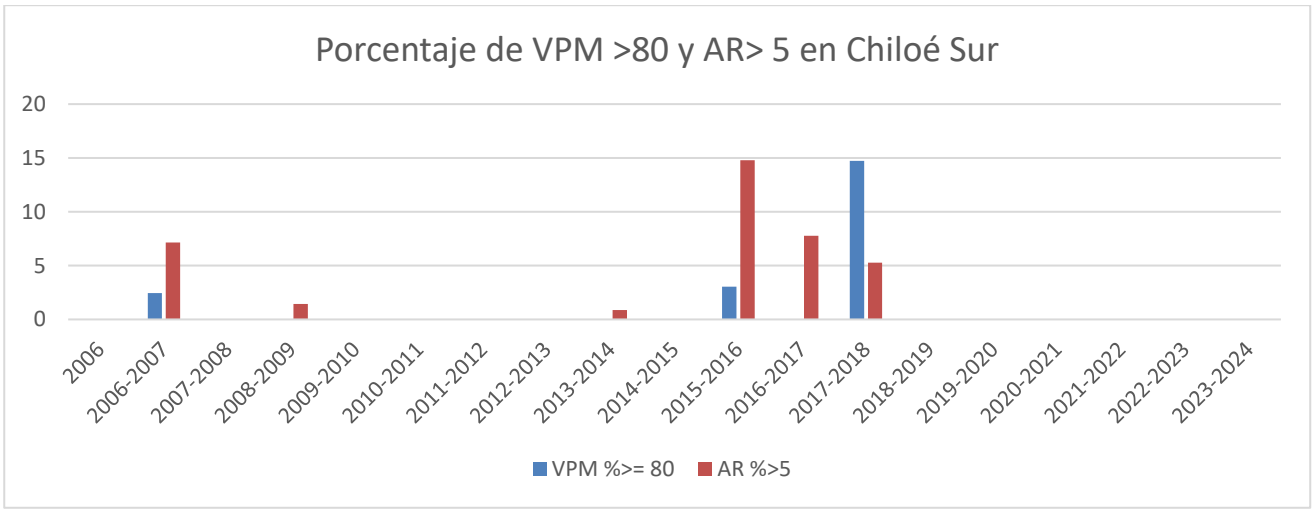


Figura 7: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de *Alexandrium catenella* ≥ 5 en Chiloé Norte (a) Chiloé centro (b) y Chiloé sur (c).

5.2 Resultados de la Eco-región de Raúl Marín Balmaceda, estero Pitipalena:

El estero Pitipalena ha presentado toxina paralizante en muy pocas ocasiones, la primera detección fue, durante el mes de marzo de 2016, donde 3 de las 5 estaciones presentaron toxina bajo el límite regulatorio. Luego, en abril 2017 se detectó una estación sobre la norma y en las otras estaciones igualmente se detectó toxina, pero bajo el límite regulatorio. Finalmente, en febrero de 2018, se detectó toxina en todas las estaciones, pero una sola sobre la norma, lo cual coincidió con al final de una importante floración que se desarrollaba en Aysén norte, posterior a lo cual no se ha vuelto a detectar toxina en este sector. Adicionalmente, los eventos que han ocurrido han sido de muy corta duración, lo cual se traduce en un bajo porcentaje de ocurrencia de VPM tanto sobre como bajo el límite regulatorio (Figuras 8 y 9).

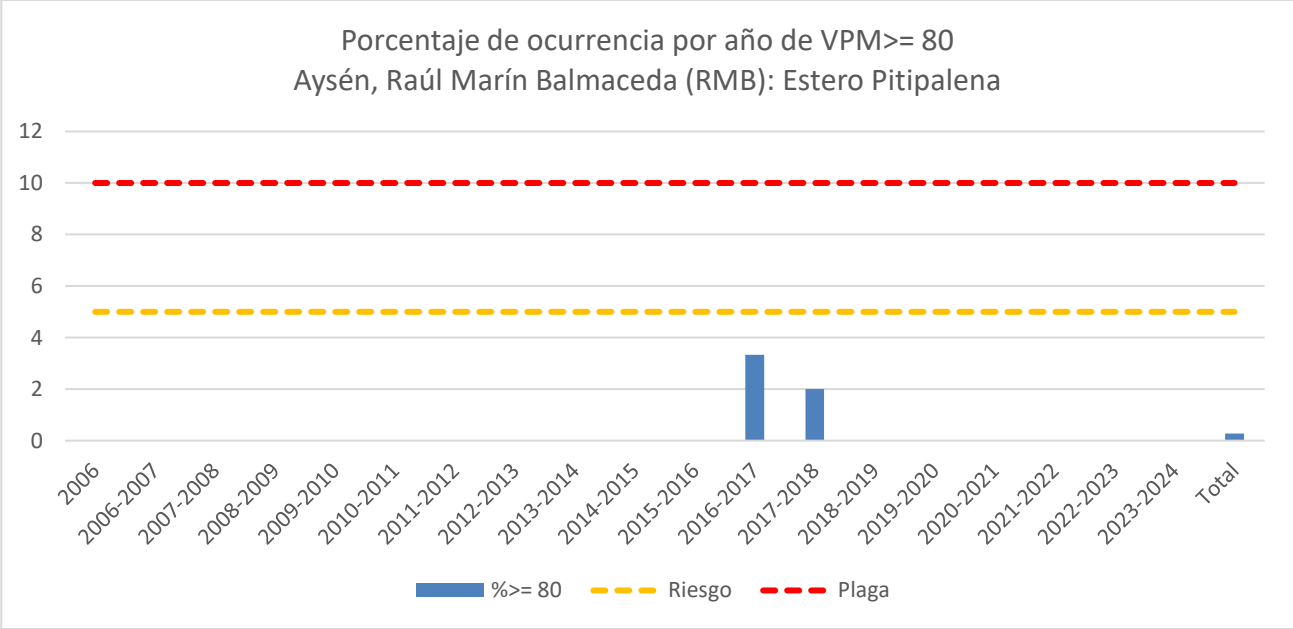


Figura 8: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne, en la Eco-región de Raúl Marín Balmaceda (RMB): Estero Pitipalena

Al comparar los porcentajes de ocurrencia de las abundancias relativas, con el de presencia de toxinas (figura 10), se observa una relación entre abundancia relativa de *Alexandrium catenella* mayor 5 y la presencia de VPM, aunque en la temporada 2015-2016, como se indicó en párrafo precedente fue la primera vez que se detectó VPM en 3 de las 5 estaciones, pero bajo el límite regulatorio.

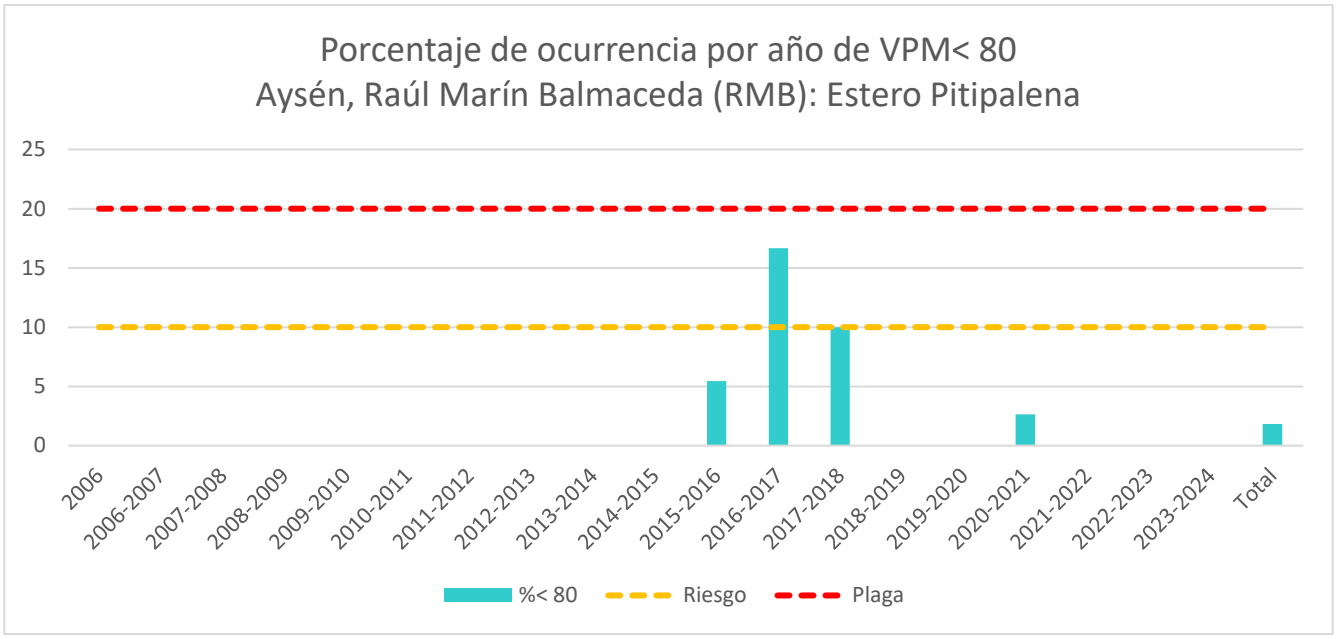


Figura 9: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne, en la Eco-región de Raúl Marín Balmaceda (RMB): Estero Pitipalena

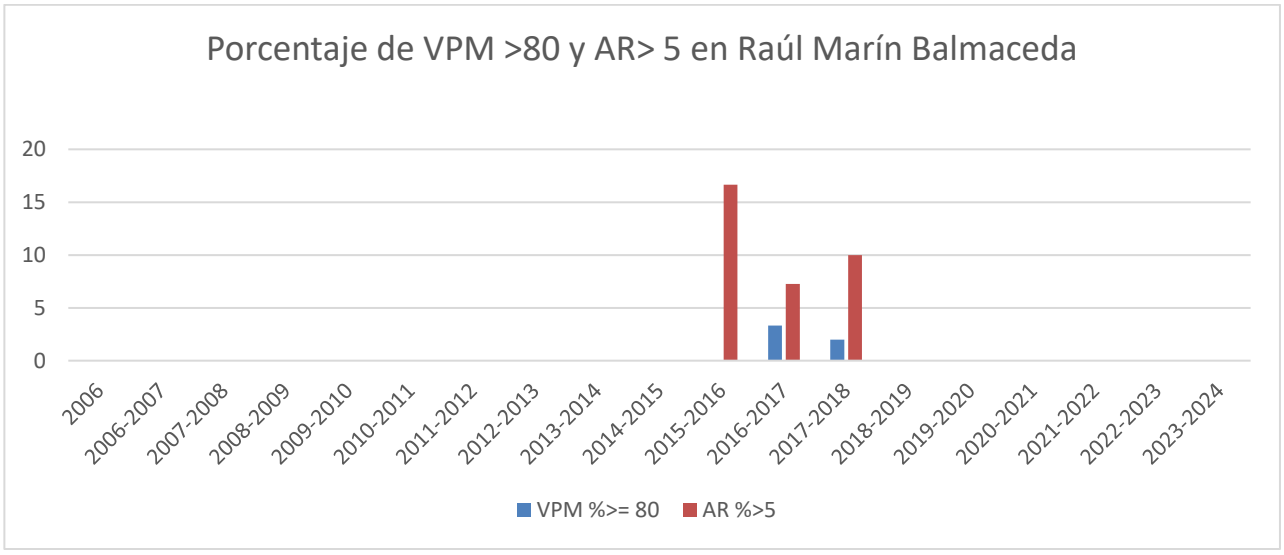


Figura 10: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de *Alexandrium catenella* ≥ 5 en Eco-región de Raúl Marín Balmaceda, estero Pitipalena.

Este sector no cumple con los requisitos para ser declarado área FAN en categoría plaga o riesgo de plaga, con porcentajes de ocurrencia inferiores al 2 % para VPM sobre la norma (Figura 8) e inferiores al 5% para la ocurrencia bajo norma (figura 9). Sin embargo, dado que se encuentra inserto en un área Fan en categoría plaga, debe ser clasificado como área FAN en riesgo de plaga (Tabla 4).

5.3 Resultados de la Eco-región de Aysén:

La Eco-región de Aysén se encuentra compuesta por cuatro sectores: un sector de Chiloé al sur de la línea FAN (43°22'S) y las estaciones ubicadas cercanas a Melinka en las islas Guaitecas hasta loa 44°S; el sector de Aysén norte (AyN) 44°S a 44°30' que involucra el Archipiélago de los Chonos y los canales Puyuhuapi y, Jacaf; Aysén Centro (AyC) 44°30S a 45°30S' en el canal Moraleda, islas Huichas y Aysén sur (AyS) 45°30' a 46°33'S que incluye los canales Errazuriz y Costa.

5.3.1 Chiloé al Sur Línea FAN e Islas Guaitecas norte (ChSLF-GN): 43°22' a 44°S

En este sector, que engloba las estaciones de monitoreo que se encuentran al norte y al sur de la Boca del Guafo, y que es el límite entre la región de Los Lagos y La región de Aysén, se observa una persistencia de eventos de toxicidad sobre la norma entre 2006 y 2019, con eventos importantes en 2006, 2009, 2016 y 2018, con un máximo de ocurrencia en el verano 2018, temporada en la que el VPM ≥80, alcanzó un 40% de ocurrencia (Figura 11). Sin embargo, durante las últimas tres temporadas no se han registrado mariscos sobre la norma y si bien, en estas últimas tres temporadas, se han detectado concentraciones de toxina bajo la norma, el porcentaje de ocurrencia ha sido bajo (figura 12).

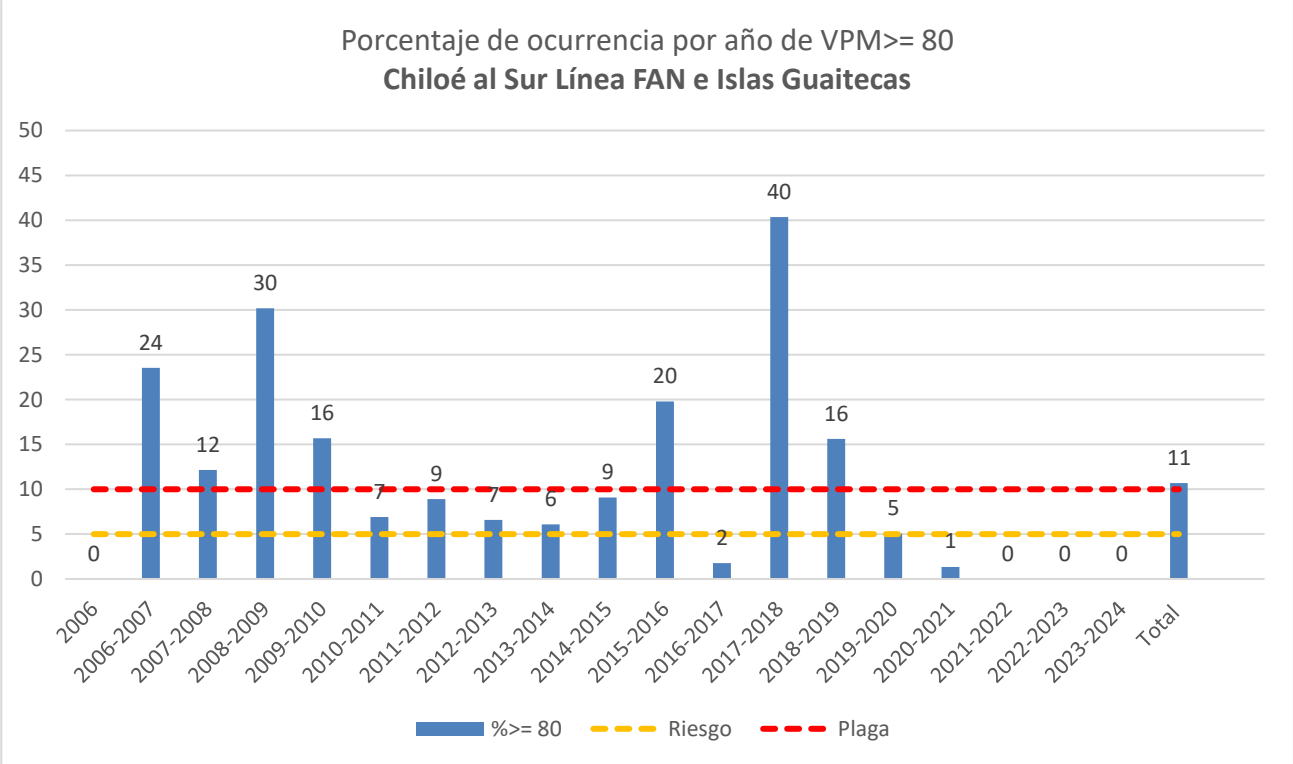


Figura 11: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne, en el sector comprendido entre el sur de Chiloé desde la Línea FAN (Paralelo 43°22'S) al norte de la Región de Aysén (Paralelo 44°S).

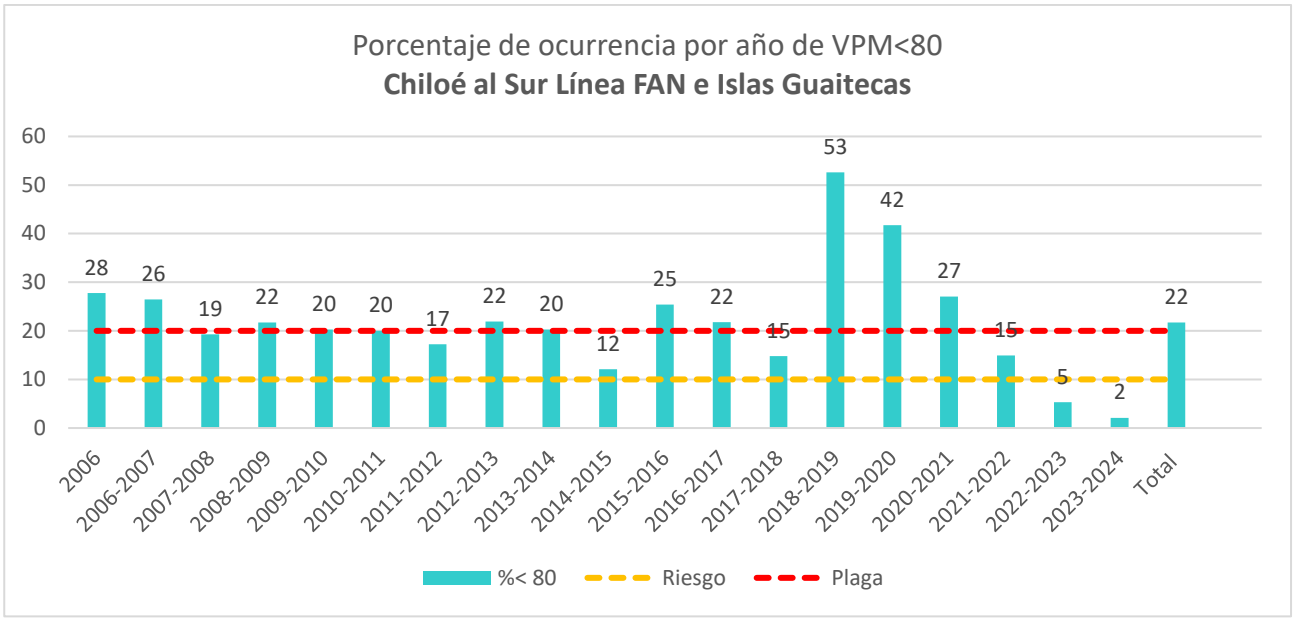


Figura 12: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM bajo el límite regulatorio (≤80 µg por cada 100 gr de carne), entre el sur de Chiloé desde la Línea FAN (Paralelo 43°22'S) al norte de la Región de Aysén (Paralelo 44°S).

Al observar los eventos de toxicidad, en términos de porcentaje de ocurrencia de VPM sobre la norma en conjunto con las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* ≥ 5 (figura 13), podemos observar que, que no siempre hay una relación entre la presencia de toxina con la presencia de la especie plaga en abundancias superiores o iguales a 5. Esto probablemente se debe a eventos con altas toxicidades que implican largos tiempos detoxificación con permanencia de recursos contaminados que se extiende por varios meses y traspasa hacia la siguiente temporada, como los eventos 2009 y 2018.

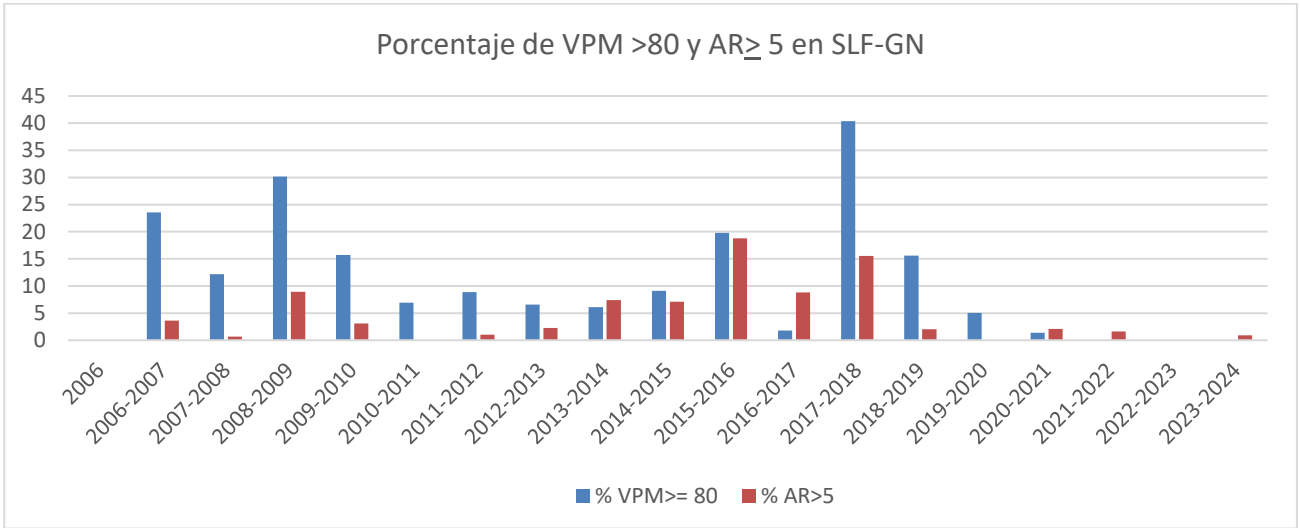


Figura 13: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de A. catenella ≥ 5 en Eco-región de Aysén, desde la Línea FAN (Paralelo 43°22'S) a Aysén norte, I.Guaitecas (Paralelo 44°S).

Este sector cumple los requisitos para ser declarado área FAN en categoría plaga, bajo ambos criterios VPM sobre y bajo la norma (tabla 4), con un porcentaje de ocurrencia del 11% para VPM sobre la norma (Figura 11) y de 22% para la ocurrencia bajo norma (figura 12).

5.3.2 Aysén norte (AyN) 44°S a 44°30': A. los Chonos, Puyuhuapi, Jacaf.

Este sector presenta en forma recurrente eventos de toxicidad que afectan a gran parte de las estaciones monitoreadas, algunas de las cuales han alcanzado valores sobre los 10.000 µg de saxitoxina equivalente por cada 100 gr de carne.

Si bien en las últimas cuatro temporadas ha habido una reducción importante de los eventos de toxicidad, lo que se expresa en un bajo porcentaje de ocurrencia de VPM sobre la norma (Figura 14). Sin embargo, en la figura 15 que muestra el porcentaje de ocurrencia bajo la norma, se puede observar que la toxina sigue presente en niveles bajo el límite regulatorio, en un porcentaje de ocurrencia que en general supera el 20%, valor establecido para la categoría de plaga.

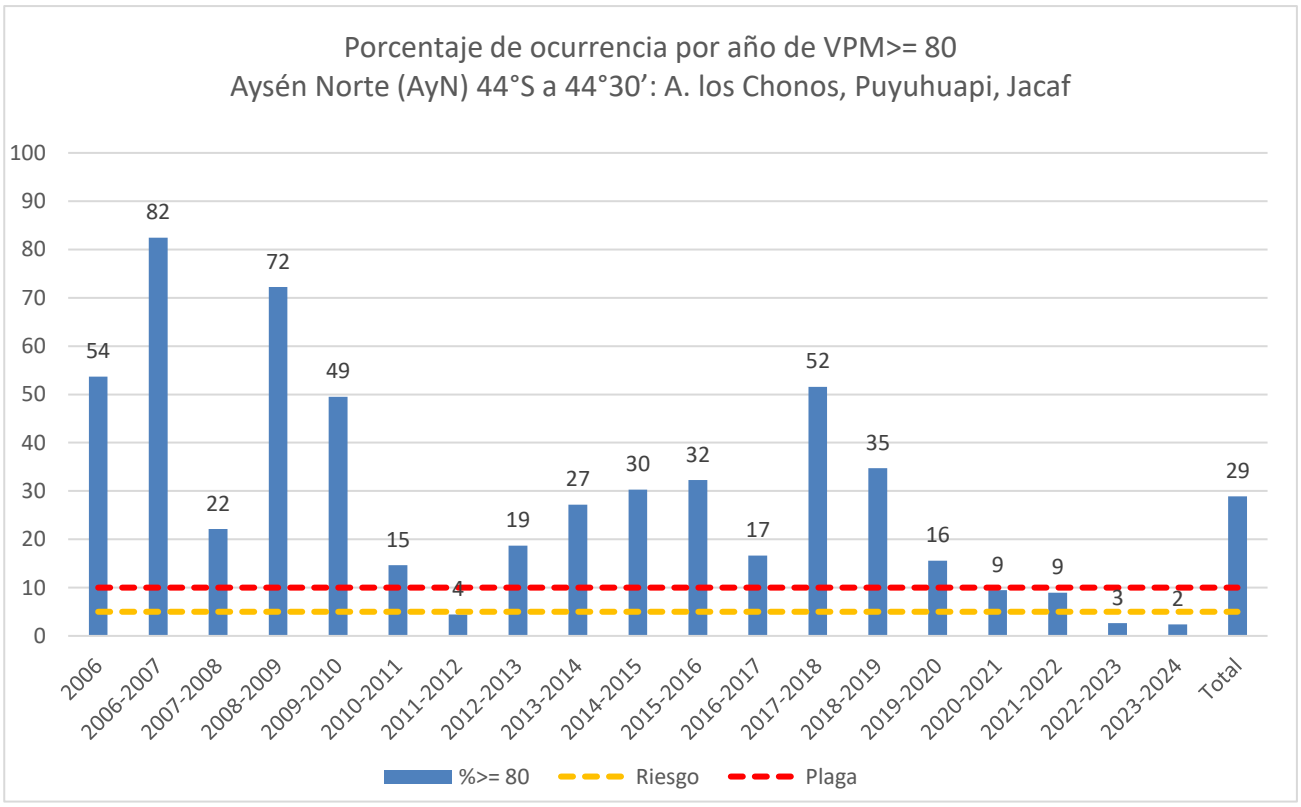


Figura 14: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne, en Aysén norte entre los 44°S a 44°30': Archipiélago de los Chonos, Canal Puyuhuapi y Canal Jacaf.

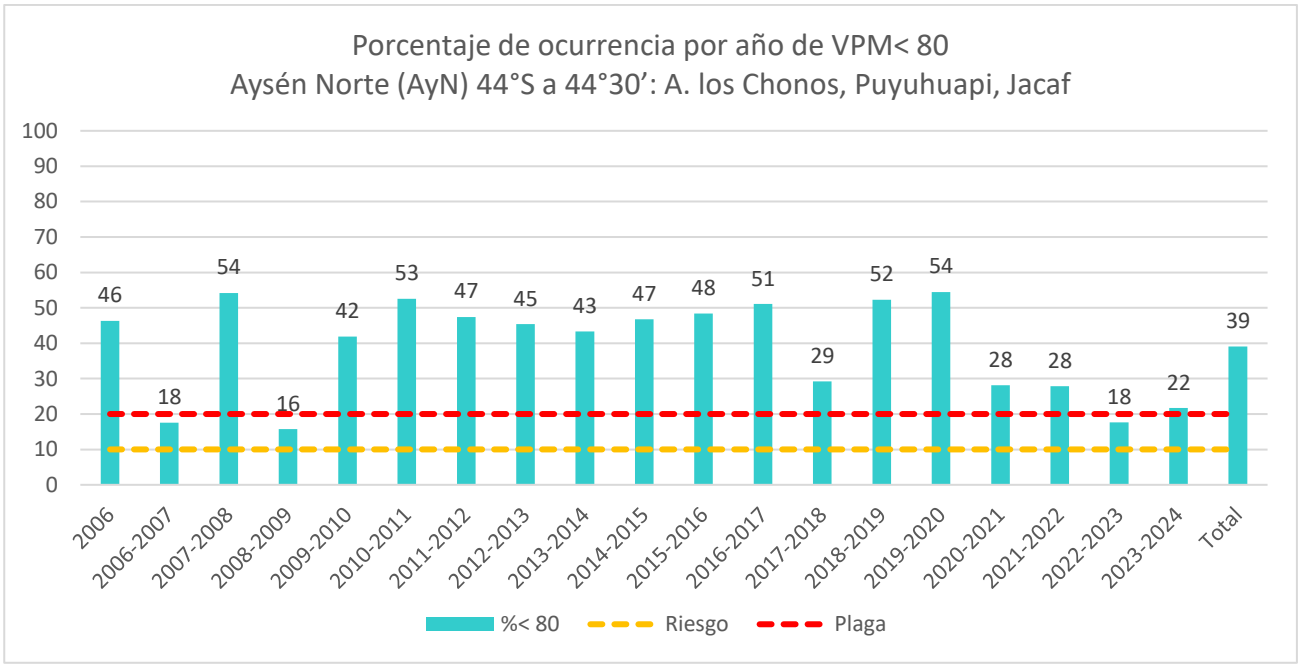


Figura 15: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM bajo el límite regulatorio (≤80 µg por cada 100 gr de carne), en Aysén norte, entre los 44°S a 44°30': A. de los Chonos, canales Puyuhuapi y Jacaf.

Al observar los porcentajes de ocurrencia de VPM ≥80 y su relación con las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* ≥ 5 (figura 16), se puede observar la presencia de toxina que no esta asociada a la presencia de A. catenella. Esto probablemente se pueda deber a eventos con altas toxicidades que implican largos tiempos detoxificación, con permanencia de recursos contaminados.

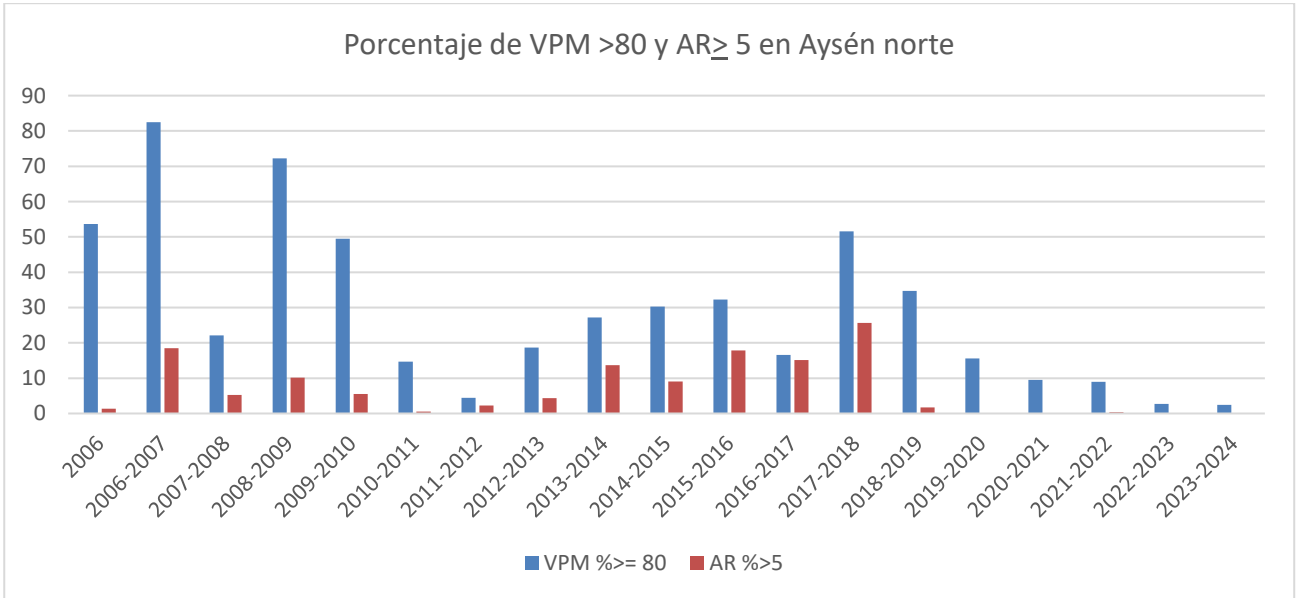


Figura 16: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de Alexandrium catenella ≥ 5, entre los 44°S a 44°30': Archipiélago de los Chonos, Canal Puyuhuapi y Canal Jacaf.

Este sector cumple ampliamente con los criterios (tabla 4) para ser declarado área FAN en categoría plaga con un porcentaje de ocurrencia 29% para VPM sobre la norma (Figura 14) y de 39% para la ocurrencia bajo norma (figura 15).

5.3.3 Aysén Centro (AyC) 44°30S a 45°30S': islas Huichas

Este sector ha presentado un comportamiento variable a través del tiempo con un periodo con importantes porcentajes de ocurrencia del VPM sobre la norma entre 2006 y 2010 seguido de un periodo de 2010 a 2017 con pocos eventos sobre la norma, para luego volver a aumentar desde 2017 a 2022 y nuevamente una fuerte disminución en las últimas dos temporadas (Figura 17). Sin embargo, el porcentaje de ocurrencia de la toxicidad bajo la norma siempre ha sido elevado (Figura 18), dando cuenta que la toxina siempre está presente, especialmente porque un número importante de estaciones sobrepasa los 10.000 µg de saxitoxina equivalente por cada 100 gr de carne, esto implica que se requiere de largos periodos para la eliminación de la toxina.

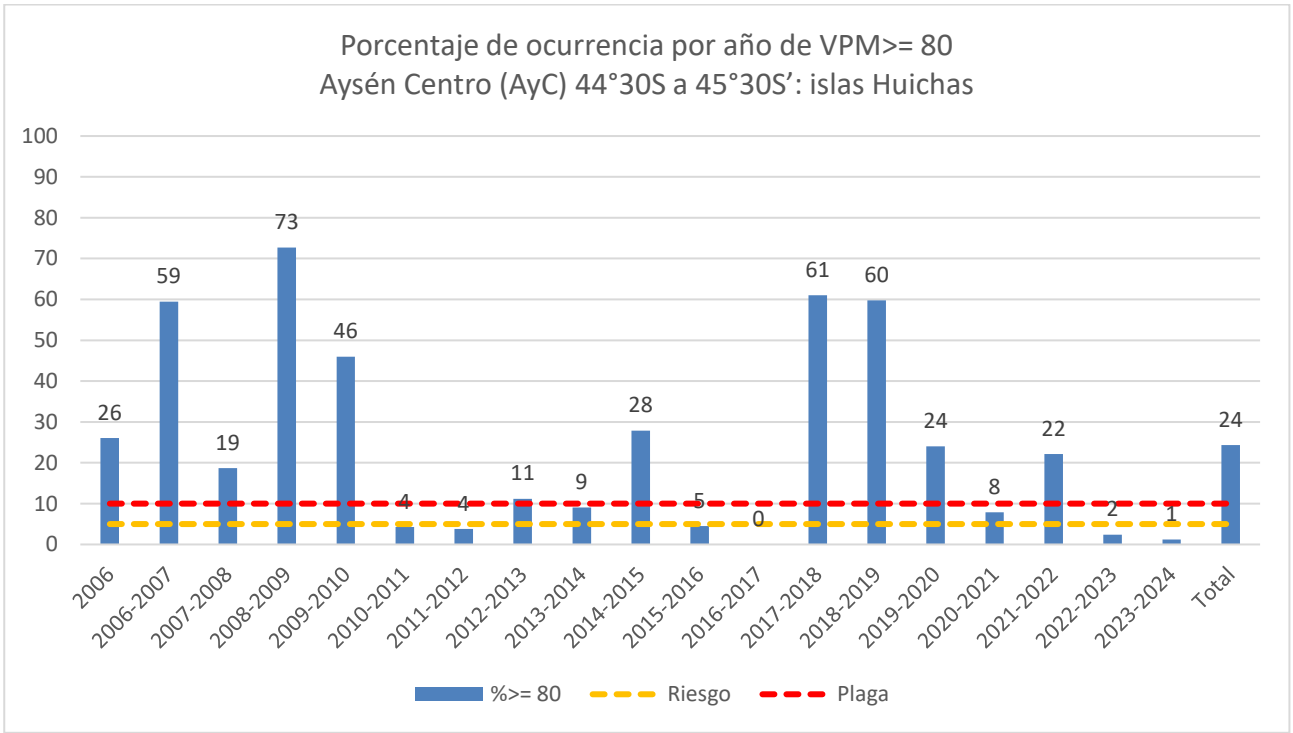


Figura 17: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne, en Aysén centro entre los 44°30S a 45°30S', canal Moraleda- islas Huichas.

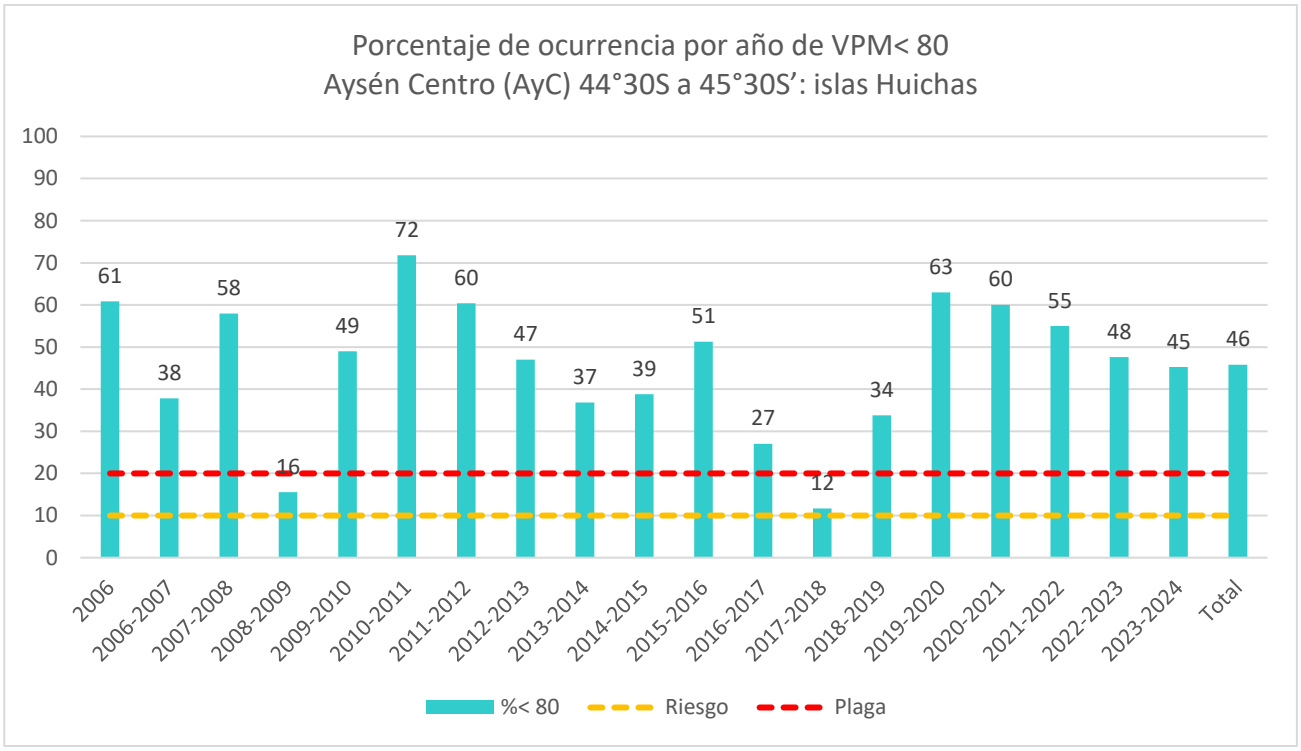


Figura 18: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM bajo el límite regulatorio (≤80 µg por cada 100 gr de carne), en Aysén centro entre los 44°30S a 45°30S', canal Moraleda- islas Huichas.

Al igual que en los sectores anteriores, al observar los porcentajes de ocurrencia de VPM ≥80 y su relación con las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* ≥ 5 (figura 19), se puede observar que la presencia de toxina en general está asociada a la presencia de *A. catenella,* pero hay ocasiones en que hay presencia de la microalga y no se detecta VPM sobre la norma como en la temporada 2016-17.

Este sector igualmente cumple ampliamente con los criterios para ser declarado área FAN en categoría plaga con un porcentaje de ocurrencia 24% (Figura 17) para VPM sobre la norma y de 46% para la ocurrencia bajo norma (Figura 18).

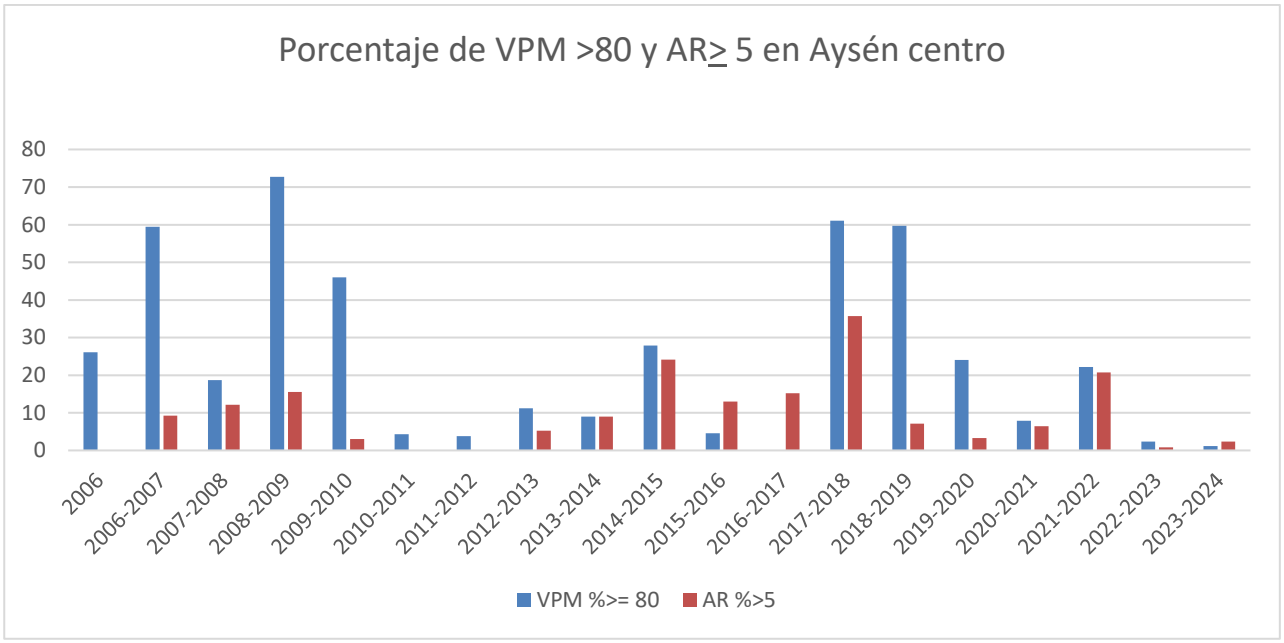


Figura 19: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de *Alexandrium catenella* ≥ 5 en Aysén centro entre los 44°30S a 45°30S', canal Moraleda- islas Huichas.

5.3.4 Aysén sur (AyS) 45°30' a 46°33'S: C. Errazuriz, C. Costa Aysén

Este es el sector que se encuentra más afectado por la presencia de toxina, especialmente porque las concentraciones de toxina superan ampliamente la norma, alcanzando en algunas ocasiones valores sobre los 20.000 µg de saxitoxina equivalente por cada 100 gr de carne, lo que igual que en el caso anterior implica largos tiempos de depuración de la toxina, así por ejemplo la temporada 2018-2019 el porcentaje de ocurrencia superó el 90% (Figura 20), lo que significa que casi todas las estaciones estuvieron sobre la norma durante todo el año, continuando el proceso de detoxificación en las dos temporadas siguientes, en las cuales varias estaciones seguían sobre la norma, sin que se hubiera producido una nueva proliferación de *Alexandrium catenella*.

En cuanto a la toxina bajo la norma (Figura 21), podemos observar que este sector siempre tiene toxina, ya que la suma de los porcentajes de VPM, sobre y bajo la norma, para una misma temporada normalmente supera el 90% y en algunos casos alcanza el 100%).

Al observar los eventos de toxicidad, en conjunto con las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* ≥ 5 en este sector, podemos observar que dados altos valores de VPM, la toxina va disminuyendo lentamente y puede permanecer por largos periodos, como se puede apreciar claramente en la floración de 2009, donde la toxicidad se mantiene de un año hacia otro sin la presencia de abundancias relativas ≥ 5 (Figura 22).

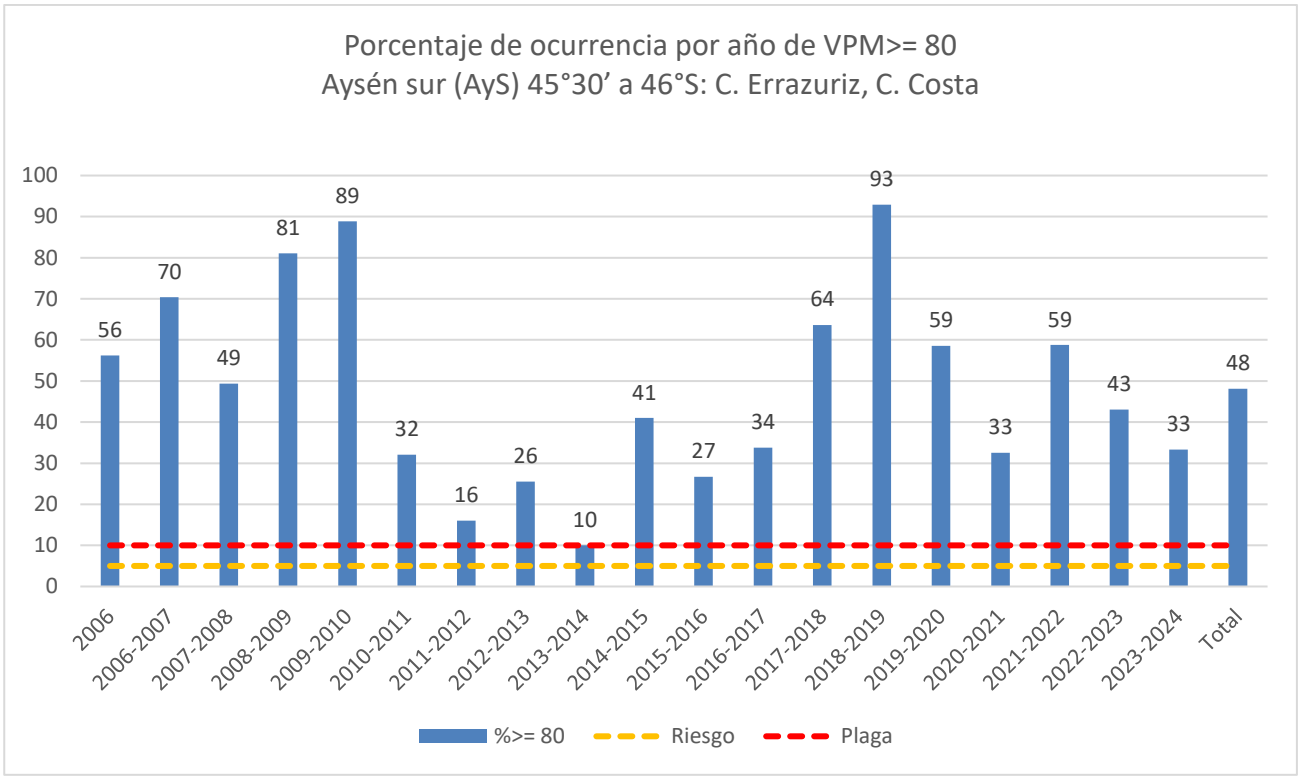


Figura 20: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne, en Aysén sur, entre los 45°30' a 46°S, canal Errazuriz y canal Costa.

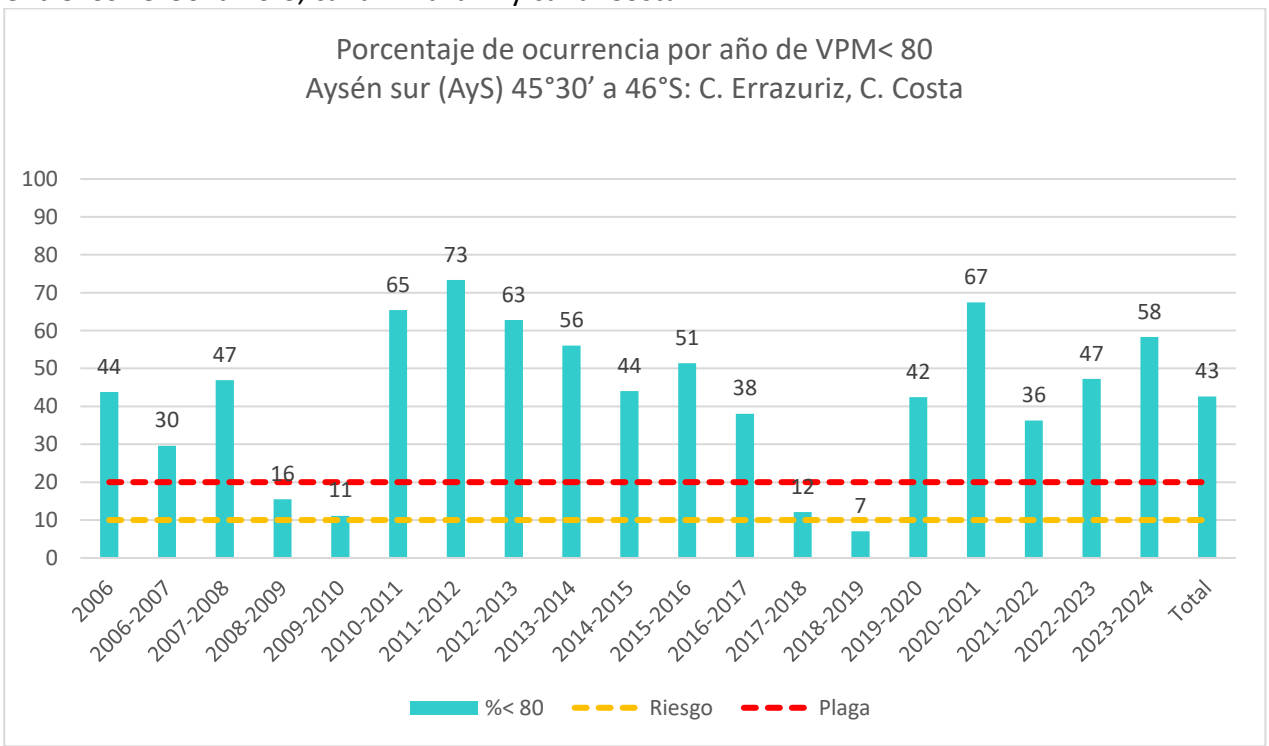


Figura 21: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM bajo el límite regulatorio (≤80 µg por cada 100 gr de carne), en Aysén sur, entre los 45°30' a 46°S, canal Errazuriz y canal Costa.

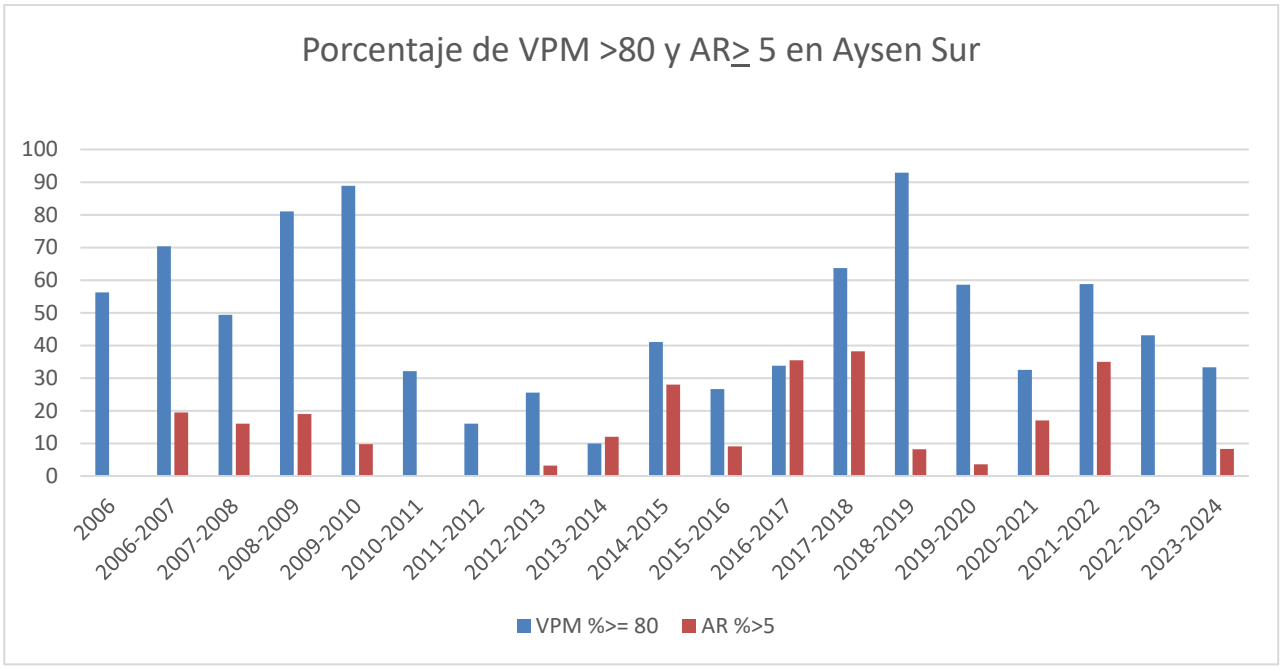


Figura 22: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de Alexandrium catenella ≥ 5 en Aysén sur, entre los 45°30' a 46°S, canal Errazuriz y canal Costa.

Este sector presenta la mayor prevalencia de toxina, por lo que cumple con los criterios para ser declarado área FAN en categoría plaga con un porcentaje de ocurrencia 48% para VPM sobre la norma (Figura 20) y de 43% para la ocurrencia bajo norma (figura 21). Esto quiere decir que el 91% de las veces hay presencia de toxina, ya sea sobre o bajo la norma.

5.4 Resultados por sector Eco-región de Magallanes:

La Eco-región de Magallanes está compuesta de 5 sectores de análisis: Tortel (parte norte del canal Messier), Magallanes Norte, Magallanes centro, Estrecho de Magallanes y Canal Beagle, aunque la parte norte del canal Messier, comuna de Tortel, administrativamente pertenece a la región de Aysén, pero dada la presencia del Golfo de Penas, las proliferaciones de *Alexandrium catenella* en este sector, están asociadas con las condiciones del norte de la región Magallanes y no tienen relación con lo que ocurre en el resto de la región de Aysén.

5.4.1. Tortel (AyT): Norte Canal Messier, 47°40'S a 48°30

El sector de Tortel ha presentado toxicidad sobre el límite regulatorio en 5 temporadas de manera intermitente, siempre por periodos muy cortos, un mes, máximo dos, y siempre en concentraciones relativamente bajas, en comparación con las concentraciones que alcanzan otros sectores. El máximo de toxina paralizante medido en este sector es de 344 µg de saxitoxina equivalente por cada 100 gr de carne, en noviembre de 2012, luego eso hubo una detección en la temporada 2015-2016, seguido de un periodo de ocho años sin eventos sobre la norma, hasta noviembre de 2023 (figura 23). Este comportamiento intermitente y de corta duración se observa también en los valores bajo el límite, lo que se refleja en un bajo porcentaje de ocurrencia (figura 24).

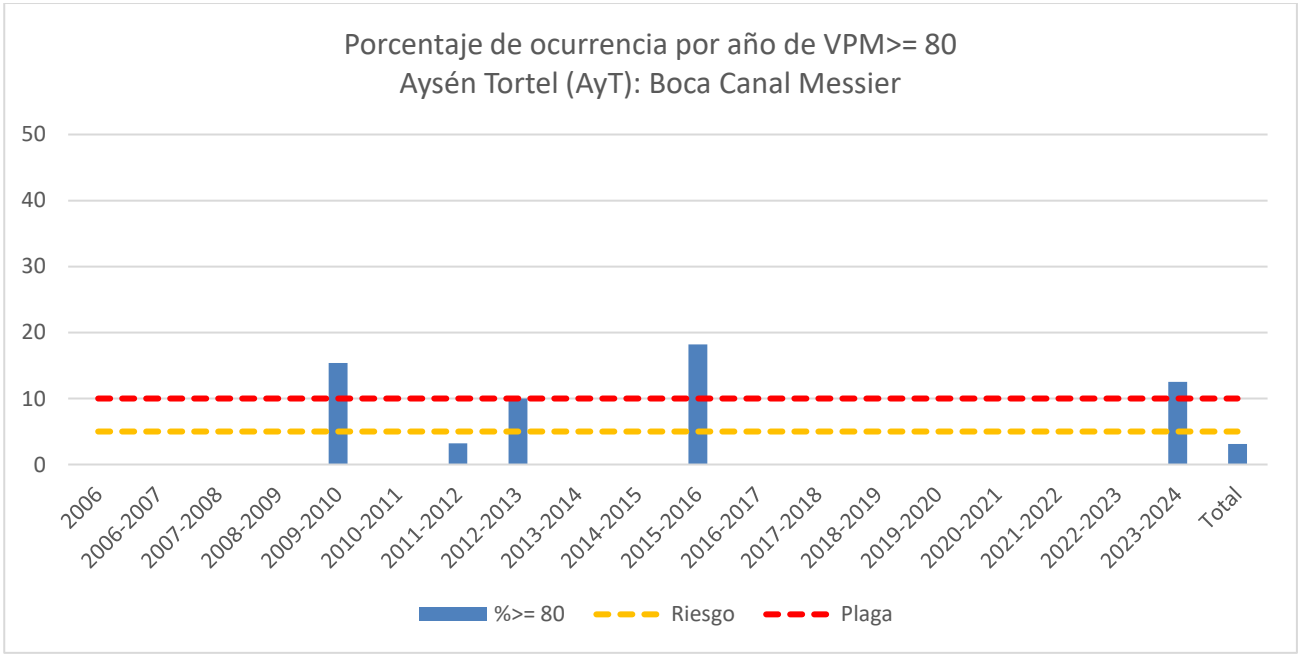


Figura 23: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne, en la eco-región de Magallanes, en el sector norte del Canal Messier.

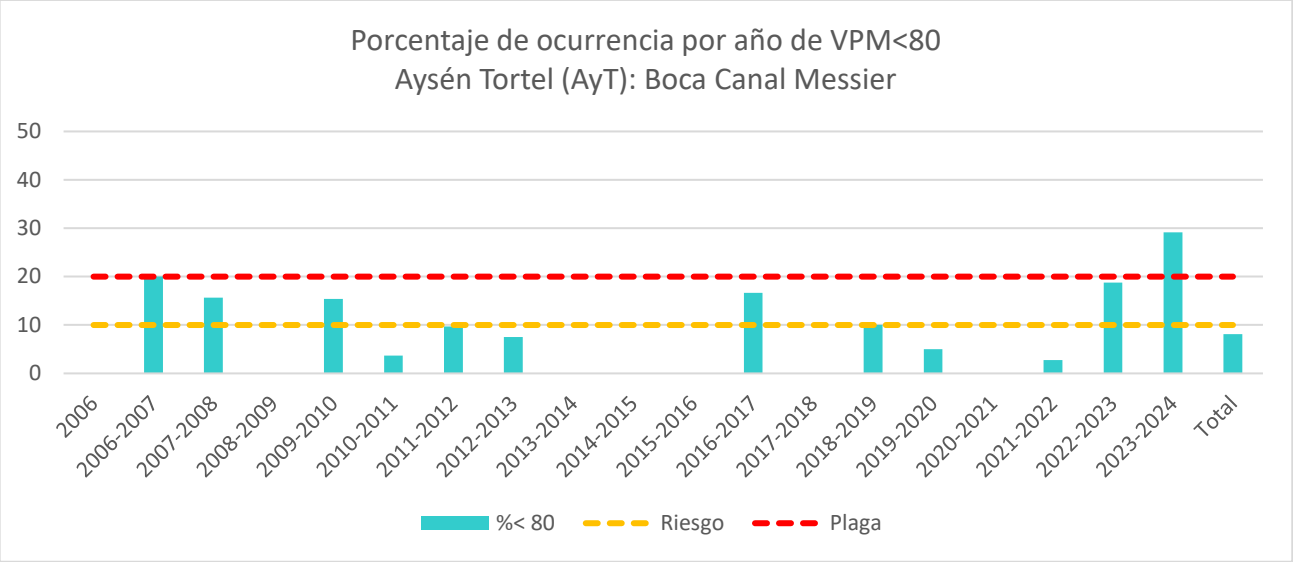


Figura 24: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM bajo el límite regulatorio (≤80 µg por cada 100 gr de carne), en la eco-región de Magallanes, en el sector norte del Canal Messier.

Al observar los eventos de toxicidad sobre la norma en conjunto con las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* ≥ 5 (figura 25), vemos que a veces no hay una relación entre la presencia de toxina con la presencia de la especie plaga en abundancias superiores o iguales a 5, aunque esto también puede ser producto de la frecuencia de muestreo, que no permite captar floraciones de corta duración. Este sector no presenta las condiciones para ser declarado área de plaga o riesgo de plaga, pero se encuentra inserto en un área FAN, por lo que le corresponde la categoría riesgo de plaga.

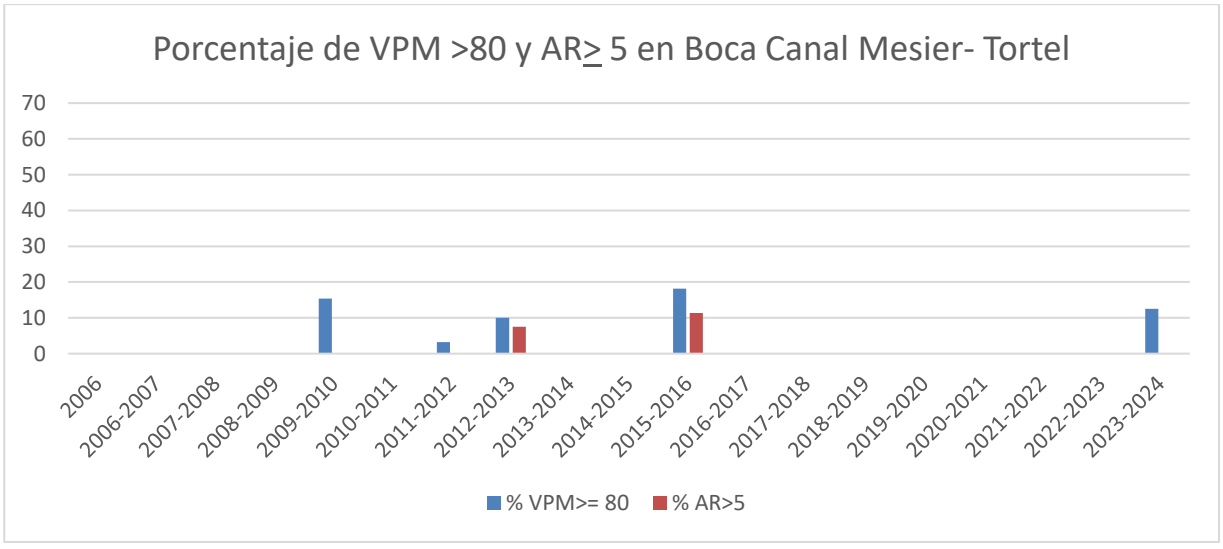


Figura 25: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de Alexandrium catenella ≥ 5 en Aysén sur, entre los 45°30' a 46°S, canal Errazuriz y canal Costa.

5.4.2. Magallanes norte (MgN): C. Messier – C. Wide, 48°30´S a 50°30´S

En el sector de Magallanes norte, se puede apreciar que durante el periodo 2006 a 2012 hubo eventos de toxicidad por VPM que abarcaron gran parte del sector pero con niveles de VPM que rara vez superaban los 2000 µg , los que posteriormente fueron disminuyendo e incluso no hubo eventos entre 2019 y 2023 (figura 26), razón por la cual este sector había bajado de categoría y se encontraba en riesgo de plaga en la R.exe 2001 de 2022. No obstante, entre octubre de 2023 y marzo de 2024, se produjo el evento más intenso registrado en este sector, que afectó la totalidad de las estaciones, con valores promedio de toxicidad sobre los 2000 µg y un máximo de VPM de 12.634 µg en noviembre de 2023, aunque en mayo aún permanecían algunas estaciones sobre la norma.

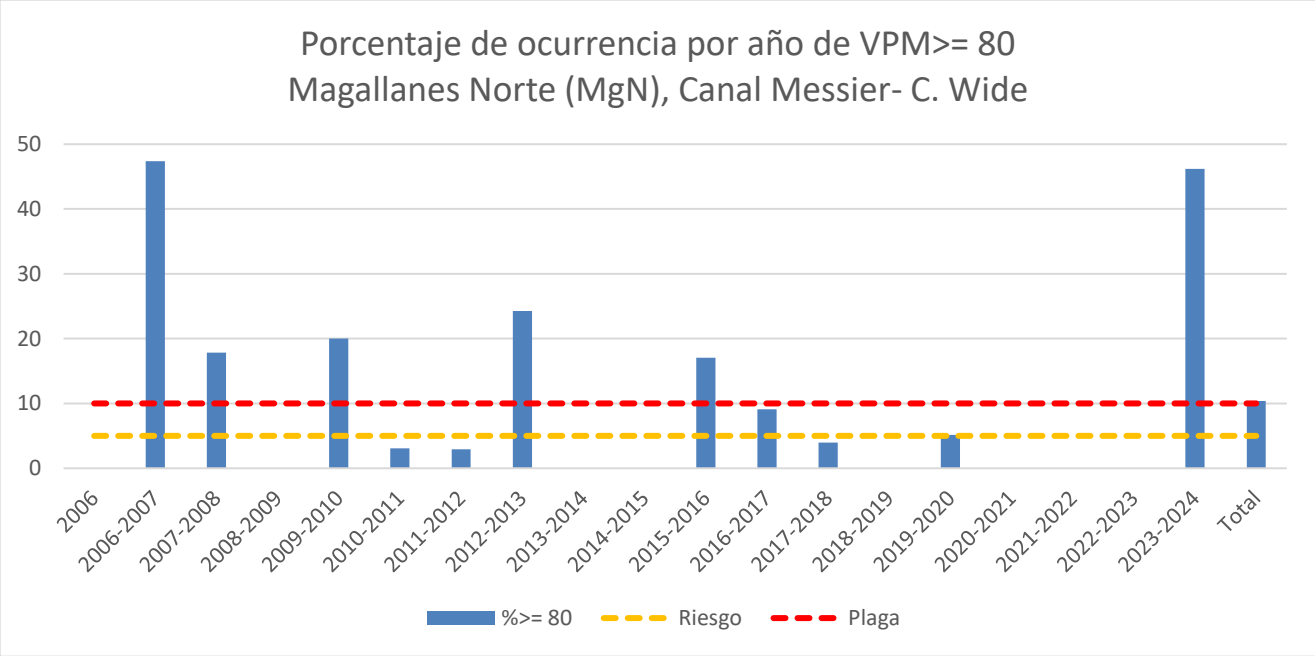


Figura 26: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne en Magallanes norte, Canal Messier- Canal Wide.

En el porcentaje de ocurrencia de VPM bajo el límite regulatorio, se puede observar una reducción de la ocurrencia posterior a 2012 (figura 27), pero siempre ha estado presente, por lo que es importante vigilar la presencia de toxina

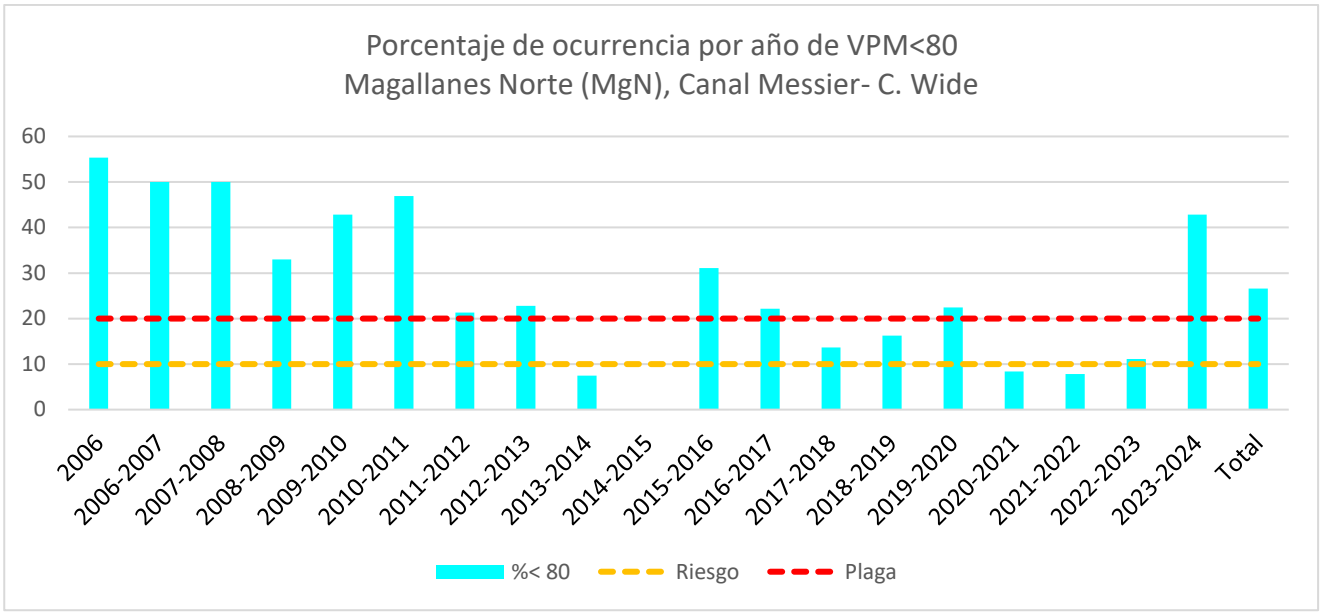


Figura 27: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne en Magallanes norte, Canal Messier- Canal Wide.

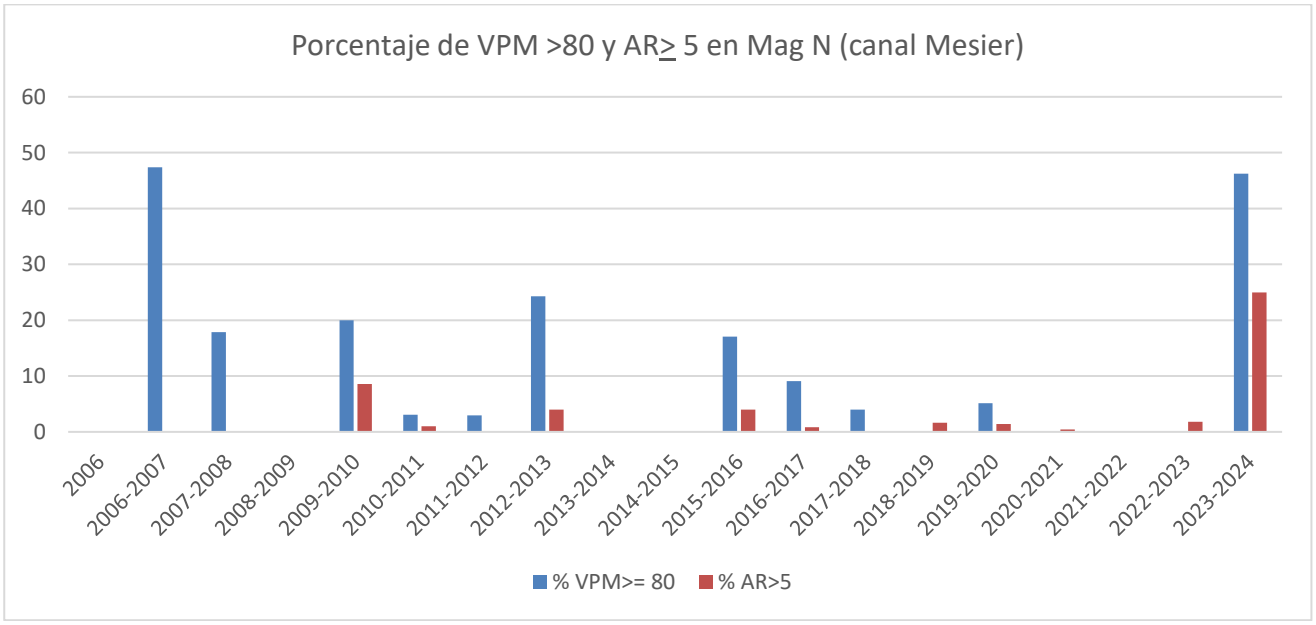


Figura 28: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de Alexandrium catenella ≥ 5 en Magallanes norte, Canal Messier- Canal Wide.

Al igual que en otros sectores, no siempre hay una relación clara entre la presencia de toxina y el porcentaje de ocurrencia de las abundancias relativas >5 (Figura 28). Aunque en el caso del último evento, hay una evidente asociación entre la presencia de la microalga y la presencia de toxina.

Dado los porcentajes de ocurrencia de VPM sobre y bajo la norma, este sector pasa de área FAN en riesgo de plaga a categoría plaga.

5.4.3. Magallanes centro (MgC): C. Sarmiento – S. Smyth 50°30´S a 52°30´S

Este sector presentó importantes eventos de toxicidad entre 2007 y 2010, con una concentración máxima el año 2008 con 25.128 µg de stx equivalente por cada 100 gr de carne, los eventos ocurridos entre 2011 y 2017 fueron mucho menos intensos y las concentraciones de VPM no fluctuaron alrededor de los 200 µg. Posteriormente, entre 2017 y 2023, por un periodo de 6 años no se registraron eventos sobre el límite regulatorio, pero al igual que en el sector anterior entre noviembre 2023 y febrero 2024, se produjo nuevamente un evento importante, aunque con un valor máximo toxina mucho más bajo de 1.110 µg de stx eq.

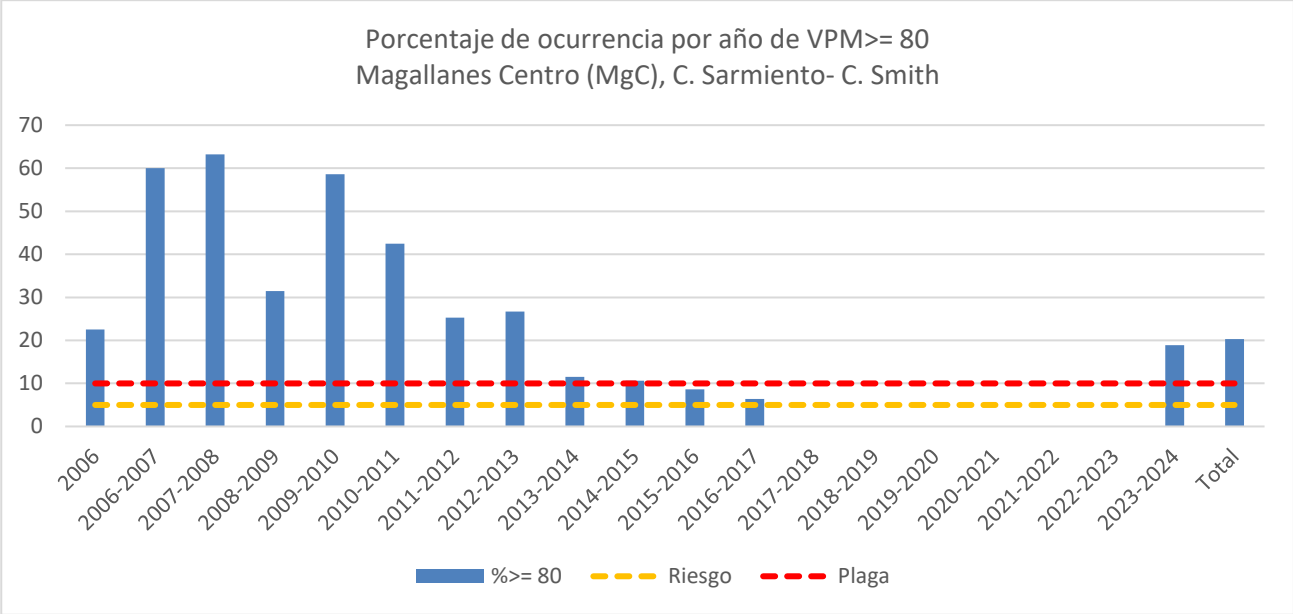


Figura 29: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne.

En cuanto a la toxina bajo la norma (Figura 30), podemos observar una disminución de la ocurrencia a partir de 2017, pero a pesar de que la ocurrencia fue baja entre 2017 y 2023 siempre hubo toxina en niveles bajo la norma.

Al observar los eventos de toxicidad sobre la norma en conjunto con las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* ≥ 5 (figura 31), al igual que en otros sectores la presencia de toxina no siempre está relacionada con abundancias relativas mayores a cinco.

En las declaraciones anteriores, este sector se analizaba en conjunto con el sector de Magallanes norte, sin embargo, dada la amplitud del territorio y para poder visualizar mejor la situación de cada sector, estos sectores fueron separados.

El porcentaje de ocurrencia de VPM sobre la norma alcanza un 20% y el porcentaje de ocurrencia bajo la norma un 24% por lo que en ambos casos le corresponde área FAN en categoría de plaga.

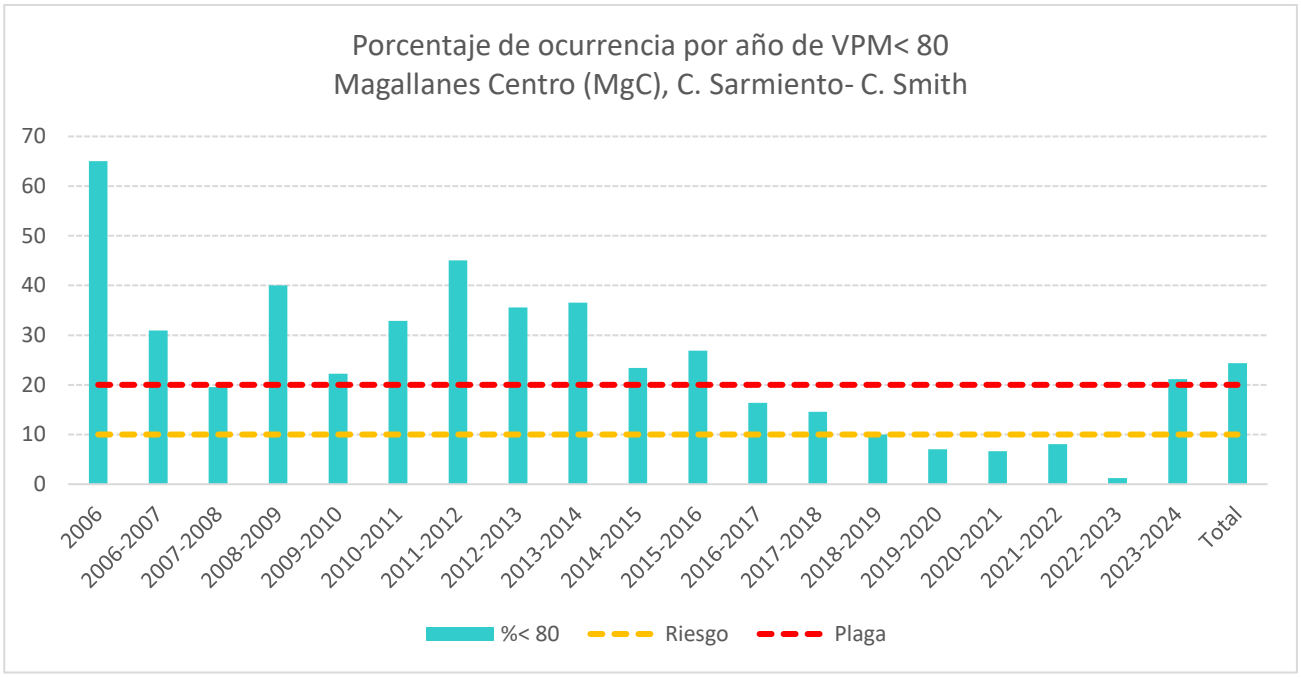


Figura 30: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne.

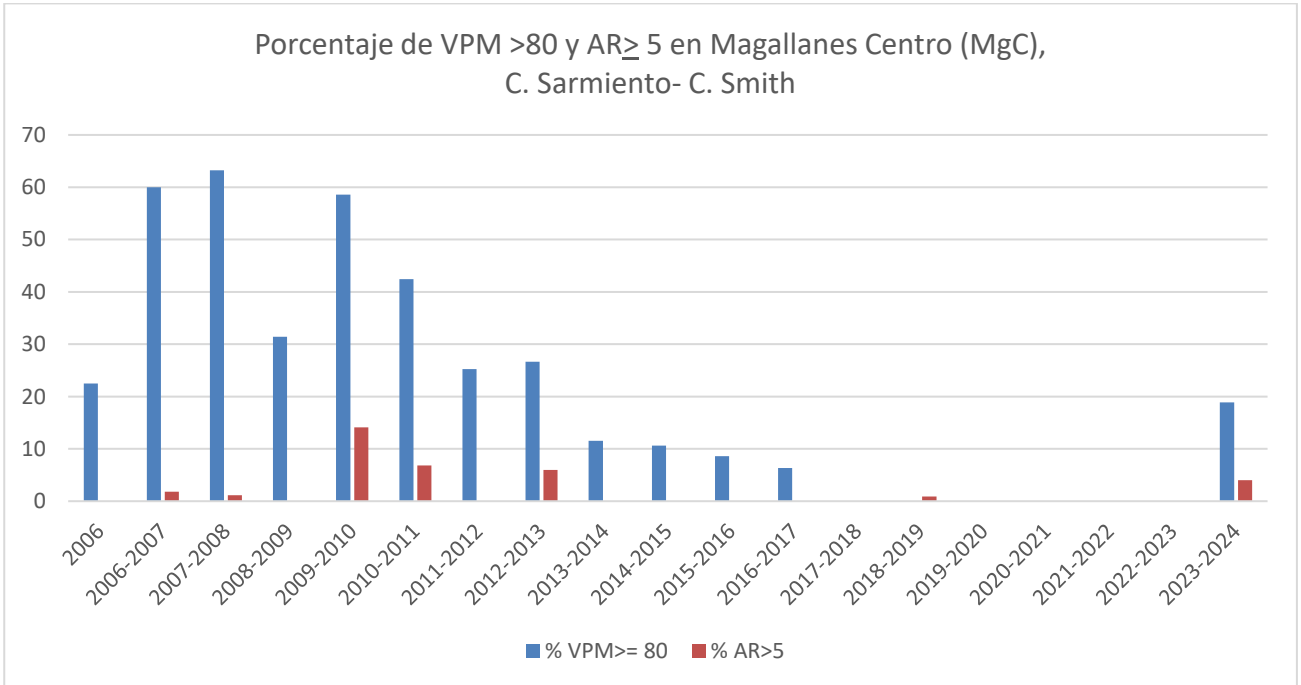


Figura 31: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de Alexandrium catenella ≥ 5 en Magallanes Centro

5.4.4. Magallanes sur (MgE): Estrecho de Magallanes y Seno Otway 52°30´S a 54°30´S

En este sector, que agrupa las estaciones alrededor del estrecho de Magallanes y seno Otway, se observan dos periodos distintos: uno con una importante presencia de toxina entre 2006 y 2013 (figura 32), con el evento más intenso en 2010, con niveles de toxina máximo de 27.159 µg en enero de 2010 y otro, a partir de 2014, donde prácticamente no hay detecciones de toxina sobre la norma, hasta mayo de 2023 cuando se produce un evento de corta duración y con niveles de toxina muy inferiores a los de 2013, con un máximo de VPM de 253 µg.

Igualmente, en el porcentaje de ocurrencia de VPM bajo la norma (figura 33), se observa que entre 2019 y 2023, en el cual no hubo detección de toxina, lo que no ocurre en otros sectores, donde la toxina ha permanecido presente en nivales bajos.

Al igual que en otros sectores la presencia de toxina no siempre está relacionada con abundancias relativas mayores a cinco (figura 34).

En la declaración anterior R.exe 2001 de 2022, este sector se encontraba declarado como área FAN en riesgo de plaga. Sin embargo, el pequeño evento de mayo de 2023, hacen que el porcentaje de ocurrencia sobre la norma sea del 10%, por lo que le corresponde área FAN en categoría plaga.

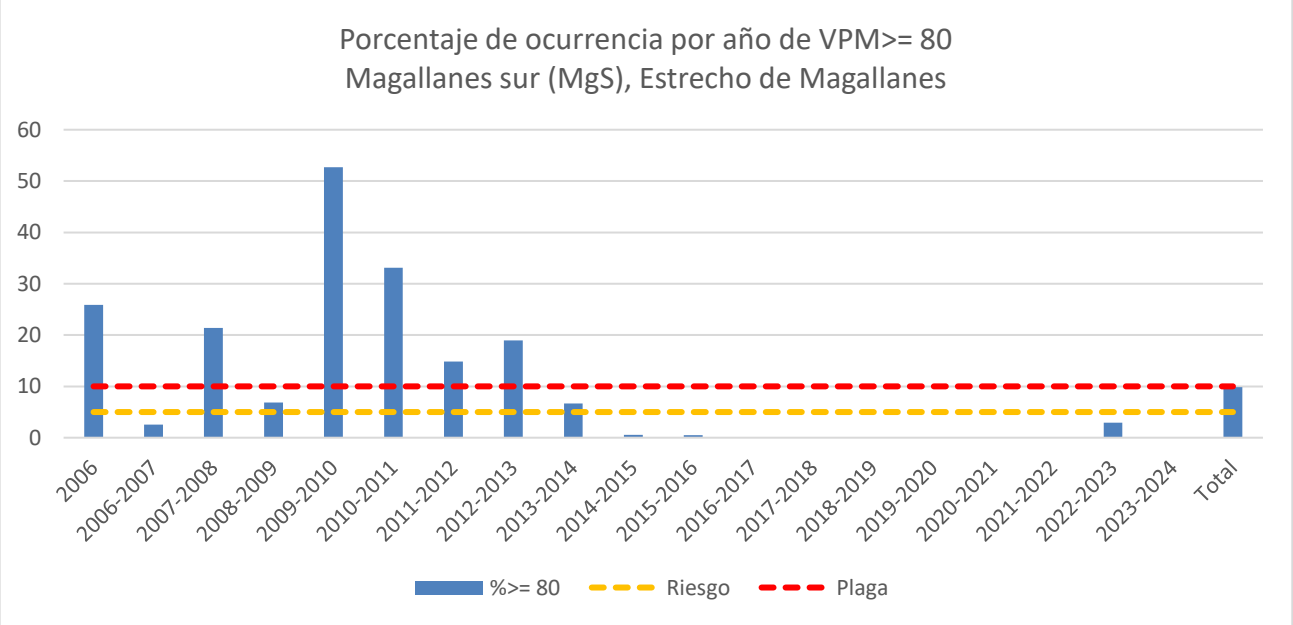


Figura 32: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne en Estrecho de Magallanes y Seno Otway

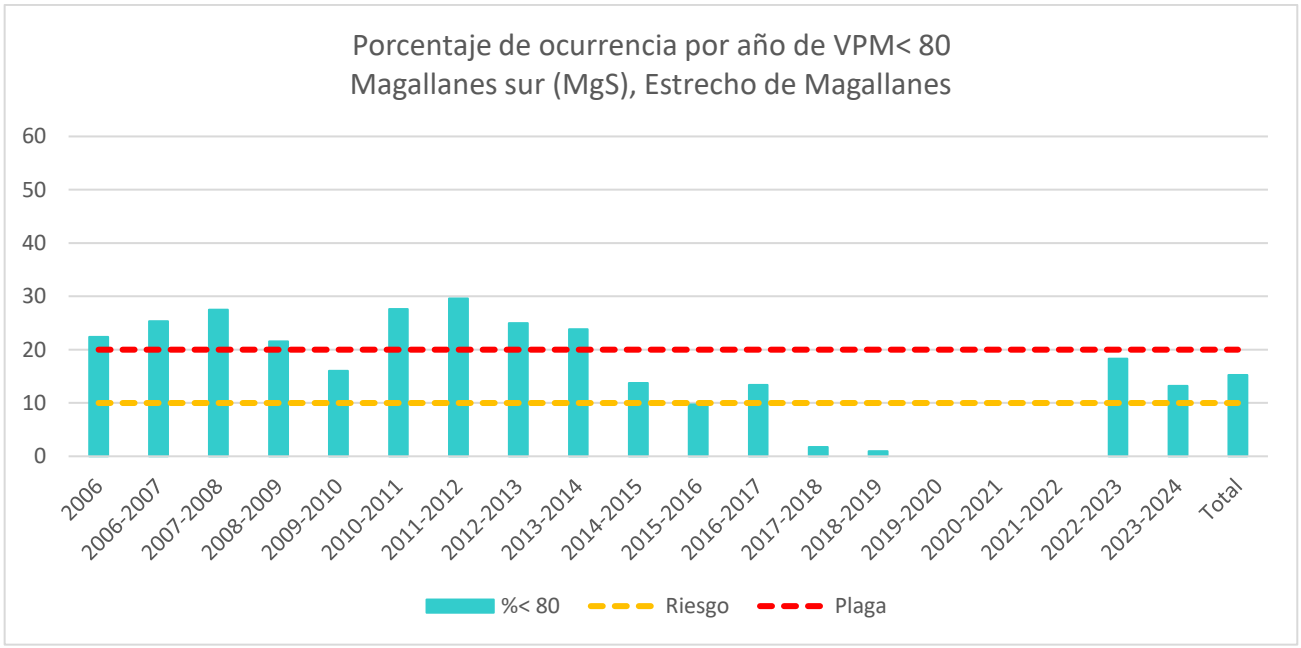


Figura 33: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne en Estrecho de Magallanes y Seno Otway

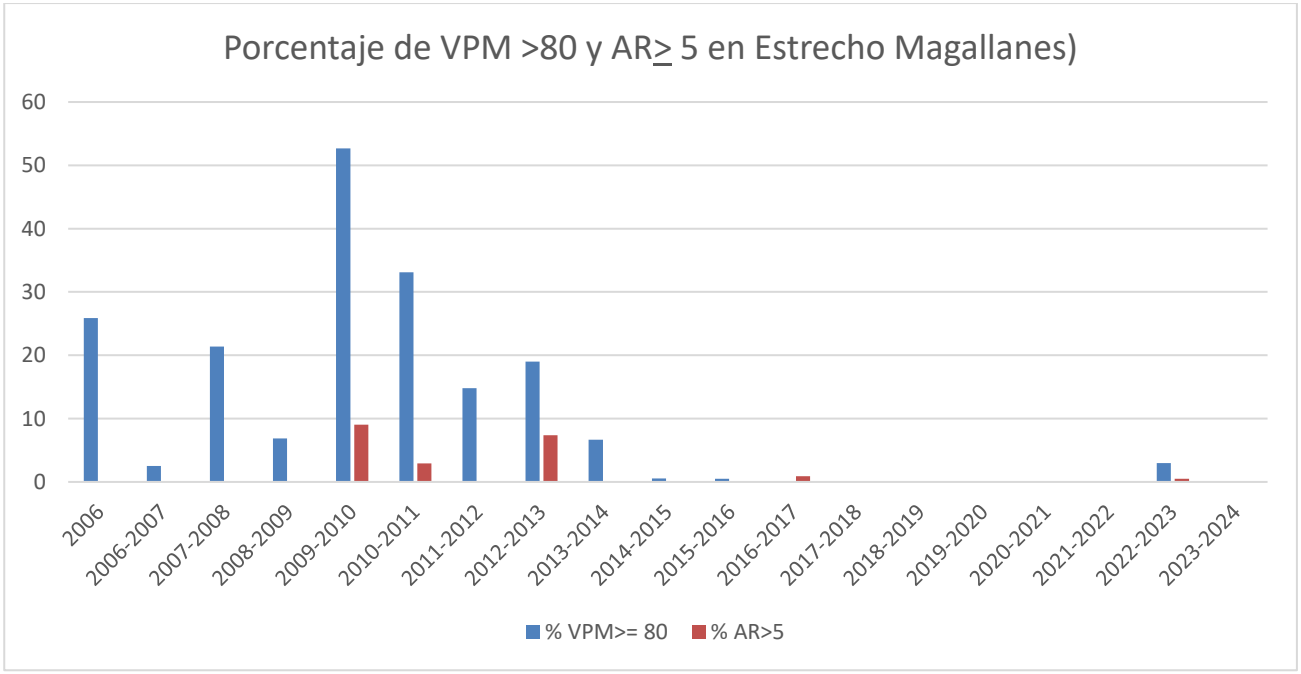


Figura 34: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de Alexandrium catenella ≥ 5 en en Estrecho de Magallanes y Seno Otway

5.4.5. Magallanes, Canal Beagle (MgB): 54°30´S a 55°15´S

En el sector de canal Beagle, la situación ha sido diferente, con una intermitencia en la presencia de toxinas (figura 35), con dos eventos de gran intensidad uno en el verano 2009-2010 con un máximo de VPM de 9205 µg y otro importante en febrero de 2022 con registro máximo de 9229 µg, entre ellos hubo otros eventos de menor intensidad en 2011, 2013, 2017 y 2018. En los niveles de VPM bajo la norma (figura 36), se observa que la toxina se ha mantenido presente en este sector, especialmente después de los eventos principales.

Al observar el porcentaje de ocurrencia de VPM sobre la norma en conjunto con las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* > 5 (figura 37), se observa que los eventos de toxicidad han estado asociados a la presencia de la microalga. No obstante, hubo detecciones de altas abundancias de *Alexandrium catenella* que no estuvieron asociadas a VPM sobre la norma.

Al igual que en la declaración anterior a este sector les corresponde ser declarado como área FAN en categoría plaga.

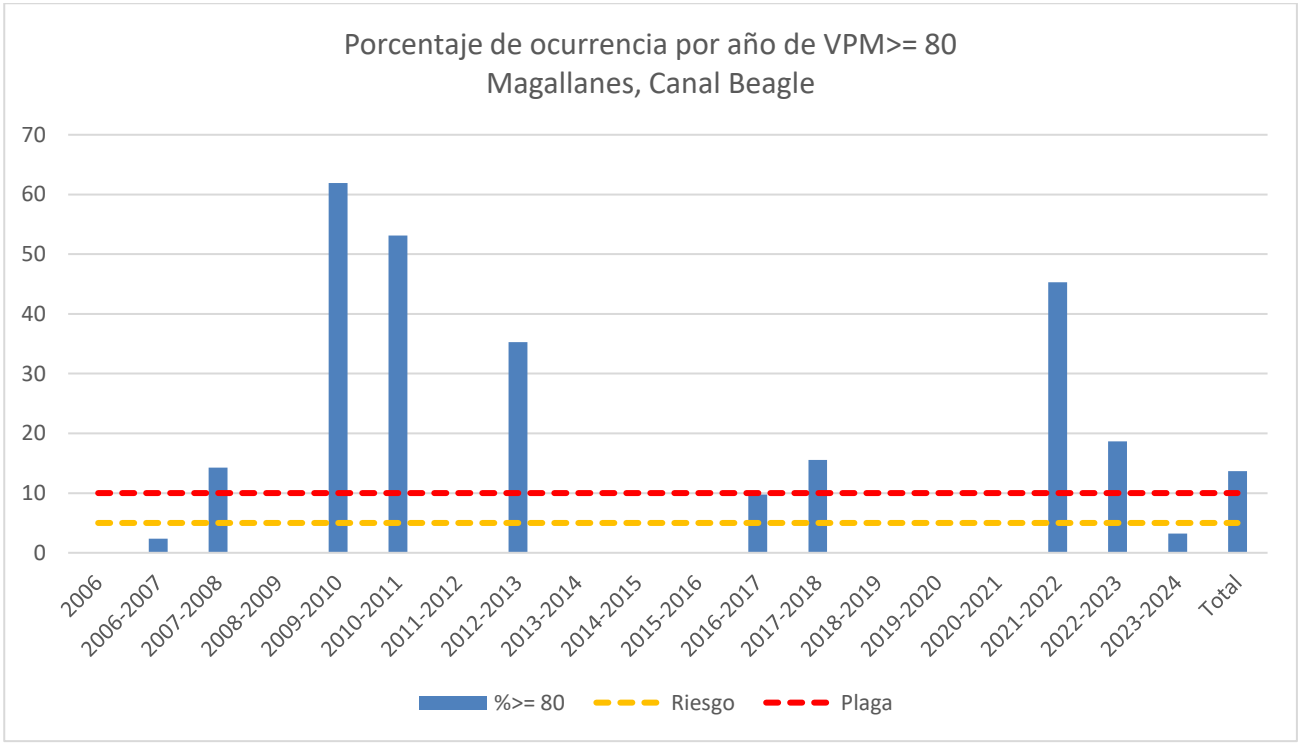


Figura 35: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM ≥ 80 µg por cada 100 gr de carne

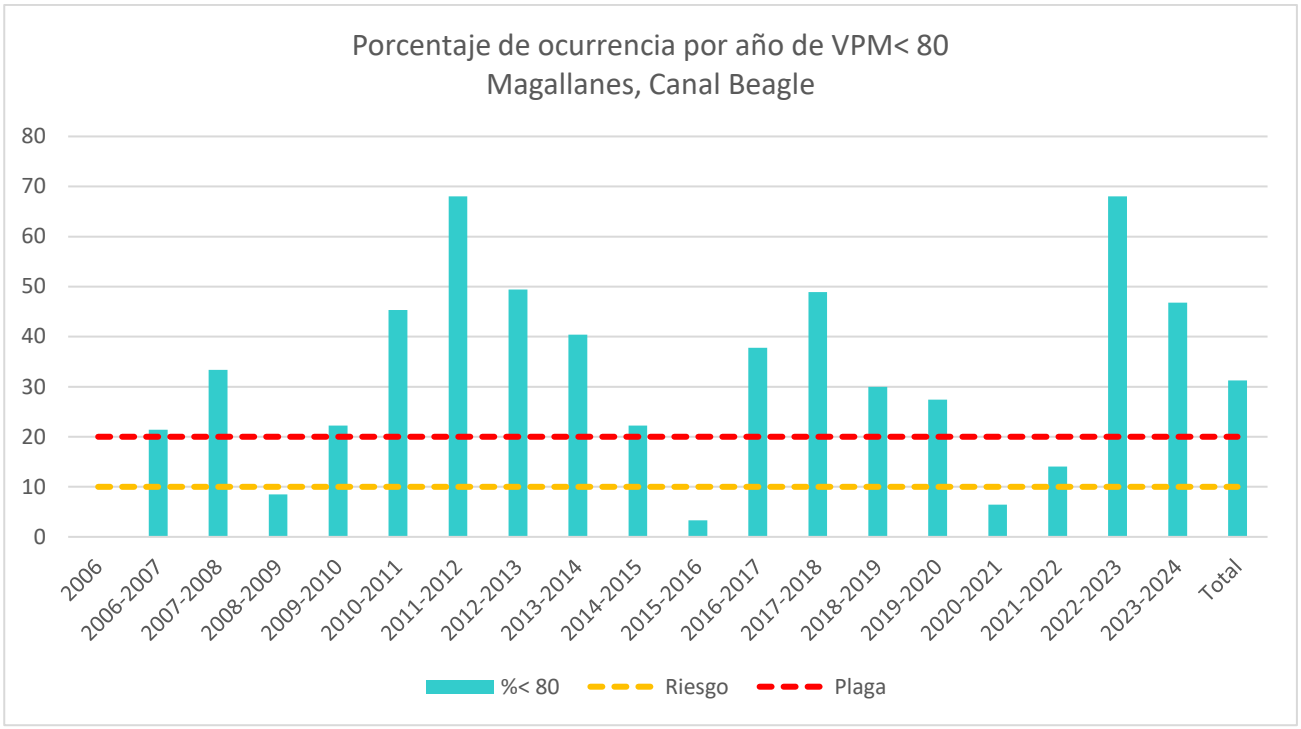


Figura 36: Porcentaje de ocurrencia anual de VPM < 80 µg por cada 100 gr de carne

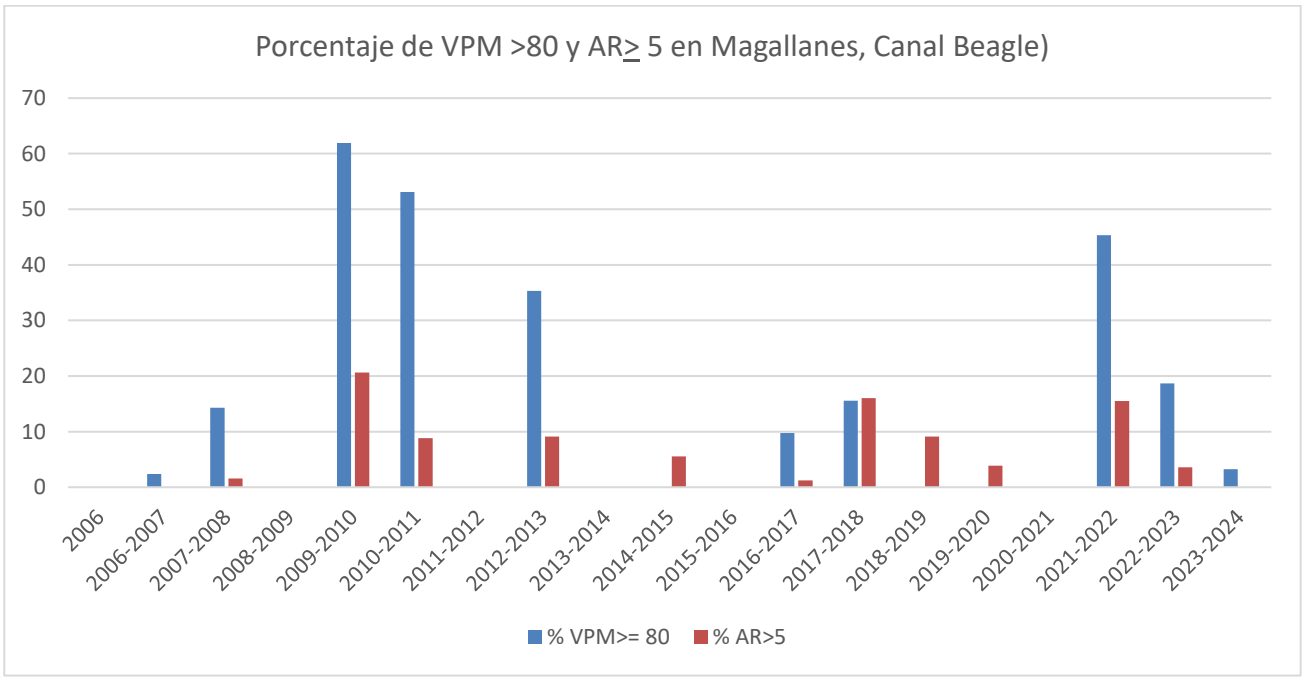


Figura 37: Porcentaje de estaciones con VPM ≥80 y Abundancia relativas (AR) de Alexandrium catenella ≥ 5 en

6 CATEGORIZACIÓN DE ÁREAS DE PLAGA Y RIESGO PLAGA PARA *Alexandrium catenella*

Con el objeto de poder categorizar cada uno de los sectores, se calculó el porcentaje de ocurrencia de VPM de los 18 años de monitoreo para cada uno de los sectores (tabla 5), tanto para concentraciones mayores a 80 µg de VPM (figura 38), como para las concentraciones inferiores a este límite (figura 39).

Adicionalmente, la figura 40 muestra el porcentaje total de ocurrencia de toxina, sobre y bajo la norma, pudiéndose apreciar claramente el grado de afectación de cada sector. El sector más afectado con un porcentaje de ocurrencia total sobre el 90% es Aysén sur, por el contrario, los sectores menos afectados, dentro del área declarada FAN, son el Estero Pitipalena (RMB) y la parte norte del Canal Messier (Tortel), con un porcentaje de ocurrencia del 2 y 11% respectivamente.

Tabla N°5: Porcentaje de ocurrencia por sector de VPM sobre y bajo la norma

Sector	%>= 80	%< 80
ChN	0	0
ChC	0	0
ChS	1	3
RMB	0	2
ChSLF-GN	11	22
AyN	29	39
AyC	24	46
AyS	48	43
Tortel	3	8
MgN	10	27
MgC	20	24
MgE	10	15
MgB	14	31

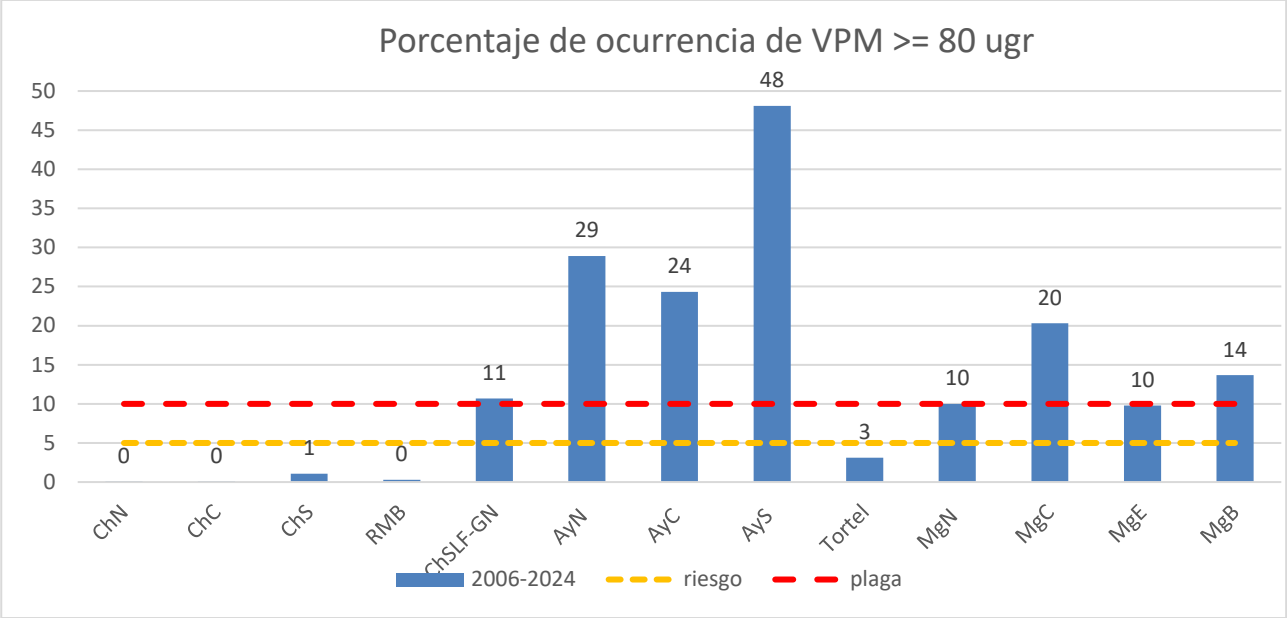


Figura 38: Porcentaje de ocurrencia total de VPM ≥ 80 µg de SXT equivalente por cada 100 gr de carne, por sector, para la serie de tiempo 2006-2024, en amarillo el límite para la categoría riesgo y en rojo para la categoría plaga.

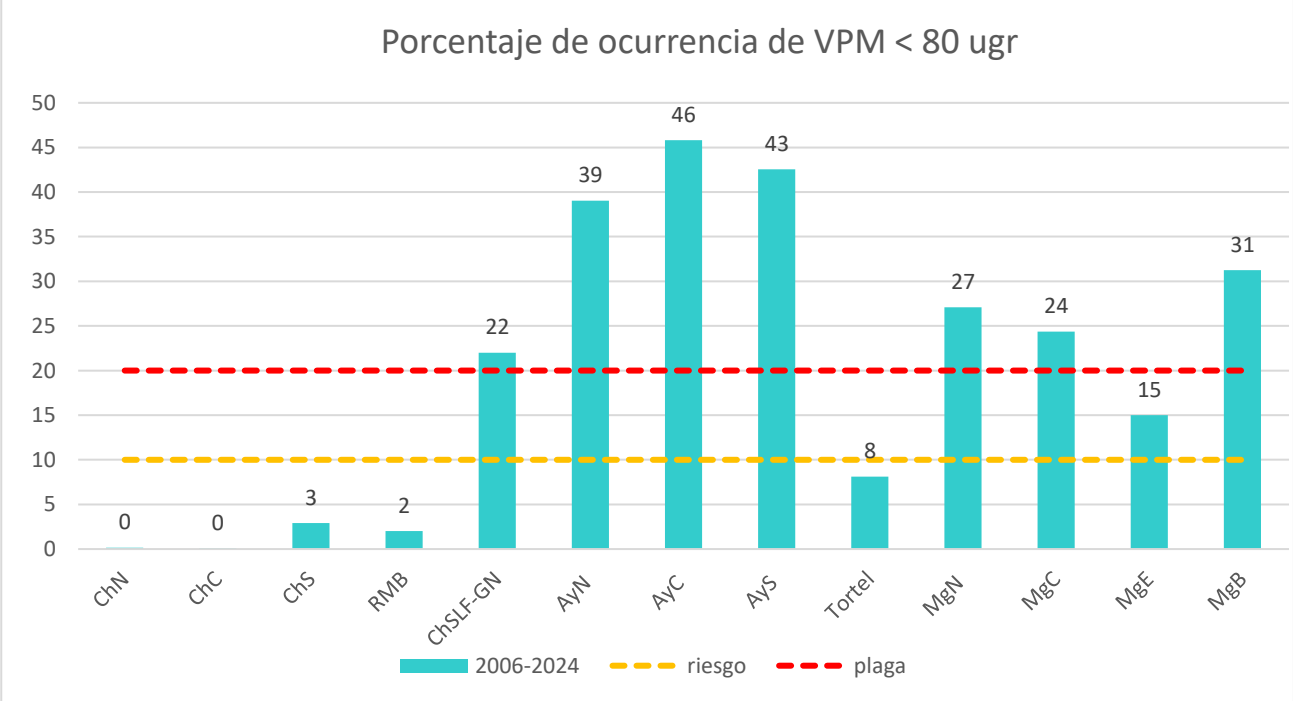


Figura 39: Porcentaje de ocurrencia total de VPM < 80 µg de SXT equivalente por cada 100 gr de carne, por sector, para la serie de tiempo 2006-2024, en amarillo el límite para la categoría riesgo y en rojo para la categoría plaga.

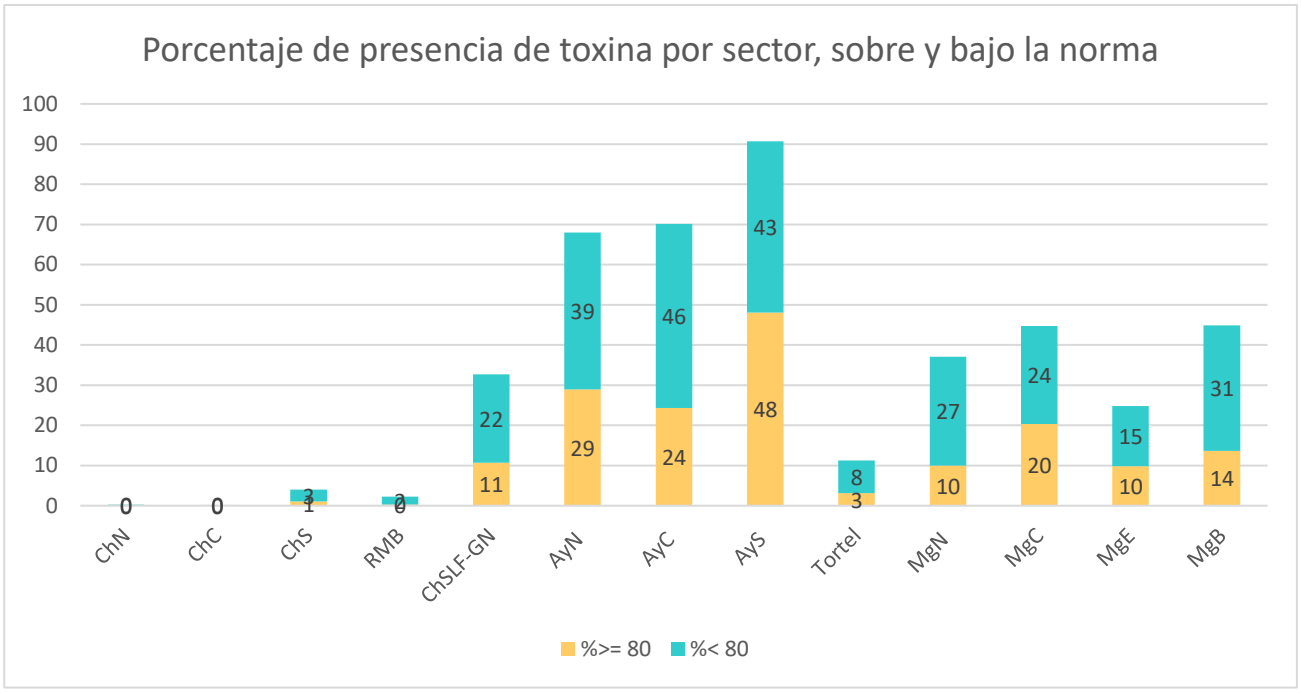


Figura 40: Porcentaje total de ocurrencia de VPM por sector, considerando el periodo 2006-2024

En la figuras 38, 39 y 40 se puede apreciar que los sectores de la eco-región de Los lagos tienen un bajo porcentaje de ocurrencia de VPM, por lo que no cumplen con los criterios para ser declarado área FAN, en cambio la eco-Región Aysén tiene un porcentaje de ocurrencia muy superior a los límites establecidos, por lo que debe ser categorizada como área Fan en categoría de plaga. En la eco-región de Magallanes, los eventos ocurridos está última temporada generan un cambio de categoría en los sectores norte, centro y estrecho de magallanes, que pasan de área FAN en riesgo de plaga a área FAN en categoría plaga. Por su parte, el sector de canal Beagle se mantiene en categoría plaga.

En cuanto, a la clasificación de los sectores que se encuentran inmersos dentro del área FAN, pero tienen un bajo porcentaje de ocurrencia como Raúl Marín Balmaceda, Tortel y el Golfo de penas, se recomienda mantener su categoría de Área FAN en riesgo de Plaga, dada su ubicación geográfica.

En consecuencia, la propuesta es declarar área de FAN, entre los paralelos 43°22´S y 55°20´S, es decir, desde el sur de la región de Los Lagos hasta el sur del Canal Beagle, ya que más al sur no se cuenta con información. Dentro de esta área, la propuesta de categorización por sector se detalla en la tabla N° 6.

Tabla N°6. Categoría de cada uno de los sectores estudiados en base a los criterios propuestos en la tabla 4 y el porcentaje de ocurrencia.

Sector	Categoría en base al porcentaje de ocurrencia 2006-2024				Categoría según ubicación geográfica	Categoría Final
	% ocurrencia VPM ≥ 80	Categoría VPM ≥ 80	% ocurrencia VPM < 80	Categoría VPM < 80		
Chiloé Norte (ChN): Estero y S. Reloncavi, C. Chacao 41°30' a 42°S	0	No declarado	0	No declarado	No declarado	**No declarado**
Chiloé Centro (ChC): Islas Chauques y Desertores, 42°S a 42°48'S	0	No declarado	0	No declarado	No declarado	**No declarado**
Chiloé Sur (ChS): isla Tranqui, Quellón 42°48'S a 43°22'	1	No declarado	3	No declarado	No declarado	**No declarado**
Raúl Marín Balmaceda (RMB): Estero Pitipalena,	0	No declarado	2	No declarado	Riesgo	**Área FAN Riesgo**
Chiloé sur Línea FAN e Islas Guaitecas Norte (ChSLF-GN): 43°22' a 44°S	11	Plaga	22	Plaga		**Área FAN Plaga**
Aysén norte (AyN): A. los Chonos, Puyuhuapi, Jacaf. 44°S a 44°30'	29	Plaga	39	Plaga		**Área FAN Plaga**
Aysén Centro (AyC) : islas Huichas, 44°30S a 45°30S'	24	Plaga	46	Plaga		**Área FAN Plaga**
Aysén sur (AyS): C. Errazuriz, C. Costa, 45°30' a 46°33'S.	48	Plaga	43	Plaga		**Área FAN Plaga**
Aysén:Golfo de Penas 46°33'a 47°40'S		No declarado		No declarado	Riesgo	**Área FAN Riesgo**
Aysén Tortel (AyT): Boca Canal Messier 47°40'S a 48°30	3	No declarado	8	No declarado	Riesgo	**Área FAN Riesgo**
Magallanes norte (MgN): C. Messier – C. Wide, 48°30´S a 50°30´S	10	Plaga	27	Plaga		**Área FAN Plaga**
Magallanes centro (MgC): C. Sarmiento – S. Smyth 50°30´S a 52°30´S	20	Plaga	24	Plaga		**Área FAN Plaga**
Estrecho de Magallanes (MgE) 52°30´S a 54°30´S	10	Plaga	15	Riesgo		**Área FAN Plaga**
Magallanes Canal Beagle (MgB): 54°30´S a 55°15´S	14	Plaga	31	Plaga		**Área FAN Plaga**

7 CONCLUSIONES.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, es posible concluir:

7.1 El análisis de franjas latitudinales más pequeñas permite visualizar mejor las características particulares de cada sector.

7.2 La utilización de los niveles de toxina paralizante (VPM) sobre y bajo la norma, son criterios adecuados para declarar y categorizar un Área de FAN, ya que los valores sobre la norma dan cuenta del efecto perjudicial de la especie en comento y los valores de toxina bajo la norma dan un indicio del riesgo de una posible nueva floración.

7.3 La Eco Región de Los Lagos no cumple con los criterios para ser declarada área de FAN, en ninguna de sus categorías.

7.4 La Eco-Región de Raúl Marín Balmaceda ha presentado toxinas sólo durante las floraciones de gran magnitud, prácticamente sin presencia de toxina en los últimos años. No obstante, como se encuentra inmersa en un área de plaga, se recomienda mantener su categoría de área FAN en riesgo de plaga.

7.5 Todos los sectores de la eco-región de Aysén sobrepasan ampliamente los criterios establecidos, por lo cual esta eco-región constituye un área FAN en categoría plaga.

7.6 A pesar de que no se cuenta con monitoreo ni información sobre el Golfo de Penas, se recomienda mantener su declaración como área de FAN, en riesgo de plaga, en consideración a que se encuentra entre dos áreas FAN.

7.7 Durante el periodo 2022-2024, hubo importantes floraciones de *Alexandrium catenella*, asociados a altos valores de toxina paralizante (VPM) en la Eco-región de Magallanes, por lo que todos los sectores de esta eco-región cumplen con los requisitos para ser declarados como área FAN en categoría plaga, a diferencia de la declaración anterior donde la parte norte y centro fue categorizada en riesgo de plaga.

7.8 De acuerdo con el análisis latitudinal presentado, se recomienda renovar el área de FAN desde el paralelo 43°22´S al 55°20¨S, categorizándolos sectores de acuerdo a lo que se indica en la tabla 7, los cuales pueden ser visualizados espacialmente en las figuras 41 y 42.

7.9 Con relación al Programa de vigilancia, detección y control de *Alexandrium catenella*, se sugiere que el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, considere mantener las medidas del artículo 11, las que corresponden a los literales, d), e), f), h) e i), del D. S. (MINECON) N° 345, de 2005, sin perjuicio de otras medidas que el Servicio considere pertinentes en el ámbito de sus competencias.

Figura 41: Área Fan de *Alexandrium catenella* (en naranjo categoría plaga, en amarillo riesgo de plaga)

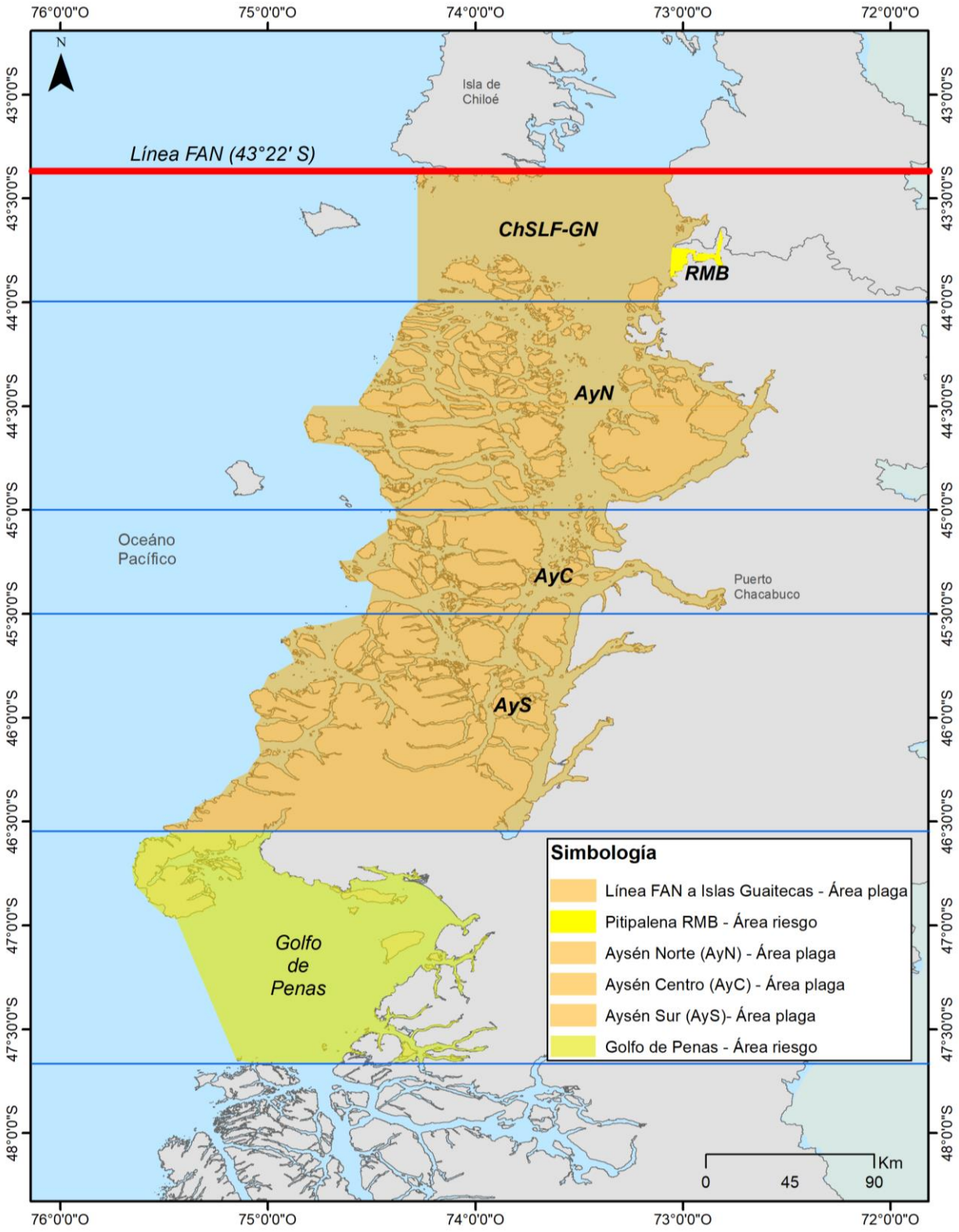


Figura 42: continuación Área Fan de *Alexandrium catenella* (en naranjo categoría plaga, en amarillo riesgo de plaga)

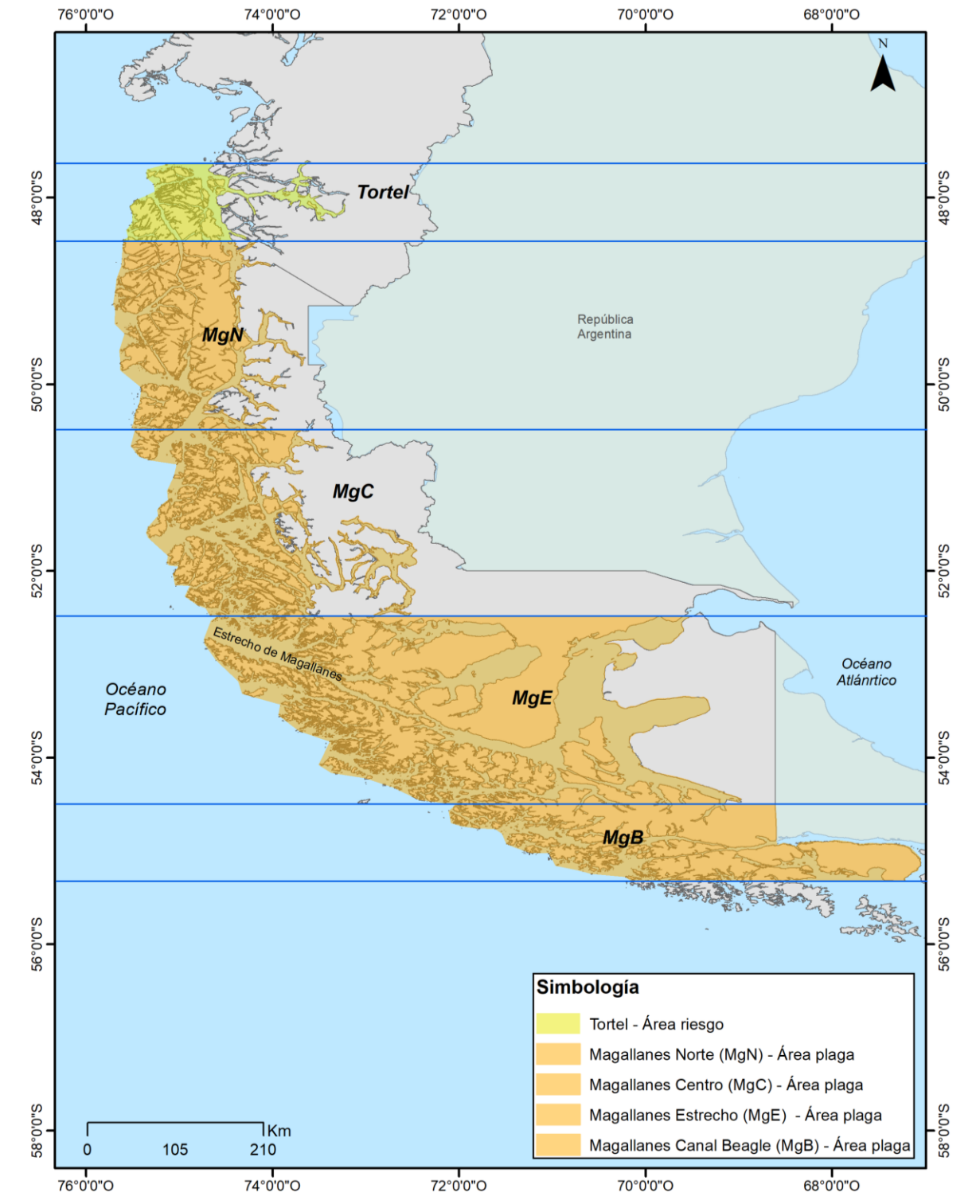


Tabla N°7. Categorización de cada sector dentro del área FAN.

Nombre sector	Lugar geográfico referencial	Latitud	Categoría
Sur Línea FAN (ChSLF-GN)	Boca del Guafo e Islas Guaitecas Norte	43°22’ a 44°S	Área FAN, en categoría Plaga
Raúl Marín Balmaceda (RMB)	Estero Pitipalena,	43° 44' 29"S; 73° 03' 00" W 43° 51' 21"S; 73° 03' 00” W	Área FAN, en riesgo de plaga
Aysén norte (AyN)	Arch. los Chonos, canales Puyuhuapi y Jacaf.	44°S a 44°30’ S	Área FAN, en categoría Plaga
Aysén Centro (AyC)	Iislas Huichas,	44°30' S a 45°30' S	Área FAN, en categoría Plaga
Aysén sur (AyS)	C. Errazuriz y C. Costa,	45°30’ S a 46°33’S	Área FAN, en categoría Plaga
Golfo de Penas	Península Taitao - Golfo de Penas	46°33’S a 47°40’S	Área FAN, en riesgo de plaga
Aysén Tortel (AyT)	Boca Canal Messier	47°40’ S a 48°30' S	Área FAN, en riesgo de plaga
Magallanes norte (MgN)	C. Messier – C. Wide,	48°30´S a 50°30´S	Área FAN, en categoría Plaga
Magallanes centro (MgC)	C. Sarmiento – S. Smyth	50°30´S a 52°30´S	Área FAN, en categoría Plaga
Magallanes Estrecho (MgE)	Estrecho de Magallanes	52°30´S a 54°30´S	Área FAN, en categoría Plaga
Magallanes Canal Beagle (MgB)	Canal Beagle	54°30´S a 55°15´S	Área FAN, en categoría Plaga

MINISTERIO DE ECONOMÍA SUBS. DE PESCA Y ACUICULTURA
JEFA DIVISIÓN DE ACUICULTURA

CONSTANZA SILVA HERNANDEZ
Jefa División de Acuicultura

ABP/PVT/pvt

Referencias:

Álvarez, G., Díaz, P. A., Godoy, M., Araya, M., Ganuza, I., Pino, R., Álvarez, F., Rengel, J., Hernández, C., Uribe, E., & Blanco, J. 2019. Paralytic shellfish toxins in surf clams Mesodesma donacium during a large bloom of Alexandrium catenella dinoflagellates associated to an intense shellfish mass mortality. https://doi.org/10.3390/toxins11040188.

Buschmann, A., Farías, L., Tapia, F., Varela, D., & Vásquez, M. 2016. Comisión Marea Roja. Informe Final. Universidad de Los Lagos. 64p.

Guzman, L., et al 2023. Programa de manejo y monitoreo de las mareas rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile, XVI etapa 2022-2023. Informe final Convenio Desempeño 2023 IFOP-SUBPESCA.

Guzman, L., et al 2024. Programa de manejo y monitoreo de las mareas rojas en el sistema de fiordos y canales de Chile, XVII etapa 2023-2024. Informe final Convenio Desempeño 2023 IFOP-SUBPESCA.

Mardones, J. I., Dorantes-Aranda, J. J., Nichols, P. D., & Hallegraeff, G. M. 2015 Fish gill damage by the dinoflagellate Alexandrium catenella from Chilean fjords: Synergistic action of ROS and PUFA. https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.09.001.