

INFORME TÉCNICO D. AC. N° 341/ 27.03.2018

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

1. Introducción.

En el marco del Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas, D.S. (MINECON) N° 345 de 2005 y sus modificaciones, y atendiendo la R. Ex. N° 177 de 2009 que fuera renovada por las R. Ex. N° 205 de 2011, posteriormente por la R. Ex. N° 2826 2012, renovada en el año 2014 mediante R. Ex. N° 3575, cuya vigencia se amplió mediante la R. Ex. N° 4084 de 2016 y la R. Ex. N° 1770 de 2017, todas de esta Subsecretaría, es que en el presente Informe Técnico se replantea el área de FAN de *Alexandrium catenella* (especie plaga), como también las áreas de riesgo de plaga y área de plaga dentro de esta misma área.

Para la presente propuesta se analizaron los resultados del Programa Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, este estudio es ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en conformidad con lo establecido en el Título VII artículo N°92 de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LPGA). Se consideraron todas las etapas realizadas desde el año 2012 hasta el año 2016, más los meses de enero a junio de 2017. Se analizaron los resultados de todas las macrozonas del citado programa, en las cuales se considera el área declarada bajo categoría de plaga, el área declarada en riesgo de plaga y áreas no declaradas, el análisis consideró las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* y los resultados reportados por los laboratorios de salud pública ambiental y laboral, del Ministerio de Salud, en atención a los niveles de toxinas en los recursos hidrobiológicos considerados organismos centinelas para veneno paralizante de los mariscos o VPM, en el marco del mismo programa.

2. Fuentes de información.

El origen de los datos analizados en la presente propuesta, respecto de la información de las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* fueron determinadas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en el marco del convenio de este Instituto con la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. Cabe señalar que de acuerdo al artículo 92 de la ley, literal d), se indica que el programa de investigación deberá considerar, entre otras materias, el monitoreo o seguimiento de las especies hidrobiológicas que constituyan plaga.

Los datos del veneno paralizante de los mariscos (VPM), se obtuvieron en el marco del mismo programa, el cual considera la extracción de recursos bentónicos dentro del Sub Programa Regular, los cuales son analizados por los laboratorios de salud pública ambiental y laboral, del Ministerio de Salud, en las regiones X, XI, y XII, lo cual se realiza de acuerdo a las directrices del Reglamento Sanitario de los Alimentos, D.S. (MINSAL) N° 977 de 1996.

Se consideró toda la información generada en las etapas del programa realizadas desde el año 2012 hasta el año 2016, más los meses de enero a junio de 2017

2.1 Monitoreo de *Alexandrium catenella*

Desde el año 2006 el IFOP ejecuta el "Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas", el cual se estructura en 3 subprogramas, cada uno con un sector y frecuencia de muestreo particular, los Subprogramas se denominan; Regular, Vigilancia y Fiscalización y Raúl Marín Balmaceda (Anexo 1, Fig. 1; 2, y 3). La extensión de cada programa es desde marzo de un año, a febrero del año siguiente. El programa considera una red de estaciones de monitoreo que va desde la Región de Los Lagos (Estuario de Reloncaví), considera el mar interior de Chiloé, hasta los fiordos y canales de la Región de Aysén y la Región de Magallanes, existiendo una zona geográfica en la cual no existen estaciones, por ser una zona de difícil acceso logístico, con escasa actividad extractiva, sin presencia de actividad acuícola, esto es en la zona del golfo de Penas. Para el análisis se consideró un total de 201 estaciones de monitoreo.

En el caso del Subprograma Regular el muestreo se realiza con una frecuencia de 30 días, con un receso invernal de 45 días aproximadamente (meses de julio-agosto). Se consideran 42 estaciones para la X Región, 75 estaciones para la XI Región y 61 estaciones para la XII Región. Para los Subprogramas de Vigilancia y Fiscalización, y de Raúl Marín Balmaceda, la frecuencia de muestreo para este grupo de estaciones es cada 10 días aproximadamente, con un receso invernal de 30 días. La localización de las estaciones del Subprograma de Vigilancia se ubica en el sur de Chiloé, a lo largo del canal Moraleda y en Melinka, considera 17

estaciones de monitoreo. En cuanto al Subprograma de Raúl Marín Balmaceda se encuentra en Estero Pitipalena, al norte de la Región de Aysén, considerando 6 estaciones de monitoreo.

El muestreo de fitoplancton se realiza en todas las estaciones de cada subprograma para las tres regiones donde se ejecuta el estudio. Se considera la realización de análisis cualitativos y cuantitativos de fitoplancton según la siguiente metodología:

- i. **Muestreo cualitativo:** el fitoplancton es recolectado en todas las estaciones mediante arrastres verticales desde 20 m de profundidad como máximo hasta la superficie o según profundidad del lugar, usando una red de trama de malla de 23 μm . Los arrastres son realizados en triplicado (3 réplicas), en dos lugares en cada punto de muestreo de cada estación, separados entre sí por aproximadamente por 300 m. Las muestras se fijan con formalina neutralizada al 2-3% y en cada punto se conforma una sola muestra (i.e. una muestra integrada de seis arrastres).
- ii. **Muestreo cuantitativo:** la recolección se realiza muestreando la columna de agua entre los 20 m de profundidad y superficie, utilizando una manguera de 2,5 cm de diámetro. La columna de agua se fracciona en dos estratos; el primer estrato de superficie a 10 m y el segundo estrato de 10 a 20 m de profundidad (se recolecta una muestra por estrato).

En cuanto al análisis de fitoplancton, se realiza de la siguiente manera:

- i. **Análisis cualitativo:** se utilizan microscopios ópticos de campo luminoso, a 100x y 400x, dotados con condensador de contraste de fase y equipo de epifluorescencia. Se realiza la estimación de la abundancia relativa de; *Alexandrium catenella*, *Alexandrium ostenfeldii*, *Alexandrium cf. tamarense*, *Dinophysis acuta*, *Dinophysis acuminata*, *Protoceratium reticulatum*, *Pseudo-nitzschia cf. australis* y *Pseudo-nitzschia cf. pseudodelicatissima*, para lo cual se contabiliza el número de células en una alícuota de 0,1 ml tomada desde una muestra sedimentada, bajo un cubre-objeto de 18 x 18 mm (3 réplicas). Sin perjuicio de lo anterior, se identifican todas las microalgas contenidas en la muestra al nivel de especie, y en los casos que no sea posible hasta el menor nivel taxonómico.
- ii. **Análisis cuantitativo:** las muestras son contabilizadas a nivel específico en cámaras de sedimentación, cuyo volumen es seleccionado de acuerdo a la concentración de la muestra. La cámara más utilizada es la de 10 ml. Para el recuento celular se aplica la técnica de Utermöhl (1958), en microscopios invertidos complementados con equipo de contraste de fase.

Los resultados cualitativos y cuantitativos son entregados con las unidades de medición correspondientes, indicando su presencia o en escalas de abundancia relativa según lo indicado para cada especie (Tabla 1), y en unidades de densidad para resultados cuantitativos. Estos resultados son entregados por estación y cruceo, según corresponda por subprograma.

Tabla N°1. Escala para la abundancia relativa para *Alexandrium catenella* (especie plaga)

ESCALA		Abundancia relativa de <i>Alexandrium catenella</i>
AUSENTE	0	0
RARO	1	1 - 2
ESCASO	2	3 - 10
REGULAR	3	11 - 42
ABUNDANTE	4	43 - 170
MUY ABUNDANTE	5	171 - 682
EXTREMADAMENTE ABUNDANTE	6	683 - 2730
HIPER ABUNDANTE	7	2731 - 10922
ULTRA ABUNDANTE	8	10923 - 43690
MEGA ABUNDANTE	9	43691 - 174762

2.2 Monitoreo del Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM).

Para el monitoreo del VPM, se realizaron muestreos de recursos hidrobiológicos, considerando la temporalidad del Subprograma Regular en las tres Regiones administrativas. Se ha determinado la extracción de recursos centinela, los cuales corresponden a moluscos bivalvos, pues dadas sus características biológicas son capaces de acumular con mayor rapidez el VPM que otros recursos, a la vez que tienen importancia en la acuicultura o la pesca extractiva. Estos recursos corresponden principalmente a ejemplares adultos de cholga (*Aulacomya atra*), chorito (*Mytilus chilensis*) y almeja (*Venus antiqua*).

Los organismos son obtenidos mediante buceo, en determinados sectores asociados a los mismos puntos de monitoreo de *A. catenella*. Las muestras son inmediatamente refrigeradas o congeladas y trasladadas a los laboratorios de salud pública ambiental y laboral de cada Secretaría Ministerial de Salud en donde se realiza la determinación de VPM siguiendo las directrices del Reglamento Sanitario de los Alimentos, D.S. (MINSAL) N° 977 de 1996. Cabe señalar que el Ministerio de Salud considera que cuando en 100 gramos de recurso se

detectan desde 80 ug de VPM esto es tóxico para el consumo humano, teniendo así la facultad de prohibir la extracción, transporte y comercialización de recursos hidrobiológicos.

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 - 2014 para determinar área FAN y categorización de área de plaga y de riesgo de plaga.

Mediante el Informe Técnico D. Ac. N°2160 de 2008, que fundó la primera declaración de área de florecimiento algal nocivo (FAN) para la especie *Alexandrium catenella* (Resolución Exenta N°177 de 2009), se estableció el criterio para determinar un área de FAN, y los parámetros a partir de los cuales dentro de un área de FAN se considerará área de plaga o de riesgo de plaga.

De acuerdo con lo anterior, se planteó que la frecuencia temporal, en escala anual, daría indicios de la persistencia u ocurrencia de los eventos de FAN. Aquellas zonas donde se habría presentado la especie plaga a los menos durante dos años consecutivos, podrían constituir un área de FAN. Dentro de un área de FAN, para determinar área de riesgo de plaga o área plaga, se han utilizado los criterios de cobertura espacial y abundancia relativa. De esta forma se consideró que abundancias relativas (AR) iguales o mayores a 3, en más del 50% de los cruceros de monitoreo que componen un programa o subprograma, es criterio para categorizar una zona como área plaga, mientras que valores entre 1 y hasta 2, en menos del 50% de las estaciones que componen un programa o subprograma, era criterio para categorizar una zona como en riesgo de plaga. Para zonas libres se utilizaba 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 Nuevos criterios propuestos para determinar área de FAN y categorización de área de plaga y de riesgo de plaga.

La categorización de las distintas zonas que abarca el programa de monitoreo, consistió en declarar, como primer nivel, el Área de FAN utilizando lo que se definió en el punto 3 del Informe Técnico D. Ac. N° 2168 de 2008, esto es "Una vez definida el área FAN se podía declarar dentro de ella Área de riesgo de plaga o área de plaga, utilizando para ello sólo el análisis de cobertura espacial de las abundancias relativas, durante un periodo de dos años. Este tipo de análisis estadístico no considera los efectos de la especie declarada plaga, ni la duración en el tiempo de los eventos FAN en los sectores declarados en alguna de las categorías antes mencionadas. En el mismo informe técnico, se sugiere incluir en el análisis de la información la frecuencia temporal de las abundancias relativas.

Así las cosas, el presente informe técnico se hace cargo esta situación, al incluir en el análisis para la toma de decisión nuevos antecedentes y análisis, como la frecuencia temporal de las abundancias relativas de *A. catenella* para cada estación y sector considerado en el programa de monitoreo ejecutado por IFOP y la cobertura espacial y frecuencia temporal de las concentraciones de VPM, que alcancen o superen la norma de 80 µg/100 gr de carne, reportadas por el MINSAL para los organismos centinelas muestreados en las mismas estaciones y sectores del programa de monitoreo. A esto se suma el aumentar la serie de tiempo analizada de 2 años a 5 años, permitiendo esto evidenciar el comportamiento y los efectos de más de un evento FAN en los sectores evaluados.

Igualmente se consideraron las observaciones recibidas al informe técnico D. Ac. N° 441 de 2017, reuniones y mesas de trabajo realizadas en las ciudad de Ancud y Quellón, con los principales actores de las actividades económicas impactadas por las FAN, Como resultado de lo indicado anteriormente se ha modificado e incluido nuevas variables respecto de los criterios y supuestos necesarios para declarar área de FAN y la categorización de riesgo de plaga y de plaga dentro de la misma.

3.2.1 Zonificación

Se propone desestimar los análisis considerando límites regionales administrativos, y en vez de ello dividir las áreas monitoreadas, para efectos de análisis de resultados y categorizaciones de áreas, en sectores utilizando el concepto de Eco Región, el cual da cuenta de la agrupación de las de estaciones de monitoreo, en atención a componentes

hidrográficos, oceanográficos y/o geográficos, y al comportamiento o distribución que *A. catenella* puede tener en la columna de agua.

Las Eco-Regiones definidas corresponden a la Eco-Región de los Lagos (anexo 1, figura 1), la Eco-Región RMB (anexo 1, figura 2), la Eco Región de Aysén (anexo 1, figura 2) y la Eco Región de Magallanes (anexo 1, figura 3). Para la definición de estas se consideraron los patrones de circulación general descritos por Silva et al, 1998, entre las Regiones de Los Lagos y de Aysén (Figura 1), para los demás casos se consideraron las características geográficas y particularidades del territorio.

Cabe considerar que respecto al comportamiento o distribución de *A. catenella* y de otras microalgas, las interacciones físico-biológicas son muy importantes en la determinación de los patrones de presentación de las floraciones algales o *Blooms*. La dinámica poblacional de *A. catenella* está fuertemente relacionadas a la hidrodinámica medioambiental con tres enfoques básicos, primero las propiedades del agua como temperatura, salinidad y nutrientes entre otros, segundo, la distribución espacial de las poblaciones de *A. catenella* en sí misma, las cuales están constantemente redistribuyéndose por las corrientes marinas y por último la capacidad de esta especie de direccionar el movimiento y potenciar el efecto de la corrientes marinas en su dispersión.

El comportamiento de las poblaciones de *A. catenella* presentes en las regiones monitoreadas responde de diferentes maneras a las diferentes condiciones hidrográficas propias de ciertos sectores, esto se explica por los patrones de circulación que presenta cada área. En la Zona límite de la actual área de FAN, que se ubica al sur del puerto de Quellón, se presenta una situación particular de estos patrones generales de circulación, tal como lo indica Silva et al, 1998 (figura 1), es así que dependiendo del nivel o estrato que se observe, las corrientes marinas entran o sale del mar interior de Chiloé, generándose en esta área un importante sector de mezclas o de transición entre agua proveniente del océano, la zona de fiordos y canales de la región de Aysén, y las agua provenientes del mar interior de Chiloé.

Esta zona de mezcla y transición genera que la población de *A. catenella* responda a la hidrodinámica que presenta el sector tal y como lo hacen las poblaciones de la región de Aysén, concentrándose en la zona sur del actual límite de área FAN. Es por esto que todas las estaciones al sur de este límite son consideradas en el análisis estadístico como parte de la región de Aysén, aunque desde el punto de vista administrativo se ubiquen en la Región de los Lagos. De esta forma se fundamentan las dos Eco Regiones, desde la actual línea de FAN al sur, siendo esta la Eco Región de Aysén, y desde la línea de FAN al norte corresponde la Eco Región de Los Lagos.

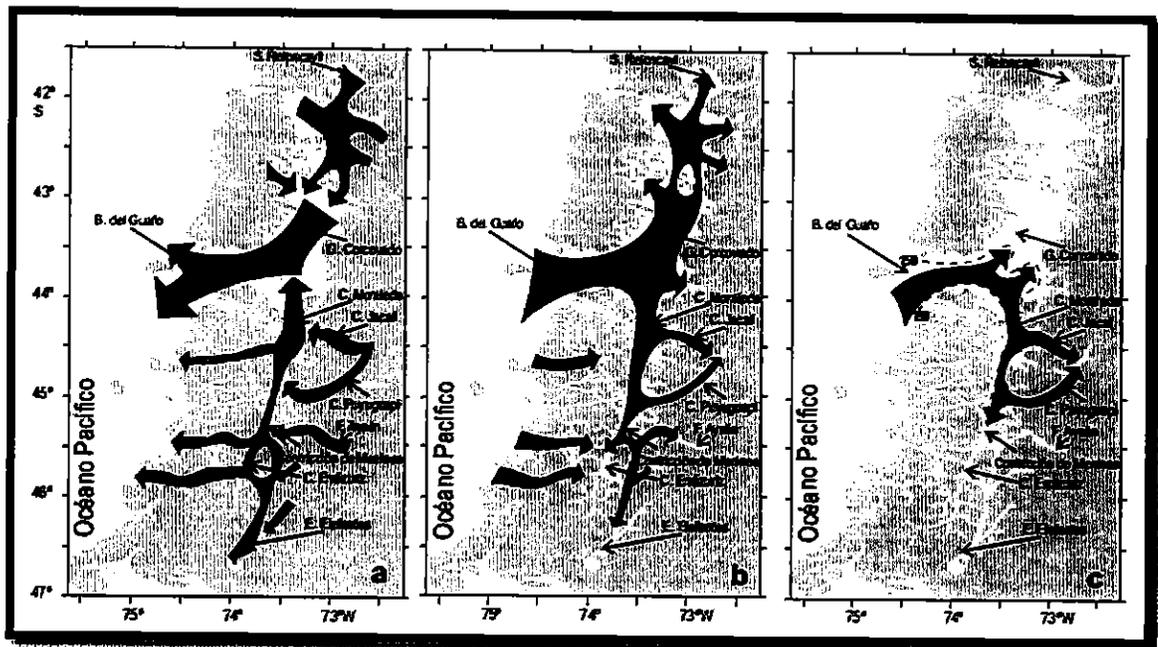


Figura 1. Muestra los patrones de circulación general en la zona límite entre la X Región y la XI Región (tomado de Silva et al, 1998)

La Eco Región de RMB, es considerada como tal por las características hídricas de la zona, en donde la salinidad es mucho menor en atención al aporte de agua dulce que reciben los fiordos de la zona, lo cual hace que sea una zona en la que la salinidad es menor a la que requiere *A. catenella* para proliferar, es por ende que en términos generales el comportamiento de esta especie es diferente en esta zona al resto de la Región de Aysén.

Respecto a la Eco Región de Magallanes, se considerara compuesta por toda la Región de Magallanes, más las estaciones contiguas a esta Región ubicadas en el extremo sur de la Región de Aysén, esto dado por la geografía de esta extensa zona, y en atención a que en la zona el Golfo de Penas no existen estaciones de monitoreo, por las razones ya explicadas.

De esta manera, la propuesta de zonificación dice relación con el comportamiento de las poblaciones de *A. catenella* en respuesta a los procesos hidrográficos y oceanográficos más las características geográficas presentes en los diferentes sectores monitoreados, generando así las Eco Regiones descritas (Tabla 2).

Tabla N°2. Zonificación para el análisis de resultados y categorización de áreas.

Eco Regiones	Programas y Subprogramas del Programa de monitoreo de las Mareas Rojas	Sector geográfico	Descripción	Límites Posición geográfica
Zona 1 (Eco Región de los Lagos)	Programa regular; Chiloé Norte; Chiloé Centro, Chiloé Sur	Mar interior de Chiloé	Desde seno y estuario de Reloncaví hasta actual límite norte del área de FAN	W 73° 57' 08.2 S 41° 31' 22.9" W 72° 17' 34.6" S 41° 29' 52.8"
Zona 2 (Eco Región RMB)	Subprograma Raúl Marín Balmaceda	Estero Pitipalena	Estero Pitipalena	W 73° 02' 54.8" S 43° 44' 17.9" W 73° 02' 18.7 S 43° 50' 52.0"
Zona 3 (Eco Región de Aysén)	Programa regular; Aysén Norte; Aysén Sur; Subprograma Vigilancia	Golfo de Corcovado a Bahía Anna Pink	Límite sur de la Región de los Lagos (actual límite área FAN) y Región de Aysén hasta Bahía Anna Pink	W 74° 46' 03.4" S 43° 21' 43.9" W 73° 04' 00.0" S 43° 22' 00.0"
Zona 4 (Eco Región de Magallanes)	Programa regular Tortel (Aysén), Magallanes Norte; Magallanes Sur; Magallanes Centro	Canal Baker a Canal Beagle	Límite sur de la Región de Aysén hasta Canal Beagle	W 75° 40' 47.0" S 47° 39' 36.7" W 74° 38' 56.6" S 47° 39' 42.1"

3.2.2 Serie de Tiempo.

Se determinó aumentar la serie de tiempo para realizar los análisis y respectivas declaraciones y categorizaciones, para lo cual los datos de monitoreo deben ser de a lo menos 5 años consecutivos, y no de 2 años como se ha realizado en declaraciones previas. De esta forma, es posible considerar una mayor serie de tiempo de los datos, con lo cual es también posible evaluar de mejor manera el comportamiento poblacional (espacial y temporal) de *A. catenella* y sus efectos en los recursos hidrobiológicos. Una serie de tiempo de a lo menos 5 años permite incrementar la posibilidad de que más de un evento de FAN sea considerado en el análisis y así no sobre estimar eventos puntuales.

No obstante, para realizar las correspondientes categorizaciones, los resultados de los análisis deberán dar cuenta de la clasificación que corresponda al menos por dos años

consecutivos, de esta forma se busca que eventos puntuales no sean sobreestimados para efectos de categorización.

3.2.3 Análisis espaciales y temporales de abundancias relativas de *Alexandrium catenella* y del Veneno Paralizante de los Mariscos.

Como nuevo criterio se ha estimado sumar a los análisis, y considerarlos para las respectivas declaraciones, los resultados de la determinación de la concentración del Veneno Paralizante de los Mariscos en los recursos hidrobiológicos utilizados como organismos centinela, de acuerdo a lo descrito en el numeral 2.2 del presente informe técnico. Esto radica en que este factor da cuenta de la expresión de la especie plaga, y de los efectos negativos de la misma.

Para la categorización se consideraron los análisis de la frecuencia temporal de las abundancias relativas de *A. catenella* y la frecuencia temporal y cobertura de los resultados de VPM en cada una de las Eco Regiones definidas en la tabla 2. De esta forma, en el presente análisis, se complementan los criterios previamente establecidos para realizar las declaraciones de área de FAN, y las categorizaciones de área de riesgo de plaga y de área de plaga dentro de un área de FAN.

Para el caso de la frecuencia de monitoreo, se debe considerar una frecuencia menor a 45 días, lo cual igualmente deberá tener la flexibilidad para los casos en los cuales, por diversas razones, no pueda llevarse a cabo esta frecuencia.

Cabe señalar que los análisis de AR consideran los valores registrados de 1, 2, o iguales o mayores a 3, con lo cual se determina la frecuencia temporal y la cobertura. Esta última se determina como indicador de comportamiento y distribución de la especie, pero no se utiliza para las declaraciones, esto dado a que la presencia de la microalga no es suficiente para declarar una zona como de FAN. Al ampliar la serie de tiempo utilizada se sobre estima el efecto de esta variable sobre la dinámica poblacional, por lo que no fue considerada en la matriz de categorización. Para el caso de VPM se consideran los resultados de laboratorio para organismos centinelas, cuando los niveles alcanzaron o superaron el nivel límite exigido por el Ministerio de Salud (80 µg/100 gr de carne), considerando la frecuencia temporal y la cobertura, para este parámetro si se considera la cobertura para las declaraciones, puesto que la detección de VPM es la expresión de la especie plaga, lo cual está relacionado a la presentación de un FAN.

a) Análisis de Frecuencia Temporal:

Corresponde a la detección en escala temporal (%) en que se ha presentado *A. catenella*, y los resultados de VPM en organismos centinela en cada una de las Eco Regiones y sectores monitoreados. Se realizó el análisis a la serie de tiempo considerando cada año calendario por separado, según la siguiente fórmula de cálculo:

$$F = (\sum MP) / M * 100$$

Dónde: F= frecuencia temporal (%)
MP= Muestréos positivos (para AR; 1, 2 o igual o mayor a 3, para VPM niveles iguales o superiores a 80 ug por cada 100 g de recurso).
M= Total de muestréos realizados

El Análisis de frecuencia de las abundancias relativas detectadas para *A. catenella*, y VPM es considerado como un indicador dentro de la matriz de categorización (declaración de áreas), tanto para definir área de FAN, como para la categorización dentro de ella.

b) Análisis de Cobertura Espacial:

Corresponde a la distribución espacial que ha presentado *A. catenella* y a los resultados de VPM en cada una de las Eco Regiones y sectores evaluados. Se realizó una evaluación a la serie de tiempo considerando cada año calendario por separado, según la siguiente fórmula de cálculo;

$$C = EP / E * 100$$

Dónde: C= Cobertura (%)
EP= Estaciones positivas
E= Total de estaciones

Los análisis de cobertura geográfica, para los resultados de VPM en organismos centinela fueron considerados en la matriz de decisión para la categorización de las áreas. En cambio los análisis para las abundancias relativas detectadas para *A. catenella*, fueron considerados

como un indicador de la presencia del alga en los sectores geográficos que componen cada Eco Región, es decir, un indicador de tendencias espaciales.

Dado lo anteriormente expuesto, se construyó la siguiente la matriz (Tabla 3) en la cual se indican los parámetros y criterios numéricos (%) para la categorización de área de FAN, y dentro de ella los indicadores correspondientes para la categorización de área de plaga y de riesgo de plaga. Se debe considerar que esta matriz se aplica sobre los resultados de programa de monitoreo de manera anual, y que tanto los criterios de frecuencia de AR como de VPM deben repetirse al menos por dos años consecutivos para que la zona geográfica sea categorizada en el nivel que corresponda.

Tabla N°3. Criterios para la definición de área de FAN, área de plaga, Y riesgo de plaga, en atención a las abundancias relativas de *Alexandrium catenella* y veneno paralizante de marisco (VPM).

Categorización	Abundancia Relativa (Frecuencia %)			VPM (Frecuencia - Cobertura) % ≥ 80 µg/100 gr carne
	1	2	≥ 3	
Área de FAN	≥ 50	20 ≤ 49	20 ≤ 49	5 ≤ 9,9
Área de Riesgo	≥ 50	20 ≤ 49	20 ≤ 49	5 ≤ 9,9
Área de Plaga	NA	NA	≥ 50	≥ 10

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados de los monitoreos de abundancia relativa de *Alexandrium catenella* para los años 2012- 2017 (junio).

Se analizó la información de abundancias relativas de *Alexandrium catenella*, de acuerdo al Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas en las Regiones de Los Lagos, Aysén, Magallanes y el subprograma Raúl Marín Balmaceda, considerando series de datos desde enero de 2012 hasta junio 2017. Para el análisis se determinó la cobertura espacial (%), y frecuencia temporal (%) por sector dentro de cada Eco Región (tabla n° 2).

4.1.2 Subprograma Regular Eco Región de Los Lagos.

Para la Eco Región de Los Lagos se consideran 3 sectores, denominados Chiloé Norte, Chiloé Centro y Chiloé Sur. Chiloé Norte corresponde al sector ubicado entre las estaciones L01 y L06N4, Chiloé Centro corresponde al sector ubicado entre las estaciones L07 y L14, en tanto Chiloé Sur corresponde al sector ubicado entre los estaciones L16 y L25N1 (Anexo 1, figura 1)

4.1.2.1 Sector Chiloé Norte.

La cobertura espacial de *A. catenella* en este sector sólo ha sido evidenciada cuando han existido grandes florecimientos, caracterizando a este sector con la menor cobertura geográfica registrada en la serie de tiempo estudiada (Figura 2).

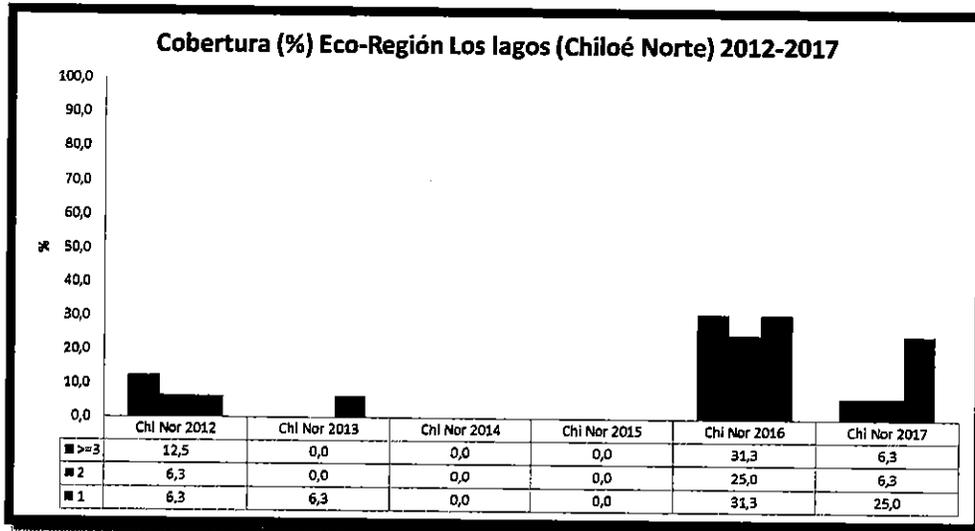


Figura N° 2. Cobertura de abundancias relativas en Chiloé Norte, Eco Región de Los Lagos (2012-2017 junio).

Para el análisis de frecuencia temporal (%) de las abundancias relativas consideradas en el análisis realizado para toda la serie de datos utilizada, ninguno de los años alcanzó los niveles necesarios para ser declarado en alguna de las categorías propuestas indicadas en la tabla N° 3. Sólo se presentan resultados positivos en el nivel de $AR \geq 3$ en tres de los cinco años analizados, cabe destacar que la máxima frecuencia temporal para este nivel de AR se observó el año 2016, alcanzando un 4,4% del total muestreado. Con respecto a los menores niveles de AR evaluados, estos presentan porcentajes aún más bajos en los años con registros positivos (Figura 3).

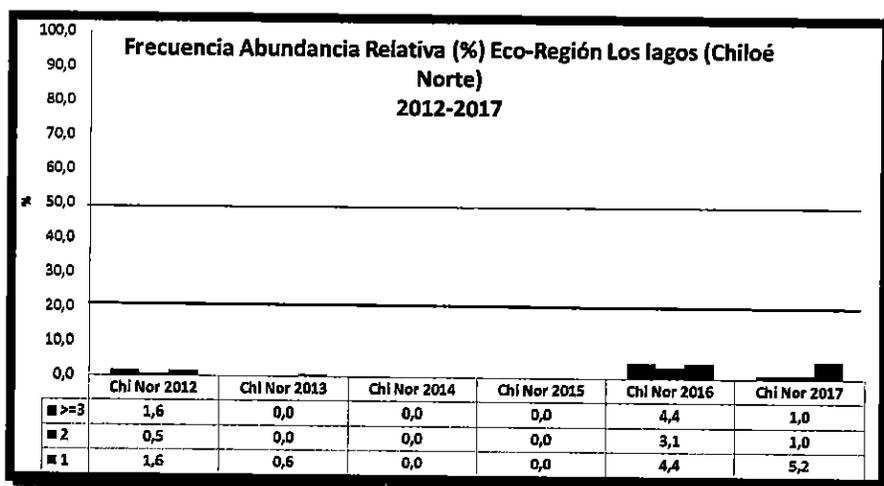


Figura N° 3. Frecuencia de Abundancias relativas en Chiloé Norte, Región de Los Lagos (2012–2017 junio), línea roja indica límite valor de AR 3 y línea negra para AR 1 y 2, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.1.2.3 Sector Chiloé Centro.

La cobertura espacial de *A. catenella* en este sector sólo ha sido evidenciada para los niveles de AR superiores a 3 cuando han existido grandes florecimientos, caracterizando a este sector con la segunda menor cobertura geográfica registrada en la serie de tiempo estudiada. Los resultados para el nivel de abundancia 1 presentan registros positivos en todos los años evaluados (Figura 4).

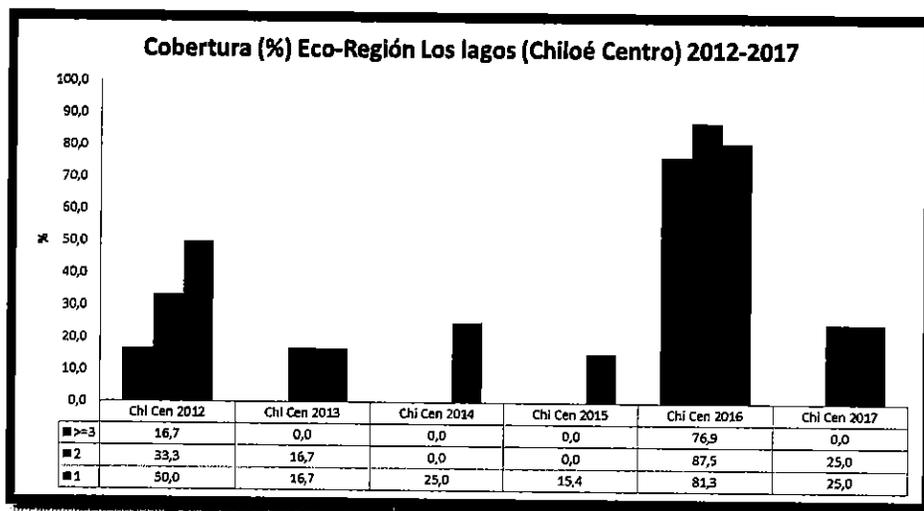


Figura N° 4. Cobertura de Abundancias relativas en Chiloé Centro, Región de Los Lagos (2012-2017 junio).

En términos de la frecuencia temporal, cabe destacar que a pesar del gran evento registrado durante 2016 los niveles de abundancia relativa ≥ 3 alcanzaron sólo el 17,5% de representatividad en los muestreos realizados para ese año. Para los otros dos niveles de abundancia relativa evaluados, existe baja presencia en 4 de los 5 años que contempla la serie de tiempo y que solo el año 2013 supera el límite del 20% (Figura 5).

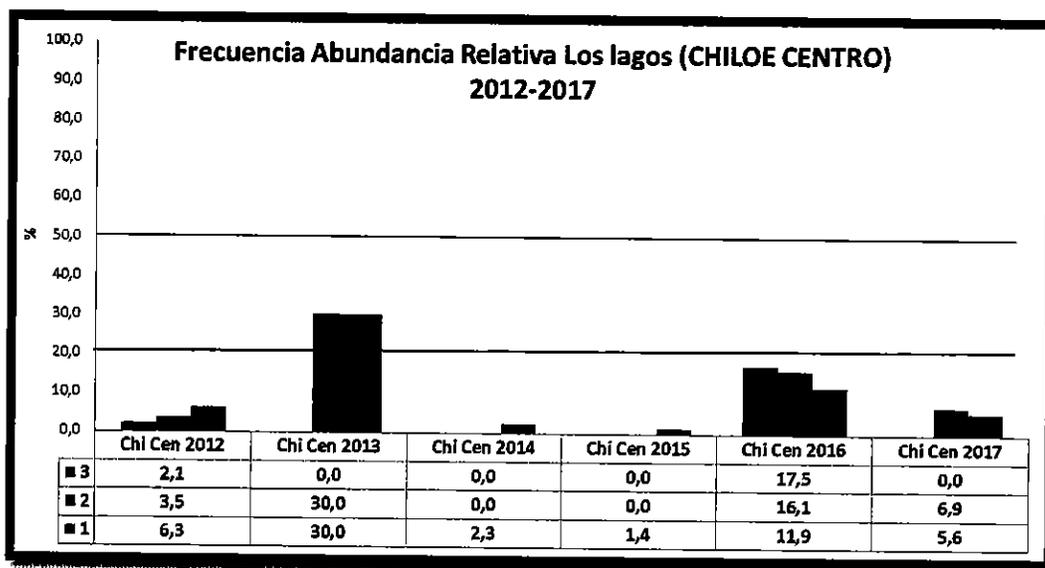


Figura N° 5. Frecuencia de Abundancias relativas en Chiloé Centro, la Región de Los Lagos (2012-2017), línea roja indica límite valor de AR 3 y línea negra para AR 1 y 2, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.1.2.4 Sector Chiloé Sur.

Los resultados del análisis de cobertura de *A. catenella* en Chiloé Sur (al norte del actual límite del área FAN), indican que la micro alga ha estado presente en al menos alguna oportunidad en las estaciones monitoreadas, esto considerando los menores niveles de abundancia relativa evaluadas (niveles 1 y 2). Para los niveles de abundancia relativa iguales o mayores a 3, presenta valores altos en años con floraciones algales de importancia (2012 - 2016), disminuyendo considerablemente en los años posteriores a los eventos (Figura 6).

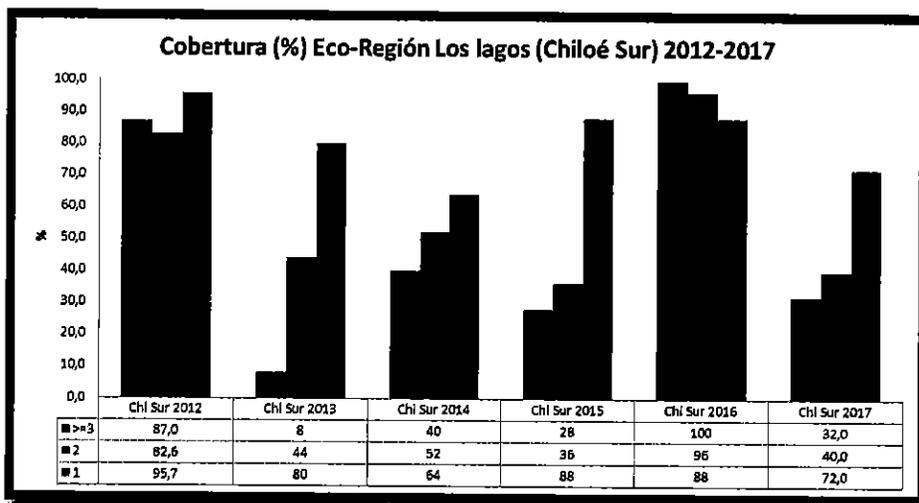


Figura N° 6. Cobertura de abundancias relativas en Chiloé Sur, Eco Región de Los Lagos (2012-2017 junio).

Con respecto a la frecuencia temporal en este sector, el análisis realizado evidencia que el nivel más alto de abundancia relativa (≥ 3) no alcanza el criterio establecido en ninguno de los años considerados, siendo el porcentaje más elevado el calculado para el año 2016 alcanzando un 43,8% de las estaciones. Para los niveles 1 y 2 de abundancia relativa los valores son considerados bajos para todo el periodo en evaluación (Figura 7).

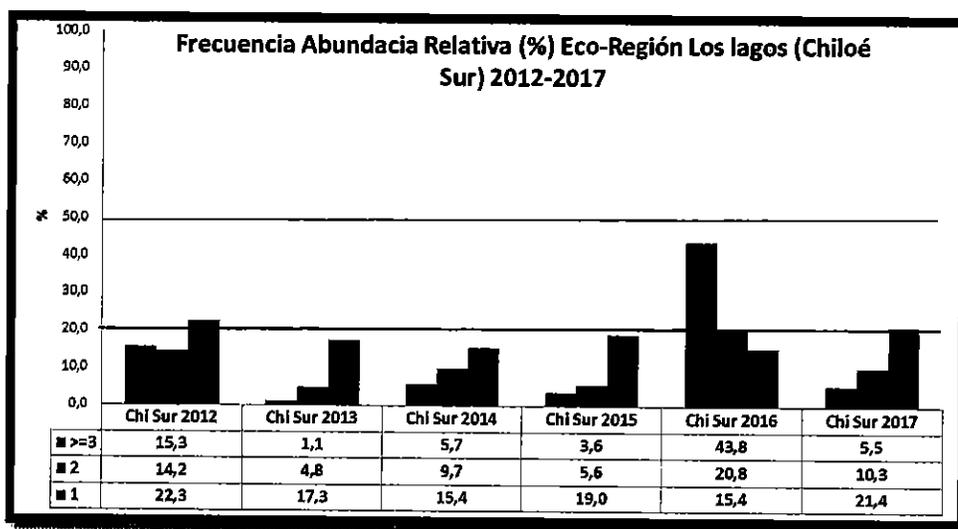


Figura N° 7. Frecuencia de Abundancias relativas en Chiloé Sur, la Región de Los Lagos (2012-2017), línea roja indica límite valor de AR 3 y línea negra para AR 1 y 2, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.1.3 Subprograma Regular Eco-Región de Aysén.

La Eco Región de Aysén, en términos geográficos abarca desde el límite sur de la actual línea del área de FAN hasta el norte del golfo de penas.

El análisis a la cobertura que presenta *A. catenella* en esta Región da cuenta de una importante presencia del alga en el periodo de tiempo evaluado. Las abundancias relativas de niveles más bajo (1 y 2) han permanecido estables sin mostrar ningún tipo de tendencia, situación que cambia al evaluar los resultados para los reportes de abundancia mayores o iguales al nivel 3, donde claramente se observa una tendencia a aumentar las estaciones en los que se reporta *A. catenella* dentro de este rango desde un 71% en el año 2012 hasta el 100% en el año 2016 y un 84% en los primeros 6 meses del año 2017 (Figura 8).

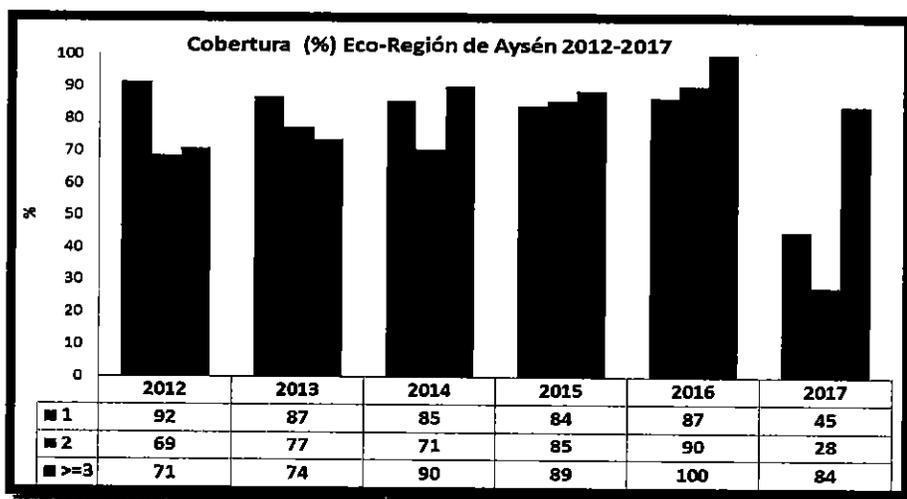


Figura N° 8. Cobertura (%) de Abundancias relativas en la Región de Aysén (2012-2017).

En cuanto a la frecuencia temporal, en esta región se evidencia que los niveles de abundancia relativa más altos evaluados (≥ 3) son lo que cobran mayor importancia en los últimos cuatro años de la serie de tiempo evaluada, junto con esto el resultado del análisis pone de manifiesto la clara tendencia de este rango a aumentar en proporción a la frecuencia temporal que presentan los otros rangos evaluados (Figura 9).

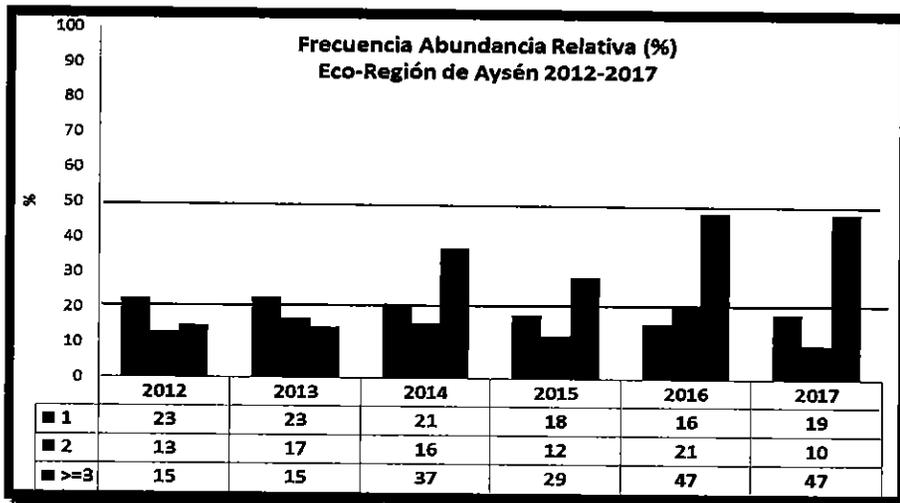


Figura N° 9. Frecuencia (%) de Abundancias relativas en la Región de Aysén (2012-2017), línea roja indica límite valor de AR 3 y línea negra para AR 1 y 2, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.1.4 Subprograma Regular Eco-Región de Magallanes.

La Eco Región de Magallanes, al igual que la Región de Aysén fue considerada para efectos del análisis y evaluación como un solo sector, en el que se incluyó el área de Tortel, esto explicado por encontrarse estas estaciones al sur del hito geográfico golfo de Penas (Anexo1, figura 3).

Al analizar los resultados de la evaluación de la cobertura de los tres niveles de abundancia relativa evaluados, estos evidencian que los niveles más altos (≥ 3) han disminuido consistentemente en las estaciones muestreadas, desde un 95% en el año 2012 hasta un 28% en el año 2017. Los niveles 1 y 2 de abundancia relativa han permanecido estables sin mostrar tendencia de aumento o disminución efectivas, estando siempre por sobre el 50% de cobertura para esta Región (Figura 10).

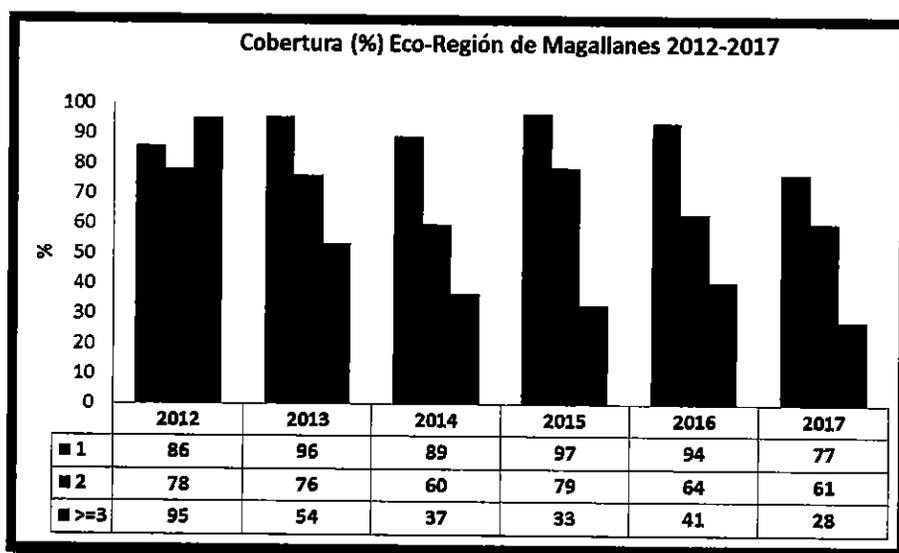


Figura N° 10. Cobertura espacial (%) de Abundancias relativas, Región de Magallanes (2012-2017).

El análisis de frecuencia temporal de los niveles de AR evaluados indica, que el nivel 1 se ha mantenido relativamente constante con valores por sobre el 20% desde el año 2013 hasta los meses evaluados del 2017. Con respecto al nivel AR=2 este muestra una leve tendencia a disminuir desde un 20% en el año 2013 hasta un 10% en el año 2016, y por último el rango más alto de abundancia relativa evaluada muestra una clara tendencia a la disminución en su frecuencia temporal desde un 20% en el año 2012 hasta un 7% a junio del año 2017 (Figura 11).

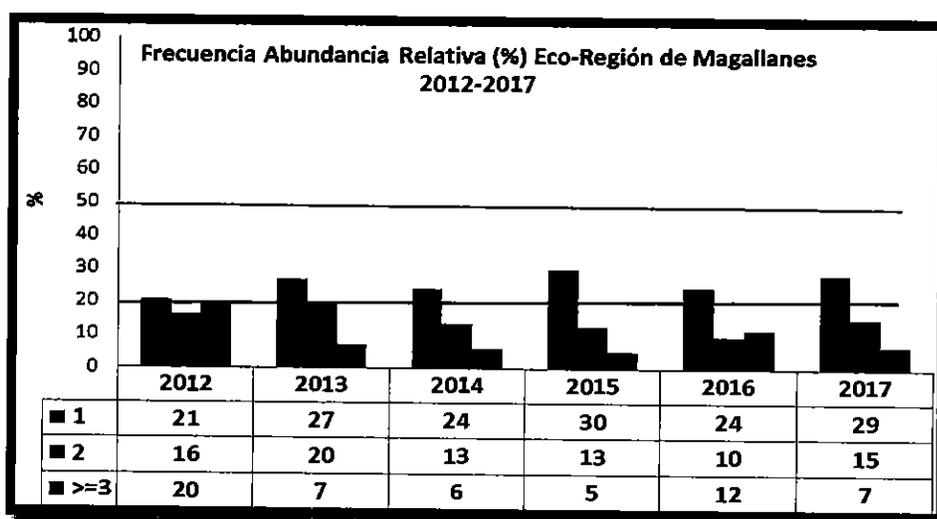


Figura N°11. Frecuencia (%) de abundancias relativas en la Eco Región de Magallanes (2012-2017 junio), línea roja indica límite valor de AR 3 y línea negra para AR 1 y 2, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.1.5 Subprograma Eco Región RMB, Raúl Marín Balmaceda.

Las estaciones del Subprograma Raúl Marín Balmaceda (RMB) corresponde al sector ubicado entre las estaciones A06 y A08N3 (Anexo N°1, figura 2). Para este sector la serie de tiempo comienza el año 2013.

El análisis de las AR para el Subprograma RMB da cuenta de que el porcentaje de cobertura espacial para los niveles más bajos evaluados se ha mantenido relativamente constante desde el año 2014 en adelante y para las abundancias relativas ≥ 3 estas sólo se presentan en más del 50% de las estaciones los años 2016 y los primeros meses del 2017 (Figura 12).

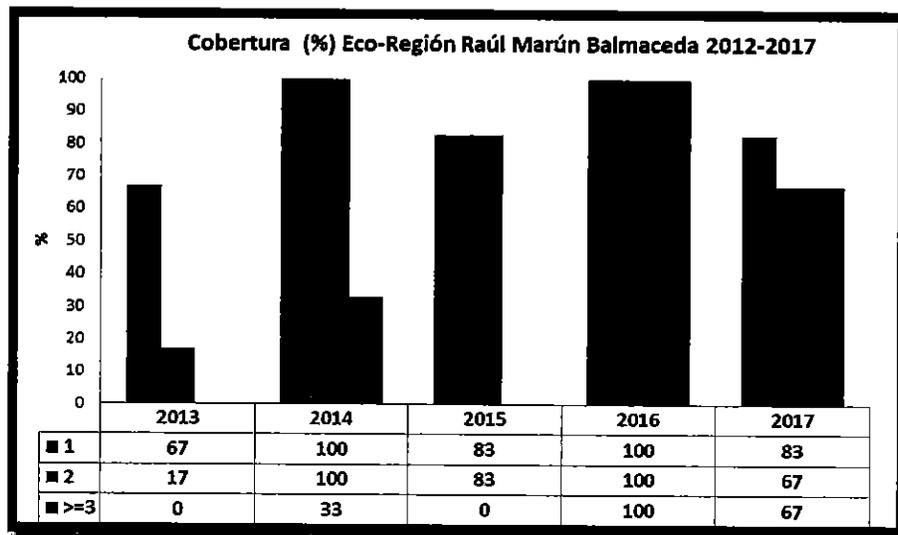


Figura N° 12. Cobertura espacial (%) de Abundancias relativas, Subprograma Raúl Marín Balmaceda (2013-2017).

Los análisis de frecuencia temporal realizados a los antecedentes de este sector indican que, el nivel 1 de abundancia relativa se ha mantenido estable entre el 8 y 25% para la serie de tiempo evaluada, para el nivel 2 el comportamiento es similar con una leve tendencia a aumentar en periodos de grandes eventos como lo sucedido el años 2016, en tanto que para las $AR \geq 3$ la frecuencia sólo supera el 20% el año 2016, explicado esto por el gran evento ocurrido ese año (Figura 13).

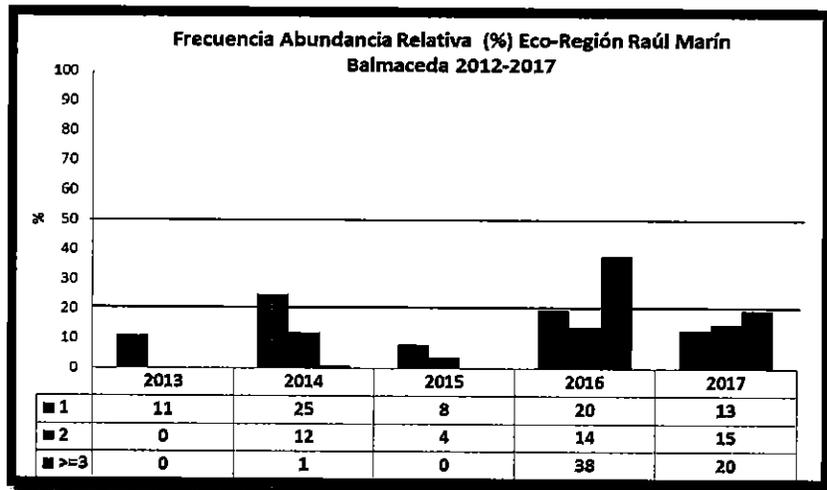


Figura N° 13. Frecuencia Temporal (%) de Abundancias relativas, Subprograma Raúl Marín Balmaceda (2013-2017), en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.2 Análisis de resultados de Veneno Paralizante de los Mariscos en organismos centinela.

4.2.1 Eco Región de los Lagos.

Los análisis a los resultados reportados por el laboratorio de Ministerio de Salud al Instituto de Fomento Pesquero, indican que no ha existido presencia de veneno paralizante en organismos centinela en la Eco Región de los Lagos que alcancen o superen la norma, con la excepción de lo reportado en el gran evento ocurrido en el año 2016 (Figura 14).

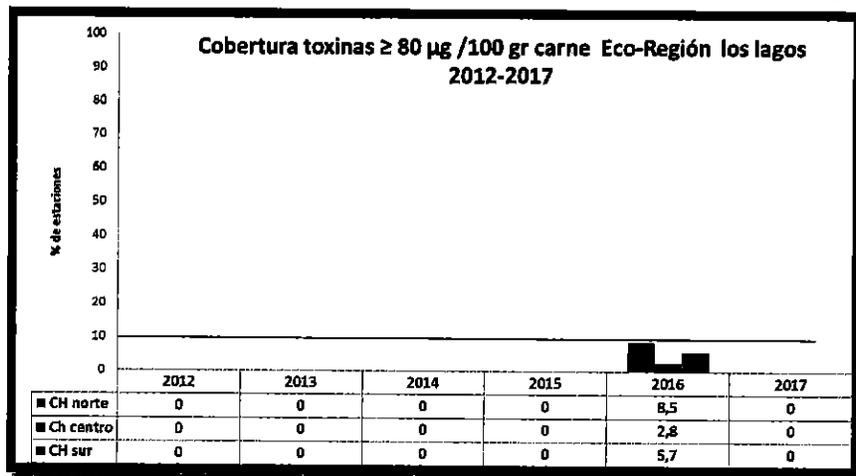


Figura N°14. Cobertura (%) de VPM positivos en la Región de los Lagos (2012-2017), línea roja indica límite valor de $80 \mu\text{g} / 100 \text{ gr}$ de carne, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

Los resultados para el análisis de frecuencia temporal son aún más decisivos al momento de evaluar los posibles efectos de *A. catenella* a través de las veces que se ha detectado en la Eco Región de Los Lagos la presencia de veneno paralizante en organismos centinelas, siendo el valor más alto registrado un 1,7% de los muestreos en que se alcanzó o superó la norma (Figura 15).

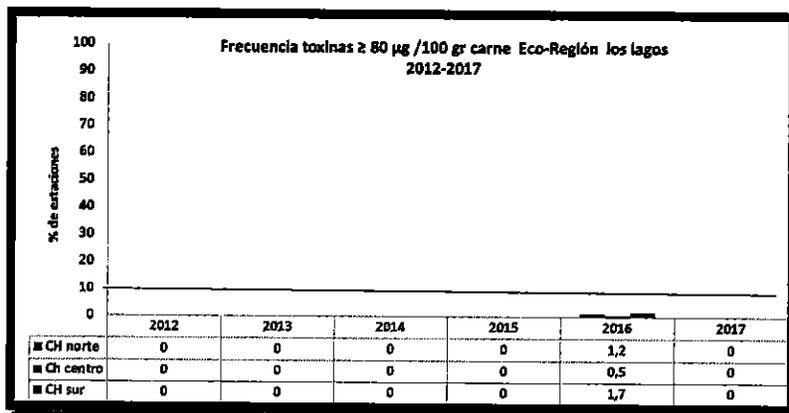


Figura N°15. Frecuencia (%) de VPM positivos en la Región de los Lagos (2012–2017 junio), línea roja indica límite valor de $80\mu\text{g}/100\text{gr}$ de carne, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.2.2 Eco Región de Aysén.

Para esta Eco Región los resultados de laboratorio indican que, todos los años evaluados superan el criterio establecido del 10% de cobertura de organismos cuya concentración de veneno paralizante alcance o supere la norma establecida por el Ministerio de Salud, destaca que entre los años 2013 y 2016 la cobertura superó el 74% alcanzando como máximo el 83% el año 2015 (Figura 16).

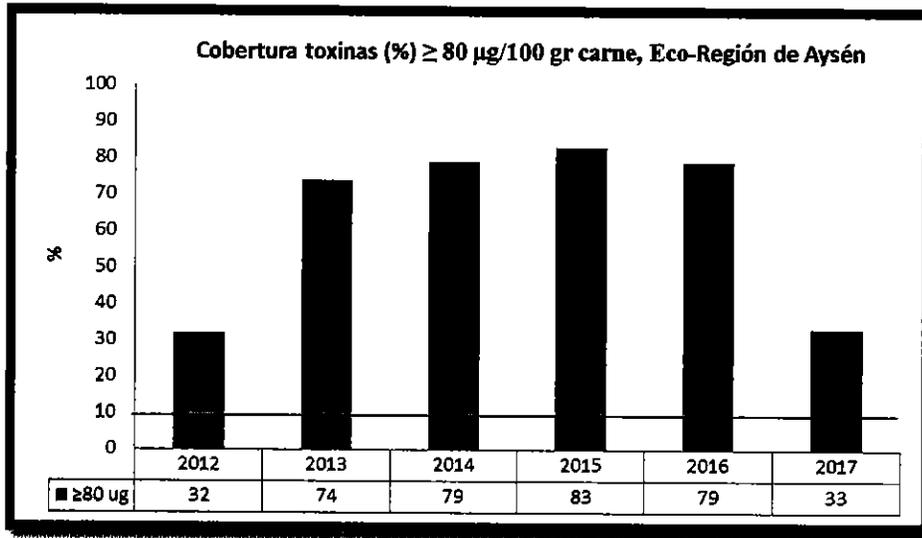


Figura N°16. Cobertura (%) de VPM positivos en la Región de Aysén (2012-2017), línea roja indica límite valor de $80\mu\text{g}/100\text{gr}$ de carne, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

En términos de la frecuencia temporal en que los resultados de laboratorios alcanzan o superan la norma, los resultados indican que desde el año 2013 a junio del año 2017, se ha superado el criterio para declarar área de plaga, cabe destacar que este índice muestra una tendencia al alza, es decir cada año el porcentaje de muestras que alcanzan o superan la norma es mayor (Figura 17).

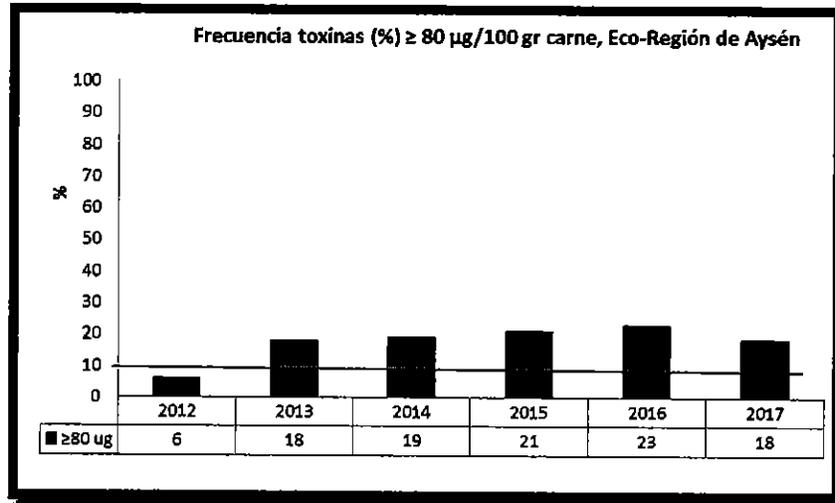


Figura N°17. Frecuencia temporal (%) de VPM positivos en la Región de Aysén (2012-2017), línea roja indica límite valor de $80\mu\text{g}/100\text{gr}$ de carne, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.2.3 Eco-Región de Magallanes.

Los porcentajes de cobertura en la Eco-Región de Magallanes han sido variables al considerar la serie de tiempo desde 2012 a 2017 junio, cabe mencionar que todos los años más del 10% de las estaciones muestreadas en al menos una ocasión han tenido resultados de laboratorio que superan o alcanzan la norma, de igual forma los resultados desde 2013 a junio de 2017 son notoriamente inferiores a los reportados para el año 2012, año en el cual el 82% de las estaciones alcanzaron o superaron la norma (Figura 18).

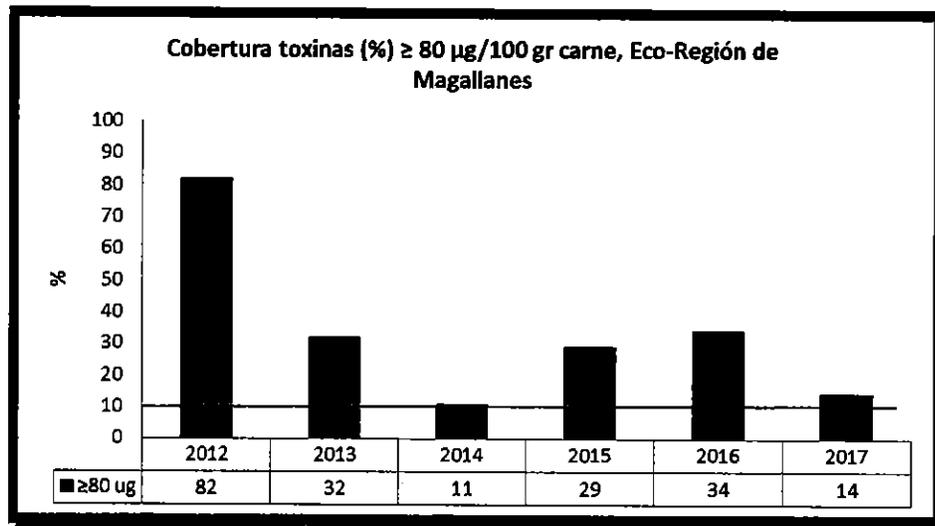


Figura N°18. Cobertura (%) de VPM positivos en la Región de Magallanes (2012-2017 junio), línea roja indica límite valor de $80 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$ de carne, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

Los resultados del análisis de la frecuencia temporal con la que se reportan resultados iguales o superiores a $80 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$ de carne, ha ido en una notable disminución desde el año 2012 hasta el 2017. Cabe destacar que desde el año 2013 el valor para este índice no supera el 8% (Figura 19).

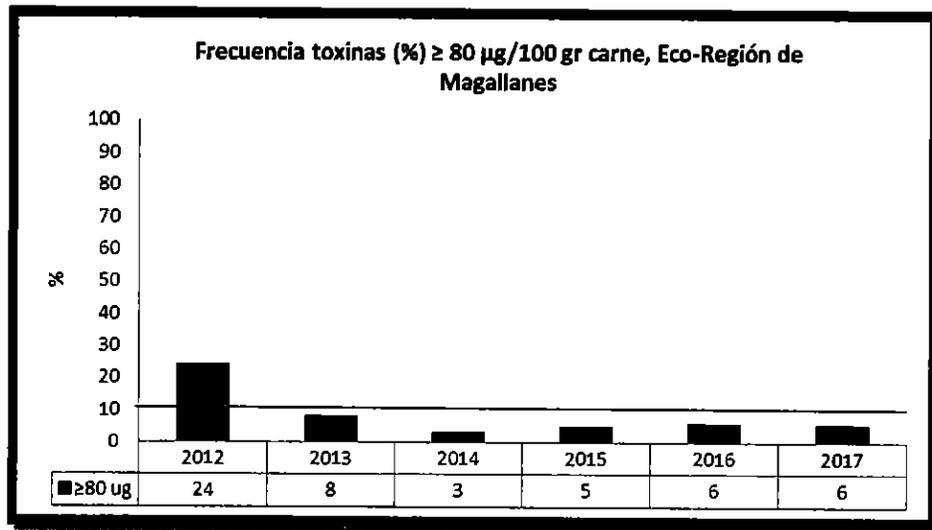


Figura N°19. Frecuencia (%) de VPM positivos en la Región de Magallanes (2012-2017 junio), línea roja indica límite valor de $80 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$ de carne, en atención a lo señalado en la tabla N° 3.

4.2.4 Subprograma Raúl Marín Balmaceda

No fue posible realizar el análisis de los niveles de toxinas marinas en organismos centinela, esto explicado por que históricamente este sector no ha presentado datos positivos para VPM según los criterios establecidos en el presente informe técnico.

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

El comportamiento histórico del fenómeno de FAN asociado a *Alexandrium catenella* en los sectores monitoreados por el Programa de Manejo y Monitoreo de las Mareas Rojas (X, XI y XII regiones), señala que al comparar los resultados del periodo comprendido por los años 2012 y junio de 2017, la temporalidad del fenómeno se extendió hasta meses otoñales-invernales, manteniéndose los valores más altos de abundancia relativa durante los meses estivales. Respecto a la intensidad de los fenómenos reportados para el año 2016, se observa un aumento en la abundancia relativa alcanzando incluso nivel 9, en varias ocasiones, aumentando también la cobertura espacial del fenómeno, registrándose por primera vez una floración por la costa oceánica que alcanzó hasta la XIV región. Cabe señalar que desde el punto de vista oceanográfico, buena parte de lo registrado en el año 2016 obedece al inusual comportamiento de la Oscilación Sur del Niño (ENSO) durante los años 2015 y 2016.

La Eco-Región de Los Lagos, evidencia la casi nula detección de *A. catenella* en la red de muestreos de IFOP, con la excepción de los años de florecimientos algales como muestran los resultados tras el evento de FAN del año 2016, después de este evento se evidenció un incremento en la cobertura espacial y frecuencia temporal, detectándose la presencia de *Alexandrium catenella* en zonas en donde no se tenía registro de abundancias relativas previas. Cabe considerar que a pesar del aumento en la presencia del alga no existe un aumento notorio en los resultados de laboratorio para VPM. Respecto de esta situación, dada la excepcionalidad del florecimiento, y nulos resultados de toxinas marinas y abundancia relativa del alga a junio del año 2017, se debe mantener la región de los lagos al Norte de la actual línea FAN como una zona no declarada, en la cual se debe mantener la vigilancia y control para evitar la diseminación y los posibles efectos en las actividades económicas y salud pública que puede generar la especie plaga.

La Eco-Región de Aysén es la mayormente afectada por cobertura espacial y frecuencia temporal de *Alexandrium catenella*, así como también en relación con los resultados de cobertura y frecuencia de valores iguales o superiores a 80 µg de VPM por cada 100 gr de carne de los organismos centinela. Siendo más marcada la cobertura espacial y frecuencia temporal en Aysén Norte, mientras que los valores tienden a disminuir hacia Aysén Sur. Una zona particular es la monitoreada por el Subprograma Raúl Marín Balmaceda, la cual corresponde a una zona de riesgo de plaga dentro del área de FAN definida por la R. Ex. N°3575 de 2014 y sus modificaciones. Con respecto a los antecedentes de las AR, cobertura espacial y frecuencia temporal de la especie plaga en esta zona, cabe señalar que estas han sido bastante estables sin mostrar tendencia alcista, con la clara excepción de lo sucedido durante el gran evento del año 2016.

La información referente a la Eco Región de Magallanes, da cuenta de que la microalga presenta una tendencia a la disminución en relación a los índices cobertura y frecuencia, y que los resultados de laboratorio para VPM presentan el mismo comportamiento.

Cabe considerar que aun cuando se ha detectado la presencia de la microalga al norte de la actual línea FAN, tanto la cobertura, como la frecuencia temporal son variables, y aumentan en los años en que las condiciones ambientales favorecen la presentación de florecimientos algales. En cuanto a la detección de VPM, considerando niveles iguales o superiores a 80 ug de toxina en 100 gr de carne, la cobertura y frecuencia de la detección es bastante menor al norte de la actual línea de FAN, (limite que coincide con la Eco Región de Los Lagos) de esta forma se evidencia que existe una marcada diferencia en los niveles de detectados y en la expresión de la especie plaga al norte y al sur de la actual línea FAN, lo cual puede tener explicación por los patrones circulación de las masas de agua en la zona oceanográfica, resultados que validan la determinación de utilizar las Eco-Regiones como estructura espacial de análisis.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto es posible concluir:

- Para la categorización de los sectores evaluados es pertinente analizar los resultados de VPM en los organismos centinela, explicado y validado esto la expresión tangible de los efectos negativos de la especie plaga *Alexandrium catenella*, tanto para la declaración de área de FAN, como para la categorización dentro de ella.
- La frecuencia temporal de AR de *A. catenella* da cuenta de la Temporalidad con que la especie plaga se detecta en los sectores geográficos evaluados, con este índice es posible determinar los sectores o zonas geográficas en que la presencia de la microalga, y con ello los florecimientos algales Pudieran ser más frecuentes de ocurrir
- La cobertura espacial de *A. catenella* es considerada como el indicador inicial de tendencia espacial, que permite identificar un sector geográfico en el que ha existido presencia, pero no mide el impacto, ni da cuenta de la ocurrencia de FAN.

- La cobertura espacial y la frecuencia temporal de VPM da cuenta de los efectos o impactos que genera la especie plaga en los sectores geográficos evaluados, y se expresa plenamente provocando sus efectos negativos en las actividades extractivas o de cultivo, siendo complementaria a la frecuencia de las AR microalga.

- La utilización del concepto de Eco Regiones para los análisis de AR y de VPM, permiten describir de mejor manera los patrones de comportamiento poblacional de *A. catenella* relacionado con las características oceanográficas e hidrodinámicas, evaluando así la dinámica poblacional en respuesta a los factores ambientales y sus efectos en las actividades extractivas y de cultivo.

- Aun cuando existe presencia de la microalga en la Eco Región de Los Lagos, esta es variable, y aumenta a consecuencia de grandes eventos de FAN, que usualmente son acompañados de características ambientales excepcionales que favorecen su desarrollo. Sin embargo, al considerar las detecciones de VPM iguales o superiores al nivel tóxico establecido por el Ministerio de Salud, da cuenta de que tanto la cobertura, como la frecuencia son bastante menores en comparación con lo que se registra en las Eco Regiones de Aysén y Magallanes, no alcanzando los criterios establecidos para categorización de acuerdo a lo expuesto en la tabla N° 3.

- Considerando tanto los resultados de frecuencia temporal de AR, como los de frecuencia temporal y cobertura de VPM, en cada una de las Eco Regiones, y en atención lo señalado en la tabla N° 3;
 - La Eco Región de Los Lagos no clasifica en ninguna categoría.
 - la Eco Región de Aysén clasifica como área de Florecimiento Algal Nocivo, considerándose también área de plaga
 - La Eco Región de RMB clasifica como área de Florecimiento Algal Nocivo, considerándose también área de riesgo de plaga

- La Eco Región de Magallanes clasifica como área de Florecimiento Algal Nocivo, considerándose también área de riesgo de plaga.
- De esta manera, y atención a las herramientas de control que actualmente posee el D.S. N° (MINECON) N° 345 de 2005, de manera de mantener las medidas de control en donde actualmente se realizan, esto es el límite del área de FAN cuya ubicación geográfica en términos de latitud corresponde a 43°22'00" S, con la finalidad de resguardar el desarrollo de las actividades económicas, el presente informe técnico plantea se mantenga la actual área de FAN declarada y modifique de categoría la eco-región de Magallanes.
- Cabe señalar que igualmente tras el análisis realizado, se evidencia la necesidad de incluir nuevas herramientas en el D.S. (MINECON) N° 345 de 2005, que permitan mejorar la gestión en las temáticas vigilancia y control especies plagas, en particular lo referido a FAN.
- Las categorías propuestas se describen en la tabla 4.

Tabla N°4. Categorización de áreas dentro de eventual área de FAN.

Eco-Región	Área de FAN	Área de Plaga	Área de Riesgo de Plaga	Sin Categorizar	Límite geográfico. Inicio	Límite geográfico. Fin
Zona 1 Eco-Región Los Lagos				X	W 73° 57' 08.2" S 41° 31' 22.9" W 72° 17' 34.6" S 41° 29' 52.8"	W 74° 46' 03.4" S 43° 21' 43.9" W 73° 04' 00.0" S 43° 22' 00.0"
Zona 2 Eco-Región RMB	X		X		W 73° 02' 54.8" S 43° 44' 17.9" W 73° 02' 18.7" S 43° 50' 52.0"	W 72° 49' 29.4" S 43° 43' 16.5"
Zona 3 Eco-Región Aysén	X	X			W 74° 46' 03.4" S 43° 21' 43.9" W 73° 04' 00.0" S 43° 22' 00.0"	W 75° 25' 11.0" S 45° 44' 48.4" " W 73° 37' 45.8" S 45° 59' 00.0"
Zona 4 Eco-Región de Magallanes	X		X		W 75° 40' 47.0" S 47° 39' 36.7" W 74° 38' 56.6" S 47° 39' 42.1"	W 71° 09' 27.8" S 55° 44' 03.0" W 66° 18' 17.8" S 55° 26' 17.4"

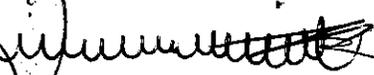
Finalmente, en relación al programa de Vigilancia y Control, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura deberá considerar mantener las medidas del artículo 11, las que corresponden a los literales, d), e), f), h) e i), sin perjuicio de otras que el Servicio considere pertinentes en el ámbito de sus competencias.

7. OBSERVACIONES COMITÉ CONSULTIVO DEL REGLAMENTO SOBRE PLAGAS HIDROBIOLÓGICAS

Con fecha 15 de marzo de 2018, mediante correo electrónico se solicitó pronunciamiento a los integrantes del comité consultivo, de acuerdo a la Resolución Exenta N° 1444 de 2016 de esta Subsecretaría, respecto la propuesta de la renovación y modificación del área de plaga y riesgo de plaga de *Alexandrium catenella*, plasmada en el Informe Técnico D. Ac. N°288 de 2018. Con el objetivo de aclarar dudas se realizó una reunión con los integrantes del comité el día 19 de marzo de 2018, a la cual asistieron representantes de AMICHILE y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Se recibió pronunciamiento mediante correo electrónico de AMICHILE, del Ministerio de Salud, y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, sin presentar observaciones a las áreas declaradas.




EUGENIO ZAMORANO VILLALOBOS

Jefe de División de Acuicultura

ABP DSV
ABP/DSV/dsv

ANEXO 1.

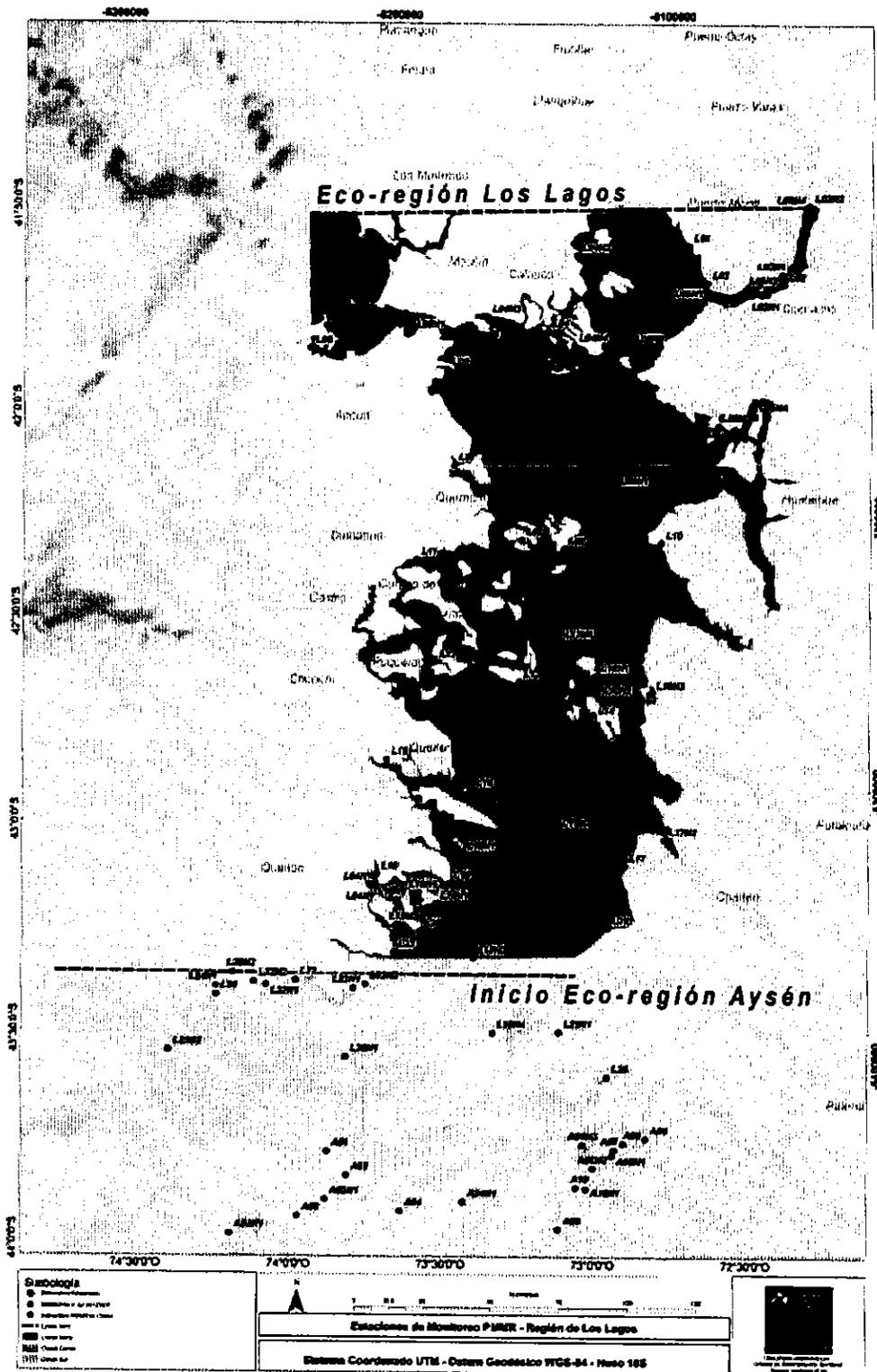


Figura 1. Estaciones del Programa de Marea Roja para las X y XI regiones y estaciones de emergencia, considerando la Eco-