

INFORME TÉCNICO D. AC. N°624

25 OCTUBRE 2024

Propuesta de renovación del área de plaga de las algas verdes filamentosas tipo *Rhizoclonium*.

1. INTRODUCCIÓN:

La extracción y el cultivo del pelillo (*Gracilaria chilensis*) son actividades económicas consolidada en la región de Los Lagos, la cual concentra en promedio el 84% del desembarque nacional de esta alga (Figura 1).

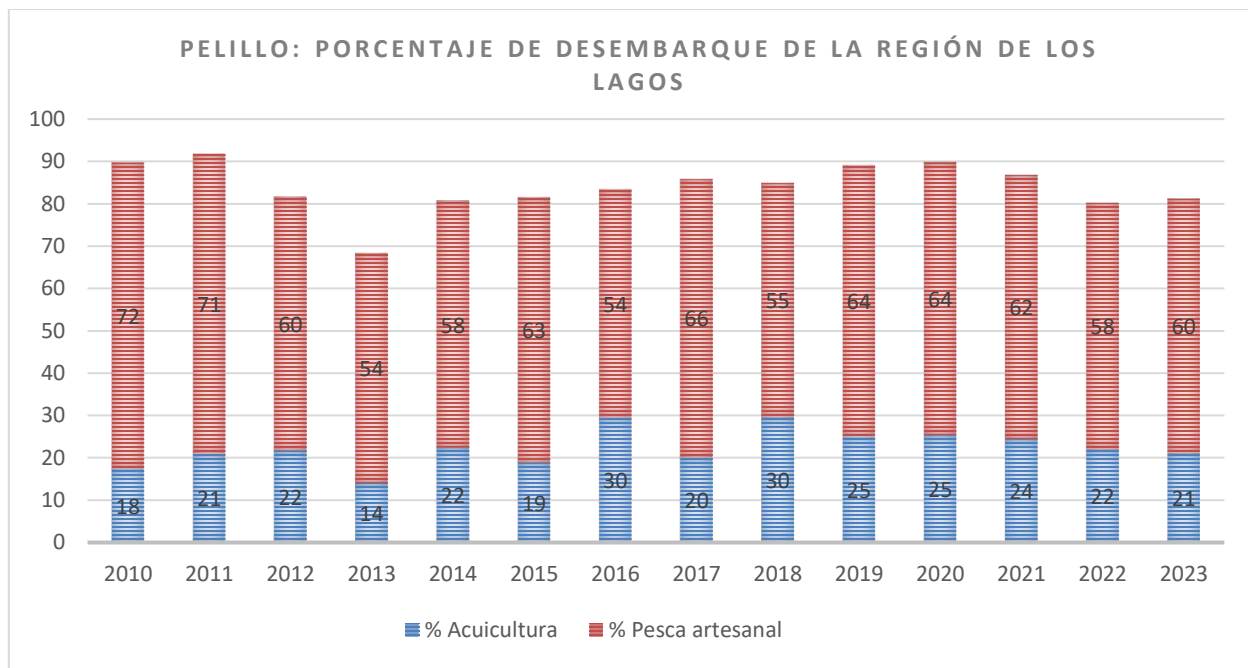


Figura 1. Porcentaje del desembarque de la región de Los Lagos, respecto al total nacional, considerando pesca artesanal y cosechas provenientes de la acuicultura (elaboración propia con datos de Sernapesca).

En cuanto al cultivo del pelillo, la región de Los Lagos concentra el 82% de las cosechas de pelillo, las principales áreas donde se practica su cultivo, en la región, son la desembocadura del río Maullín en la comuna de Maullín y la desembocadura del río Pudeto en la comuna de Ancud. En la tabla N°1 se indican las toneladas de pelillo cosechadas en la región de Los Lagos en los últimos 5 años.

Tabla N°1: Cosecha de Pelillo en toneladas por comuna en la región de Los Lagos.

Localidad	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio
Ancud	10.452	8.449	7.046	6.233	5.305	7.497
Castro	15			18	95	43
Mauullin	8.387	7.878	7.031	5.276	6.313	6.977
Puerto Montt	43	5	8	20	15	18
Quellon	42	14	45	172	318	118
Quemchi				8	8	8

Sin embargo, durante los veranos 2012 a 2015, se produjeron importantes proliferaciones de algas verdes filamentosas del género *Rhizoclonium*, que epifitaban sobre los cultivos de pelillo, entremezclándose con sus frondas. Lo cual impedía la comercialización del pelillo por la pérdida de pureza y calidad del producto, lo que se tradujo en una disminución del porcentaje de desembarque de pelillo de la región de los Lagos respecto al total nacional, especialmente durante el año 2013 (figura1).

Dados los impactos negativos de las algas verdes filamentosas sobre los cultivos de pelillo, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, en el marco del artículo 4º del Reglamento de Plagas Hidrobiológicas D.S. (MINECON) N° 345 de 2005, mediante la Resolución Exenta N° 1346 de 2015, declaró área de plaga de *Rhizoclonium* en la desembocadura del río Mauullín, en la comuna del mismo nombre.

Junto con la declaración del área de plaga en 2015, la Subsecretaría financió el proyecto Fipa N° 2017-10 “Determinación de factores ecosistémicos que favorecen el aumento de *Rhizoclonium* spp., y desarrollo de un programa de monitoreo y control de esta especie plaga en la región de Los Lagos”. Los resultados más relevantes de este proyecto fueron, por una parte, la identificación de al menos cuatro especies de algas verdes filamentosas que afectan los cultivos de pelillo y que comúnmente son identificadas bajo el nombre de *Rhizoclonium*, a saber: *Chaetomorpha linum*, *Cladophora ruchingeri*, *Rhizoclonium* y *Ulva compressa*, y, por otra parte, la reconstitución de la historia de las proliferaciones de estas algas en la desembocadura del río Pudeto (Avila 2019).

Paralelamente en 2017, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura inició el monitoreo sistemático de estas algas verdes filamentosas, en el marco de su programa de investigación permanente, dentro del proyecto denominado “Estudio del desempeño ambiental de la acuicultura en Chile y su efecto en los ecosistemas de emplazamiento”, ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero, de acuerdo con lo establecido en el Título VII artículo N°92 de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

En 2018, en base a los antecedentes disponibles, se amplió el área de plaga a la desembocadura del río San Pedro Nolasco en la comuna de Maullín, mediante la Res. Ex. (Subpesca) N° 1704.

Posteriormente en 2020, en consideración a la información generada por del proyecto Fipa 2017-10, se incluyó como área de plaga la desembocadura del río Pudeto, en la comuna de Ancud, y se declararon plaga las diferentes especies de algas verdes filamentosas que epifitan sobre los cultivos de pelillo, mediante la Resolución exenta n° 1166 de esta Subsecretaría.

Durante los otoños de los años 2020 y especialmente en 2021 se produjeron importantes proliferaciones, prácticamente mono específicas, del alga verde filamentosa *Chaetomorpha linum*, que afectó las desembocaduras de los ríos Maullín y Pudeto, por lo que en 2022 mediante la resolución N°2160, se mantuvieron las mismas áreas que en la resolución N°1166.

En el Informe Técnico D. Ac N° 321, de 2020, se describió detalladamente las proliferaciones de las temporadas 2017-18; 2018-19 y 2019-20, y en el informe técnico D. Ac N° 854 se analizan los resultados de las temporadas 2020-21 y 2021-22, por lo que el presente informe se enfoca en describir y analizar los resultados de las temporadas 2022-23 y 2023-2024. No obstante, que se analizan los resultados de las últimas 5 temporadas.

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°605, del 18 de octubre de 2024. Al respecto, se recibió la conformidad a lo expuesto en el documento, por parte del Dr. Máximo Frangopulus de la Universidad de Magallanes, el Dr. Marcelo Campos representante de Acotruch, del Ministerio de Salud (MINSAL) y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), los demás miembros del Comité no enviaron observaciones.

2. ANTECEDENTES:

Las algas verdes son de amplia distribución mundial y generan problemas en distintas partes del mundo, debido a que generan enormes proliferaciones en la zona intermareal, por lo que se las ha denominado “mareas verdes”. Una marea verde se produce por el crecimiento excesivo de alguna macroalga verde, que se acumula en la zona intermareal o flotando por varios a cientos de kilómetros.

Las proliferaciones de macroalgas han sido asociados al exceso de nutrientes producto de actividades humanas como la ganadería, agricultura, aguas servidas, entre otros (Liu *et al* 2013). Sin embargo, además del flujo de nutrientes, las proliferaciones de macroalgas también requieren confinamiento de las masas de agua, costas anchas y planas, poca profundidad, bajos niveles de turbidez y adecuada iluminación, lo que permite un rápido calentamiento de la columna de agua (Schreyers *et al* 2021). En general los géneros que más han estado asociado a la formación de mareas verdes a través del mundo son: Ulva, Enteromorpha, Chaetomorpha y Cladophora (Liu *et al* 2013)

Las mareas verdes tiene graves consecuencias para las comunidades locales por los intensos malos olores producto de la degradación de los grandes volúmenes de algas varadas en las playas, en algunos casos se producen fenómenos de toxicidad por emisión de gases como ácido sulfhídrico (H₂S) que puede ser fatales dependiendo de la concentración y tiempo de exposición, como ha sido el caso en la costa de Bretaña en Francia, donde se han registrado intoxicaciones y casos fatales, asociados a la emisión de gases producto de la putrefacción de estas algas. Del mismo modo, se produce una importante degradación ambiental de las costas afectadas, ya que muchos de los organismos que habitan en ellas se ven igualmente afectados.

Las floraciones de algas verdes en aguas costeras son comunes en varias regiones del mundo, especialmente en Asia, Europa y América del Norte. En junio de 2008, la marea verde más grande del mundo cubrió alrededor de 600 km², ocurrió a lo largo de la costa del Mar Amarillo, región de Qingdao en China, amenazando la regata de vela de los Juegos Olímpicos de 2008, se retiraron más de un millón de toneladas de algas verdes, lo que ocasionó enorme pérdida económica para el gobierno local (Liu *et al* 2010). Se estima que los costos de respuesta de emergencia alcanzaron los 200 millones de euros y las pérdidas del sector acuícola ascendieron a 86 millones de euros (Schreyers *et al* 2021). Por otra parte, algunos investigadores sugieren que las variaciones ambientales, producto del Cambio Climático podría generar un aumento de las floraciones de algas verdes (Ji and Gao, 2020).

En Chile, los primeros antecedentes de proliferaciones anormales de algas verdes remontan a los años 2000 en la desembocadura del río Pudeto y a partir del 2010 en el río Maullín. Sin embargo, fue durante los veranos de 2013, 2014 y 2015 que en la ribera norte del río Maullín se produjeron importantes proliferaciones de algas verdes filamentosas que

epifitaban sobre el pelillo afectando su pureza y calidad. En algunos sectores produjo pérdidas superiores al 90% de la producción, lo que se vio reflejado en una disminución del porcentaje, que representa la región de Las Lagos del desembarque nacional de pelillo, que pasó de un promedio del 90% del desembarque nacional entre 2009 y 2011 a un 68% el 2013 y un 81% los años 2014 y 2015 (Figura 1).

Si bien, durante el periodo 2017-2019, hubo una disminución en las proliferaciones de estas algas verdes filamentosas en todos los sectores. A partir de 2020, las proliferaciones de algas verdes aumentaron su intensidad, así, durante los otoños de 2020 y, especialmente en 2021, se produjeron importantes proliferaciones, prácticamente mono específica de *Chaetomorpha linum*, generando enormes varazones de algas en las playas de los ríos Maullín y Pudeto, impidiendo no solo la comercialización del Pelillo, sino generando problemas para toda la comunidad, por los malos olores producto de la descomposición del alga varada y por la obstrucción de los caminos. En otoño de 2021, la Municipalidad de Maullín retiró 17.400 toneladas de algas en descomposición de las playas, agregándose el problema de no contar con sitios autorizados para disponer semejantes volúmenes de algas.

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

La categorización de área de plaga y riesgo de plaga se realiza en base proporción de algas verdes filamentosas respecto al total de algas en una muestra. Esta proporción se calcula mediante la siguiente formula:

$$\text{Proporción de algas verdes (\%)} = \frac{\text{(Peso seco de "algas verdes" en gr.)}}{\text{(Peso seco total de algas por muestra en gr.)}} \times 100$$

El informe técnico D. Ac N° 273 de 2015 que fundó la declaración de área de plaga de *Rhizoclonium* R.Ex. N°1346 de 2015, estableció que las estaciones con una proporción mayor o igual al 30% de *Rhizoclonium* spp en peso seco se declararían en área de plaga y las estaciones con una proporción entre 1 y 30% de *Rhizoclonium* spp. en peso seco, se declararían, en riesgo de plaga, en ambos casos muestreado en al menos dos ocasiones.

El año 2020, en el informe técnico D. Ac N° 321 que fundó la Resolución Execta N°1166 de esta Subsecretaría, amplió el tipo de algas declaradas plaga a todas las algas verdes filamentosas que epifitan el pelillo y modificó el período de tiempo de análisis a 5 años, quedando la matriz de decisión como se indica Tabla N°2.

Tabla 2. Matriz de decisión establecida en la Res. Ex. N°1166 de 2020 para la categorización de áreas de riesgo de plaga y de plaga de las algas verdes filamentosas.

Criterios	No declarada	Riesgo de Plaga	Plaga
30% o superior de proporción de algas verdes filamentosas, en peso seco, en al menos 2 ocasiones en un periodo de 5 años			X
30% o superior de proporción de algas verdes filamentosas, en peso seco, en una ocasión en un periodo de 5 años.		X	
Entre 1% y menos de un 30%, en al menos 2 ocasiones en un periodo de 5 años.		X	
Entre 1% y menos de un 30%, en una ocasión en un periodo de 5 años.	X		
Ausencia total de la especie o con carga total menor a 1%	X		

Sin embargo, la matriz precedente no se estableció el número de estaciones afectadas, ni el número de muestreos a considerar. Por este motivo, se propone utilizar como criterio, el promedio de todos los muestreos por estación y basta con que una estación cumpla con los criterios de presencia de algas verdes filamentosas, para que se determine la categoría de todo el sector. En cuanto al criterio para eliminar la categoría de un sector, se propone que no se detecte la presencia de algas verdes filamentosas por un periodo de 5 años.

La tabla 3 resume los criterios para la declaración y categorización de las áreas de plaga y riesgo de plaga para las algas verdes filamentosas.

Tabla 3. Propuesta de matriz de decisión para la categorización de áreas de riesgo de plaga y de plaga de las algas verdes filamentosas.

Criterios	No declarada	Riesgo de Plaga	Plaga
Promedio anual de algas verdes filamentosas superior al 30%, en peso seco, en cualquiera de las estaciones del sector, en al menos 2 ocasiones en un periodo de 5 años.			X
Promedio anual de algas verdes filamentosas superior al 30%, en peso seco, en cualquiera de las estaciones del sector, en una única ocasión en un periodo de 5 años.		X	
Promedio anual de algas verdes filamentosas entre 1% y 30%, en peso seco, en cualquiera de las estaciones del sector, en al menos 2 ocasiones en un periodo de 5 años.		X	
Promedio anual de algas verdes filamentosas entre 1% y 30%, en peso seco, en cualquiera de las estaciones del sector en una única ocasión en un periodo de 5 años.	X		
Ausencia total de la especie o una proporción total menor a 1% durante 5 años.	X		

4. METODOLOGIA:

El monitoreo de las algas verdes filamentosas se realiza a través del proyecto “Estudio del desempeño ambiental de la acuicultura en Chile y su efecto en los ecosistemas de emplazamiento”. Este proyecto forma parte del programa permanente de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, de acuerdo con 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 monitoreo propiamente tal es ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), conforme a lo dispuesto en el mismo artículo 92 de la citada ley.

Dentro de los objetivos, del estudio del desempeño ambiental, está el monitoreo de las algas verdes filamentosas que epifitan el pelillo, en el cual se busca cuantificar la presencia de estas algas plaga y registrar las variables físicas y químicas del ambiente que puedan estar afectando su crecimiento en la zona.

En este contexto se realizan muestreos mensuales durante el periodo de proliferación del alga, de noviembre a abril del año siguiente. No obstante, esto puede variar según el inicio y la duración de la proliferación.

En la figura 2 se muestran las estaciones de muestreo en la desembocadura de los ríos Maullín y San Pedro Nolasco y cuyas coordenadas se indican en la tabla 4. En la figura 3, tabla 5 se muestra la ubicación y coordenadas de las estaciones en el río Pudeto.

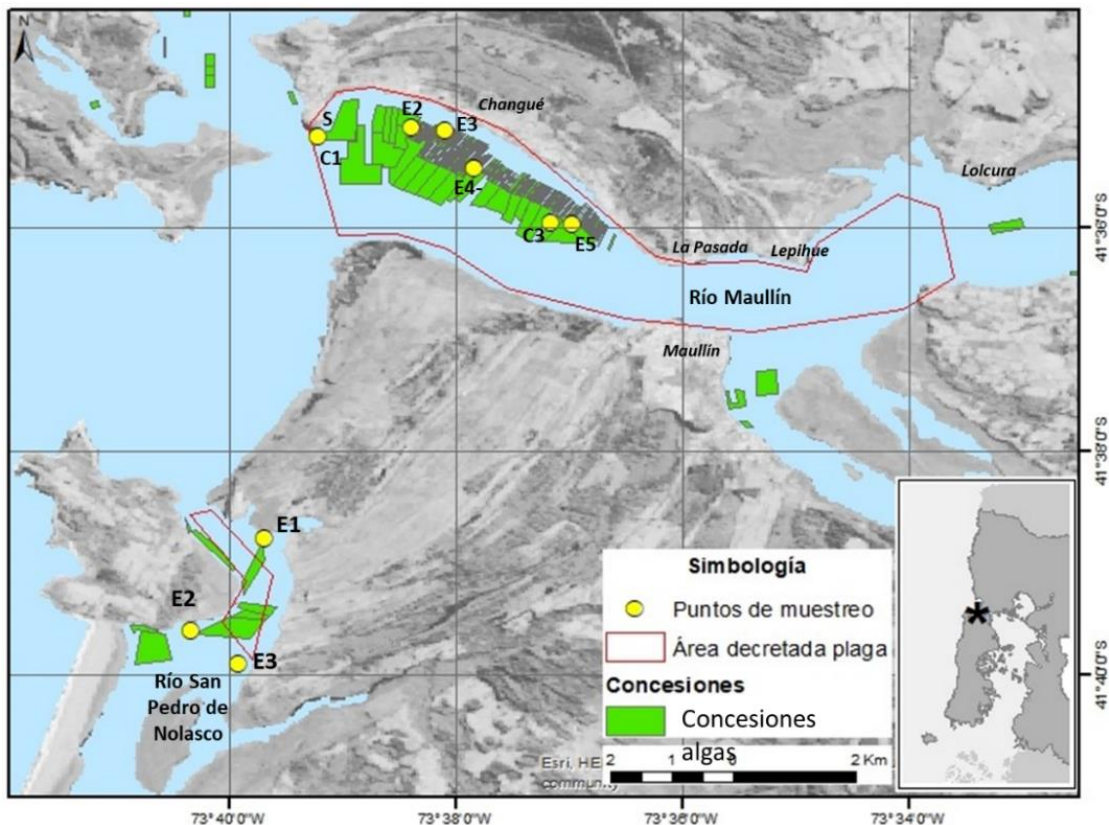


Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo biológico (E) y estaciones de control (C) en las áreas de cultivo de *Gracilaria chilensis* en los ríos Maullín y San Pedro de Nolasco, Comuna de Maullín, Región de Los Lagos (Ifop, 2024).

Tabla 4. Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en el río Maullín y el tipo de muestreo realizado en cada estación.

Estación	Latitud	Longitud	Sector	Tipo Muestreo
E1	41°52'50,4"	73°47'13,2"	La Pasarela	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico
E2	41°52'46,8"	73°46'48,4"	Sindicato Pudeto	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico
E3	41°52'15,7"	73°46'03,4"	Río Quempillén	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico
E4	41°52'28,0"	73°46'17,9"	Zona cultivo algas (UACH)	Físicos y químicos / Biológico
E5	41°53'03,8"	73°46'21,2"	Empresa "Algas Marinas"	Físicos y químicos / Biológico
E6	41°53'12,7"	73°45'27,5"	Sindicato Pupelde 2	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico

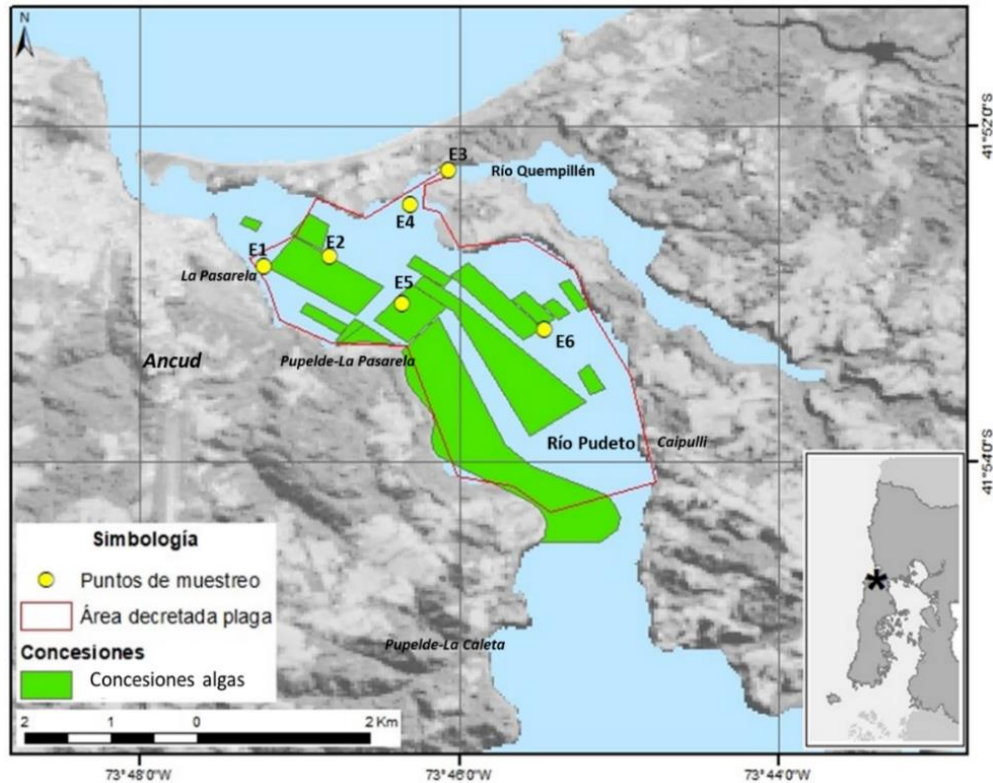


Figura 3. Ubicación de las estaciones de muestreo (E) en el área de cultivo de *Gracilaria chilensis* en el río Pudeto (Comuna de Ancud, Región de Los Lagos).

Tabla 5. Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo en el río pudeto y el tipo de muestreo realizado en cada estación.

Estación	Latitud	Longitud	Sector	Tipo Muestreo
----------	---------	----------	--------	---------------

E1	41°52'50,4"	73°47'13,2"	La Pasarela	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico
E2	41°52'46,8"	73°46'48,4"	Sindicato Pudeto	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico
E3	41°52'15,7"	73°46'03,4"	Río Quempillén	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico
E4	41°52'28,0"	73°46'17,9"	Zona cultivo algas (UACH)	Físicos y químicos / Biológico
E5	41°53'03,8"	73°46'21,2"	Empresa "Algas Marinas"	Físicos y químicos / Biológico
E6	41°53'12,7"	73°45'27,5"	Sindicato Pupelde 2	Físicos y químicos / Nutrientes / Biológico

La proporción de algas verdes se calcula de acuerdo con la siguiente metodología, se deben recolectar muestras de algas utilizando como unidad muestral, un cuadrante de 0,25 m², el cual debe ser dispuesto al azar sobre la pradera de algas, mediante buceo, en cada estación de muestreo. La biomasa total de alga obtenida en cada cuadrante debe colocarse en mallas, para la determinación de su peso húmedo. Una vez obtenido el peso húmedo total, se debe separar el pelillo de "otras algas" para determinar el porcentaje de cada una. Una vez conocido el peso húmedo, las muestras deben ser depositadas en bandejas, para introducir las en una estufa de secado a 60°C hasta la obtención de peso constante, luego se dejan enfriar hasta temperatura ambiente, procediendo al peso de la muestra seca, para obtener la proporción de cada alga respecto al peso total de algas, incluido el pelillo.

5. RESULTADOS.

5.1 Río Maullín:

En la desembocadura del río Maullín en el periodo de 5 años, comprendido entre 2019 y 2024, la presencia de algas verdes filamentosas ha sido muy variable. Durante la temporada 2019-2020 hubo una importante presencia de algas verdes filamentosas a partir de marzo de 2020, cuando se produjo una proliferación mono específica del alga *Chaetomorpha linum*, afectando a los cultivos de pelillo y provocando por primera vez importantes varazones de algas en las playas afectando a los sistemas socio-ecológicos costeros (comunidad ribereña), producto de los malos olores producto de la descomposición de las algas.

No obstante, la proliferación prácticamente mono específica del alga *Chaetomorpha linum* ocurrida en otoño de 2021, que fue descrita en detalle en el I.T. D.AC N° 854, sobrepasó con creces todas las proliferaciones anteriores, cubriendo de algas varadas varios kilómetros de playa. Sólo la municipalidad de Maullín tuvo que retirar más 17 mil toneladas de algas varadas sobre la playa, sin contar las algas que retiraron los cultivadores desde sus concesiones. Esta proliferación no sólo afectó sólo a los cultivos de pelillo, sino a toda la comunidad por la acumulación de algas varadas en las playas y sus consecuentes malos olores y por la obstrucción de la circulación y acceso a las viviendas (Figura 4), configurando un escenario similar a las mareas verdes descritas en otras partes del mundo.



Figura 4: Proliferación de *Chaetomorpha linum*, otoño 2021 en desembocadura del río Maullín, a) alga varada cubre completamente la playa, c) obstruye la circulación y acceso a viviendas y c) afecta los cultivos de pelillo y es retirada en bote por los cultivadores.

Posteriormente, durante la temporada 2021-2022, en el río Maullín se observó igualmente la presencia de algas verdes filamentosas del género *Chaetomorpha*, pero el volumen de algas varadas en las playas fue muy inferior a la temporada precedente.

Durante la temporada 2022-2023, en el río Maullín se observó la presencia del alga verde filamentosa del género *Chaetomorpha*, la cual estuvo presente en los meses de noviembre de 2022 y marzo de 2023. En noviembre se registró solo en la estación C3, con una proporción del 36% en relación con el pelillo (Figura 5). Luego a fin de marzo se presentó en todas las estaciones, con una proporción máxima del 66% en la E4 y una mínima de 12% en la C3 (Figura 7). A diferencia de la temporada 2021-22, donde esta alga plaga estuvo presente desde noviembre de 2021 en adelante. Por otro lado, a inicios de marzo prolifera y epifita también el pelillo, la especie plaga *Cladophora ruchingeri* (Figura 6).

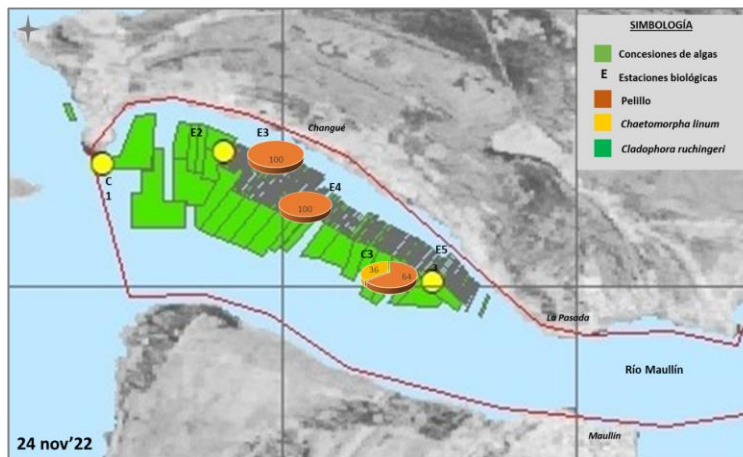


Figura 5. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentosa en relación con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado en el mes de noviembre de 2022 (IFOP).

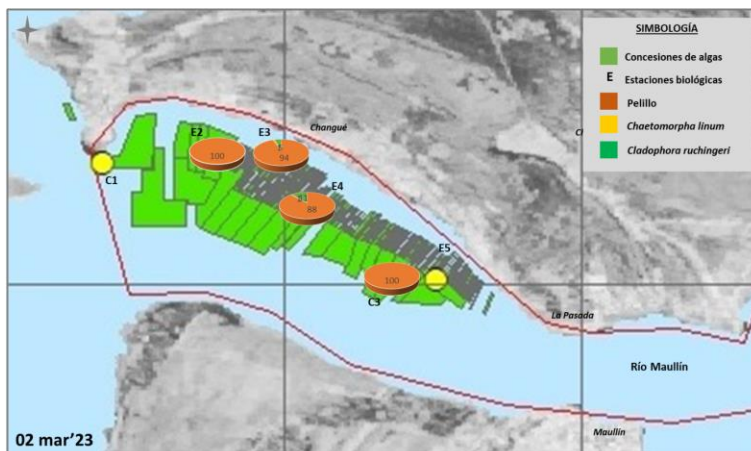


Figura 6. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentosa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado a principios de marzo de 2023 (IFOP).

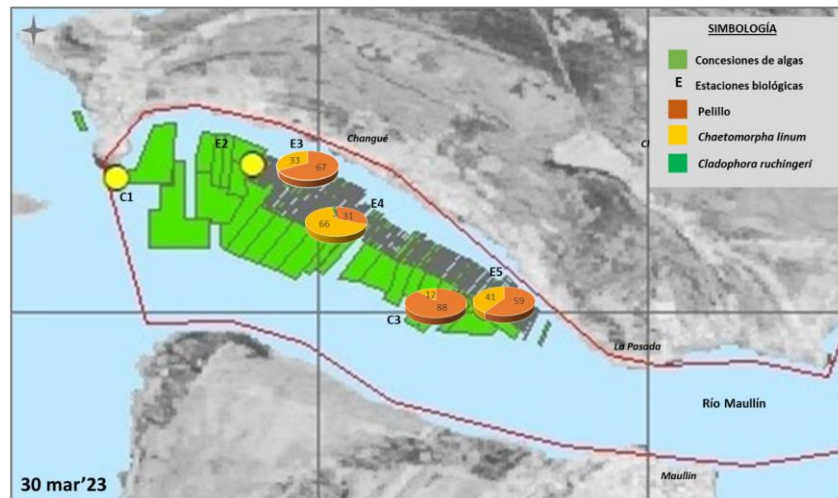


Figura 7. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentososa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado a fines de marzo de 2023 (IFOP).

En la temporada 2023-2024, se observó la proliferación de dos especies de algas verdes filamentosas, primero se detectó la presencia de *Chaetomorpha linum* desde octubre del 2023, en la estación E4, E5 y C3, con proporciones de 67%, 40% y 5% respectivamente (Figura 8). Luego, en noviembre, las proporciones de esta alga disminuyeron considerablemente, presentándose con una proporción del 23% en la estación E5, sin embargo, comienza a evidenciarse la presencia de *Cladophora ruchingeri* con una proporción de 7% en la E3 (Figura 9).

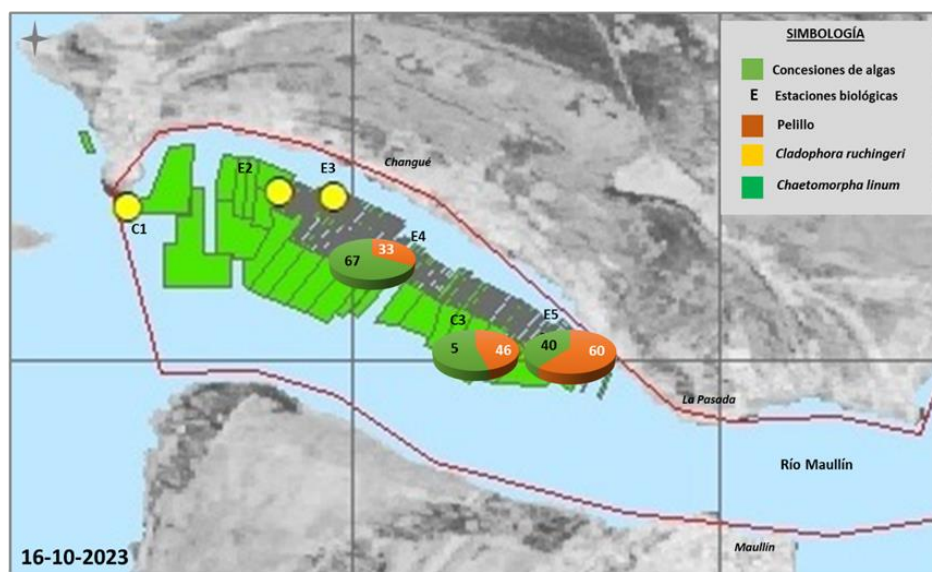


Figura 8. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentososa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado en octubre de 2023 (IFOP).

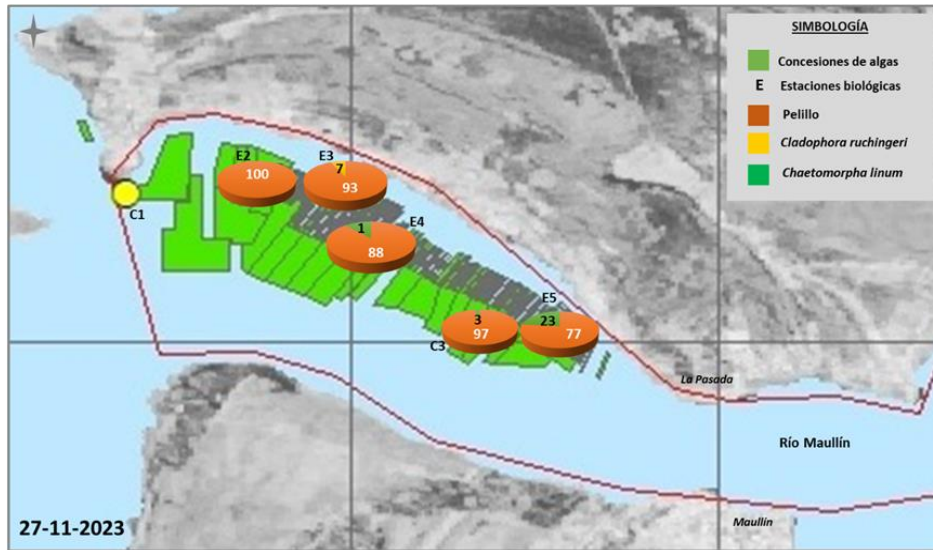


Figura 9. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentosa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado en noviembre de 2023 (IFOP).

A principios de enero se observa un aumento en la proporción de *Cladophora ruchingeri* en la E3, del 91% siendo el 9% restante presencia de *Chaetomorpha linum*, desplazando totalmente al pelillo en dicha estación. En el resto de las estaciones hubo una baja proporción de algas verdes (Figura 10). A fin de enero, se observa un aumento en la distribución espacial de *Cladophora ruchingeri*, con proporciones de 21%. 55%, 30% y 25% en las estaciones E3, E4, E5 y C3 respectivamente (Figura 11).

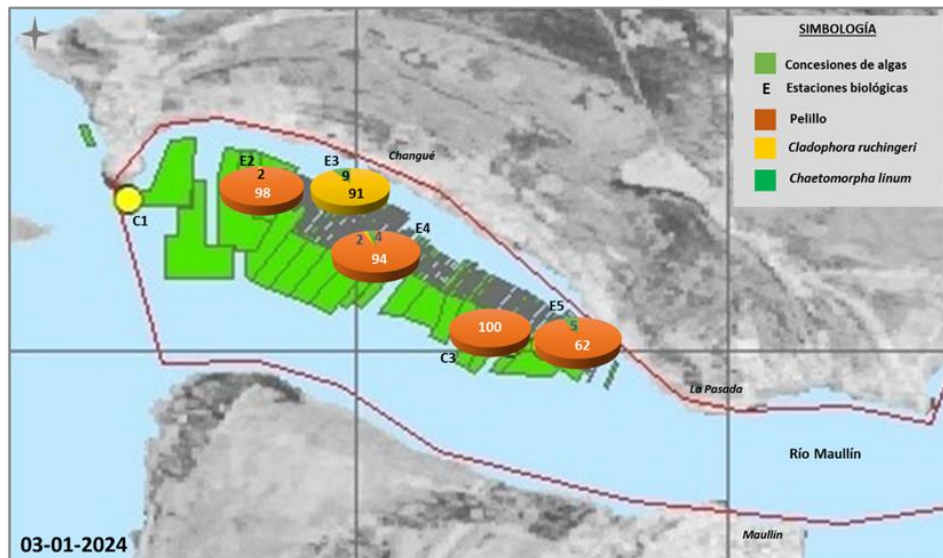


Figura 10. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentosa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado a principios de enero 2024 (IFOP).

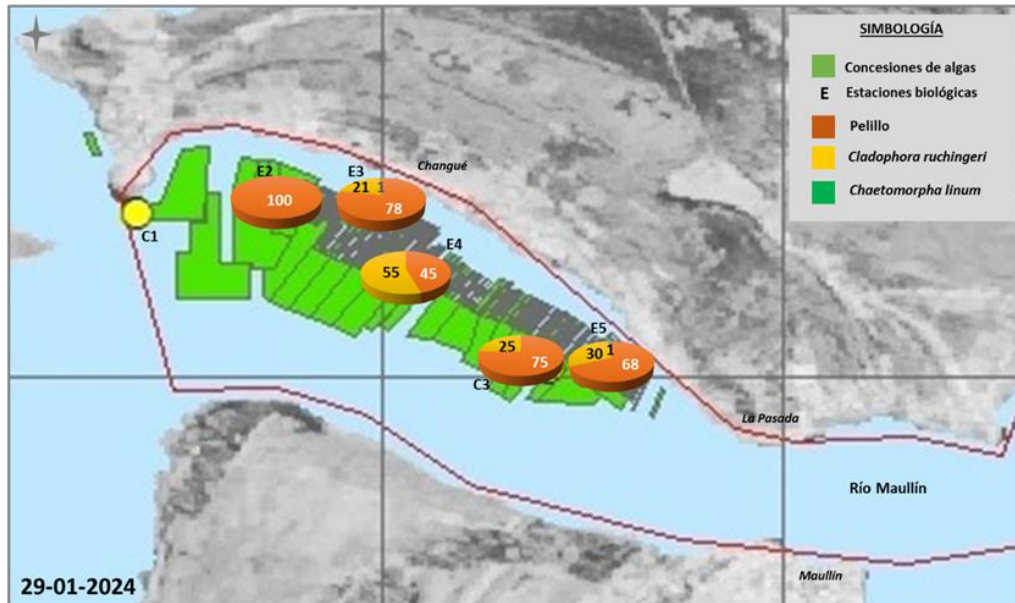


Figura 11. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentosa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado a fin de enero 2024 (IFOP).

En el muestreo de marzo, se observa una disminución de *Cladophora ruchingeri* y el aumento de las proporciones de *Chaetomorpha linum* en la E3 y E4, con un 13 y 12 % respectivamente (Figura 12)., la cual aumentó nuevamente en abril, con proporciones 42%, 24% y 23 en las estaciones E4, E5 y C3 respectivamente y *Cladophora ruchingeri* desapareció de la zona de cultivo (Figura 13).

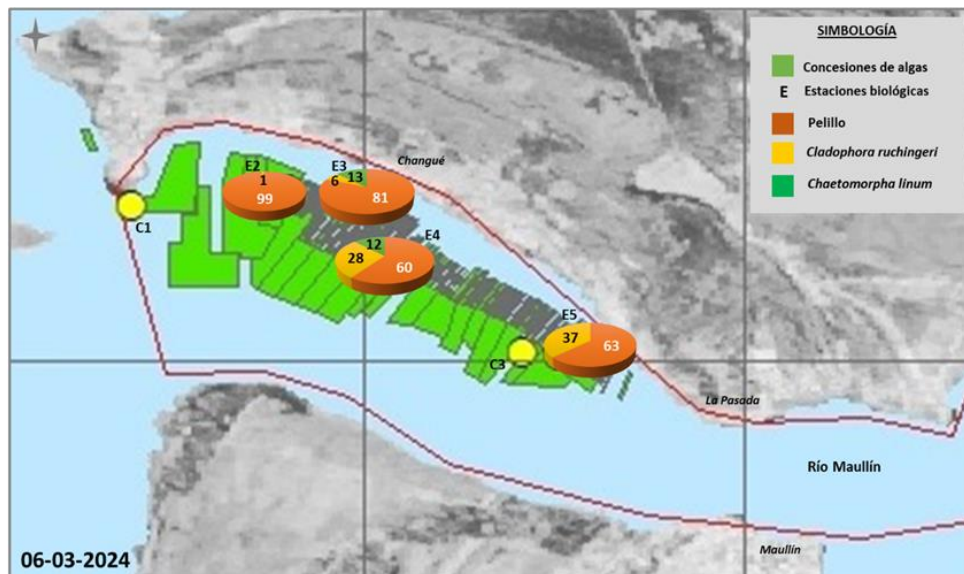


Figura 12. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentosa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado en marzo de 2024 (IFOP).

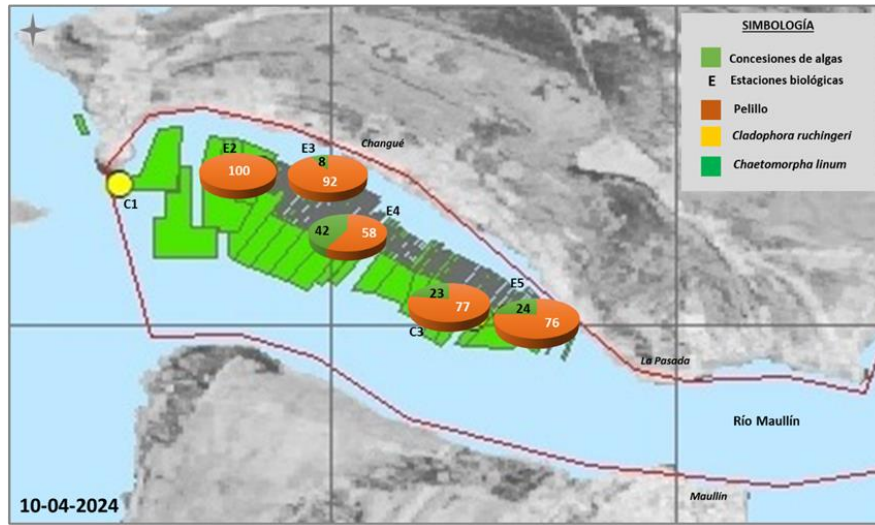


Figura 13. Río Maullín. Imagen que muestra las proporciones (%) del alga verde filamentososa con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante el muestreo realizado en abril de 2024 (IFOP).

Tabla 6. Proporción de algas verdes filamentosas, en porcentaje, en las estaciones de monitoreo del río Maullín. En rojo valores sobre el límite para la categoría de plaga y en amarillo para la categoría riesgo de plaga.

Maullín	C3	E1	E2	E3	E4	E5
dic-19		0	0	0	0	0
ene-20		0	0	0	0	0
feb-20		0	0	0	0	0
mar-20			0	38	91	0
abr-20			3	100	67	0
may-20			0	53		0
nov-20			0	5	0	1
dic-20			6	92	1	100
ene-21			0	44	30	94
mar-21			0	100	56	100
abr-21			0	84	100	86
jun-21			0	1	43	38
nov-21			0	29	59	97
dic-21			0	18	75	96
ene-22				39	67	99
mar-22				60	86	100
abr-22				2	94	100
nov-22	36			0	0	
dic-22	0			0	0	0
ene-23				0	0	0
mar-23	6		0	19	40	41
oct-23	54				67	40
nov-23	3		0	7	12	8
ene-24	13		1	27	30	18
mar-24			1	19	40	37
abr-24	11		0	8	42	24

Al realizar el cálculo de la proporción de todas las algas verdes presentes en cada estación (tabla 6) por fecha de muestreo, observamos que dentro del período de muestreo, que va de noviembre a abril del año siguiente, hay una fluctuación en la presencia de las algas verdes filamentosas con periodos donde no fueron detectadas, como de diciembre de 2019 a febrero 2020 o de diciembre 2022 a enero 2023 y otros donde las algas verdes filamentosas representan el 100%, como marzo y abril de 2021 y marzo y abril de 2022 y periodos intermedios donde están presentes pero en proporciones menos importantes.

En la tabla 7, se presentan los porcentajes promedio de todos los muestreos por año y por estación. No obstante, dado que las estaciones E1 y E2 han tenido muestreos discontinuos, como se puede observar en la tabla 6, debido a que en estos sectores no siempre se siembra pelillo, estas estaciones serán excluidas del cálculo final. Por otro lado, la estación C3 que inicialmente se destinó a control, será considerada en el cálculo dado que las últimas tres temporadas ha presentado proliferaciones de algas verdes filamentosas.

De este modo, al aplicar los criterios propuestos en la tabla N°3 del presente informe, obtenemos que la desembocadura del río Maullín cumple con los criterios para mantener su declaración de área de plaga de algas verdes filamentosas epifitas del pelillo, en categoría plaga, es decir porcentaje de algas verdes filamentosas superior al 30% en dos ocasiones en un periodo de 5 años.

Tabla 7. Proporción de algas verdes filamentosas, en porcentaje, en las estaciones de monitoreo del río Maullín. En rojo valores sobre el límite para la categoría de plaga y en amarillo para la categoría riesgo de plaga.

Estación	2020	2021	2022	2023	2024
C3			18	17	12
E3	41	46	27	11	20
E4	26	61	55	32	36
E5	14	85	80	22	24
Promedio total	27	64	45	21	23

5.2 Río Pudeto

En el caso del río Pudeto, solo se comenzó el monitoreo sistemático a partir de 2021, como como resultado de su declaración como área de plaga de algas verdes filamentosas mediante la R.exe N°1166 de 2020. No obstante, hay antecedentes que esta zona ha sido afectada por algas verdes filamentosas desde 2000 en adelante.

En la temporada 2020-2021 hubo una gran proliferación de algas verdes filamentosas del tipo *Chaetomorpha*, pero solo se tienen datos cuando se inició el monitoreo en noviembre 2021. En diciembre de 2021 se observó un 98% de algas verdes filamentosas en la E1 y que además de *Chaetomorpha sp* se observó la presencia de otros 2 tipos de algas verdes filamentosas pertenecientes a los géneros *Rhizoclonium* y *Ulva*, pero con bajas biomásas y ubicación espacial acotada (Figura 14a). Lo anterior concuerda con lo encontrado por la Unap (2017) quienes identificaron al menos cuatro especies de algas verdes filamentosas afectando los cultivos de pelillo: *Chaetomorpha linum*, *Cladophora ruchingeri*, *Rhizoclonium* y *Ulva compressa*. La presencia de estas algas pudo observarse hasta abril de 2022, cuando aún representaban una gran proporción de la estación E1, pero además hubo presencia del alga verde *Ulva lactuca* en otras estaciones (figura 14b).

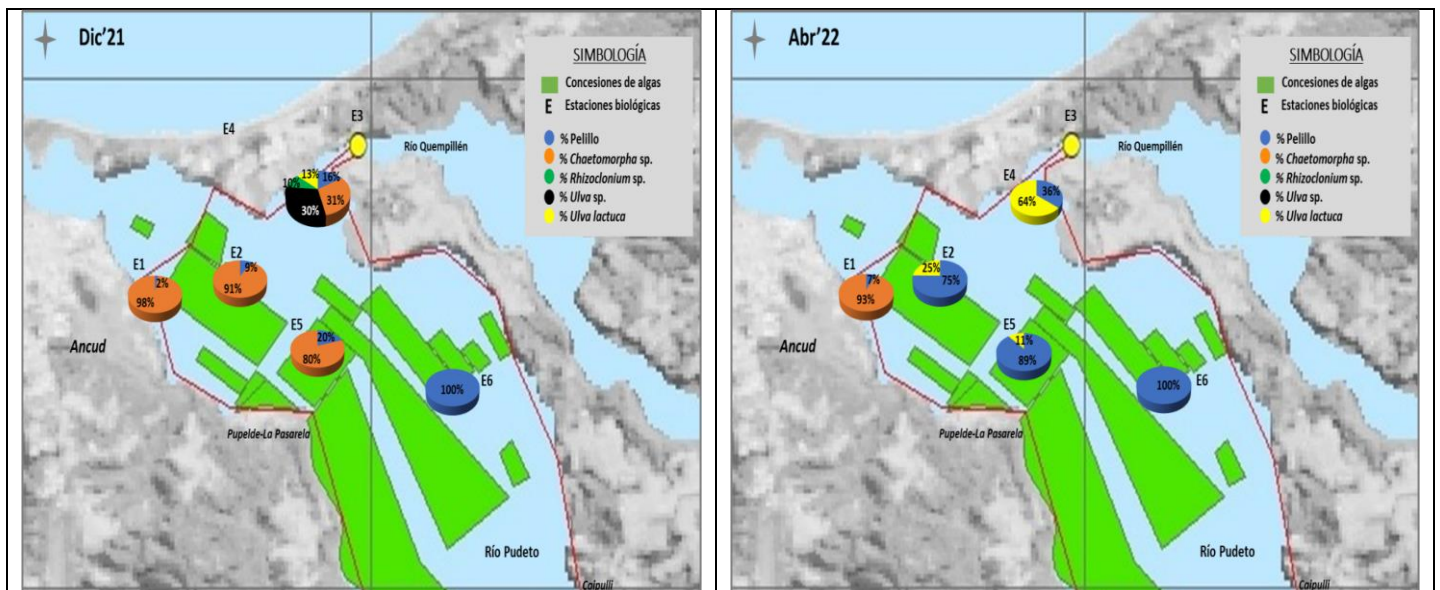


Figura 14. Río Pudeto. Imagen que muestra las proporciones (%) de las algas verdes encontradas en relación con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante a) el muestreo de diciembre de 2021 y b) abril 2022 (IFOP).

En la temporada 2022-2023 en el río Pudeto, se observó la presencia de tres tipos de algas verdes filamentosas en el área de muestreo, a saber: *Ulva compressa*, *Chaetomorpha* sp. y *Rhizoclonium* sp. *Ulva compressa* estuvo presente principalmente en noviembre y diciembre 2022 (figura 15). Por su parte, *Chaetomorpha* comenzó a detectarse en noviembre 2022, pero su mayor proporción y distribución se produjo en marzo de 2023. *Rhizoclonium* sp., se presentó con bajas biomásas y ubicación espacial acotada en enero y marzo 2023. Adicionalmente, se detectó la presencia de *Ulva lactuca* en proporciones importantes en los meses de diciembre, enero y marzo, pero restringida a las estaciones E1 y sobre todo E4. (figura 15). En la tabla 8 se puede observar que las estaciones más afectadas durante la temporada 2022-23 fueron las estaciones E1 y E4.

Tabla 8. Proporción de algas verdes filamentosas, en porcentaje, en las estaciones de monitoreo del río Pudeto. En rojo valores sobre el límite para la categoría de plaga y en amarillo para la categoría riesgo de plaga.

Pudeto	E1	E2	E4	E5	E6
nov-21	100	42	30	6	0
dic-21	98	91	72	80	0
ene-22	82	55	23	4	12
mar-22	96	30	29	26	15
abr-22	93	0	0	0	0
nov-22	4	6	87	0	0
dic-22	61	54	51	12	7
ene-23	88	0	51	7	28
mar-23	94	19	47	28	15
oct-23		2	8	0	0
nov-23	63	18	15	5	1
ene-24	11	17	21	17	13
mar-24	41	0	66	14	0
abr-24	25	0	0	0	0

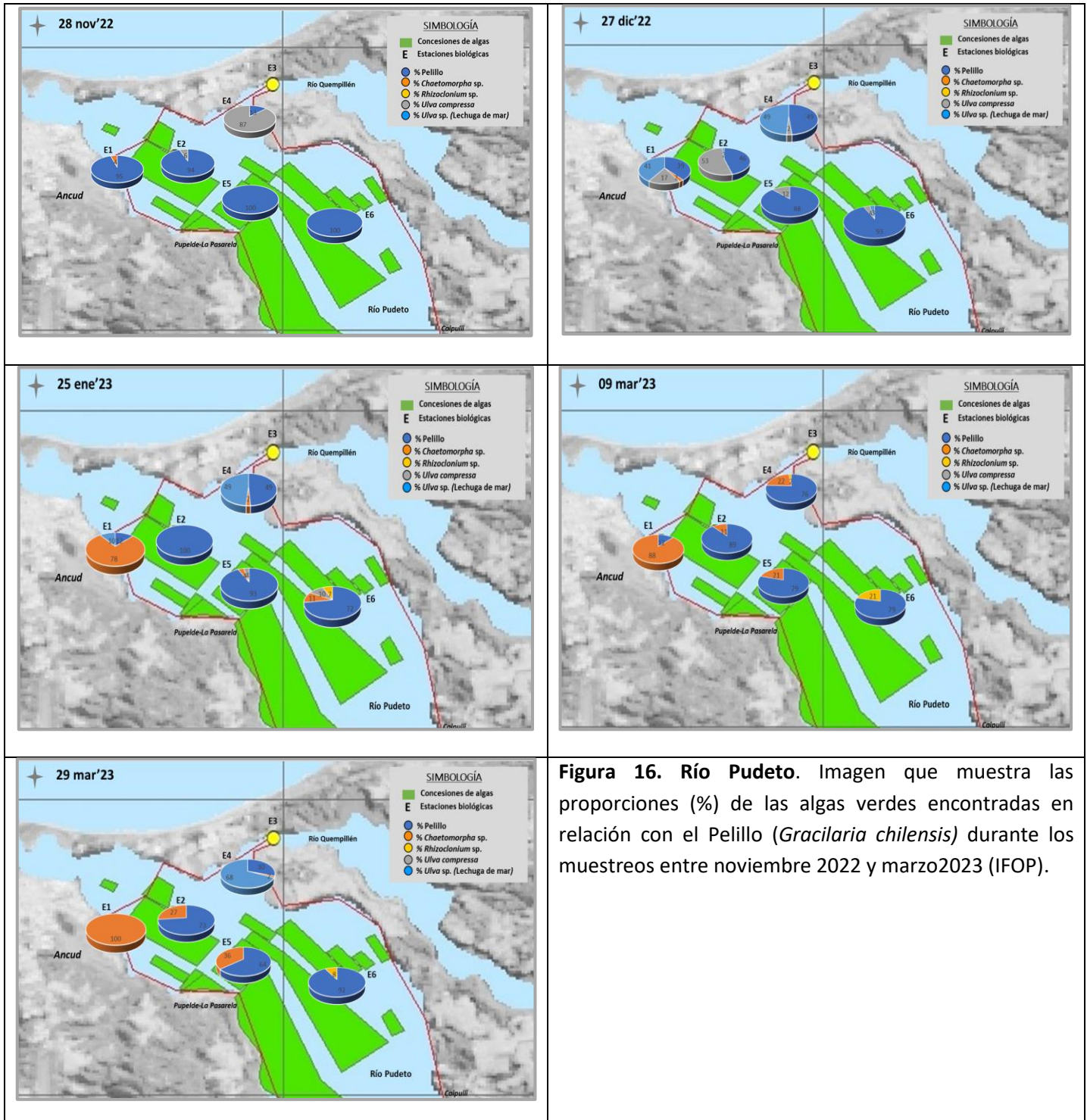


Figura 16. Río Pudeto. Imagen que muestra las proporciones (%) de las algas verdes encontradas en relación con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante los muestreos entre noviembre 2022 y marzo 2023 (IFOP).

Durante la temporada 2023-2024, en el río Pudeto se observó la presencia de 3 de las algas declaradas plaga *Chaetomorpha linum*, *Ulva compressa* y *Rhizoclonium*, pero en una abundancia y proporción menor a las temporadas anteriores. *Chaetomorpha linum* comenzó a detectarse desde octubre y fue aumentando paulatinamente con su máxima distribución en enero y máxima proporción en marzo de 2024. En el caso de *Rhizoclonium* detectó en bajas biomásas y ubicación espacial en los meses de octubre y noviembre y marzo. Por su parte, *Ulva compressa* se detectó en noviembre y principios de enero.

En la tabla 8, se puede observar que en general, las estaciones E1, E2 y E4, se ven más afectadas por la presencia de algas verdes filamentosas, igualmente podemos observar que durante la temporada 2023-2024 hubo una disminución de la presencia de estas algas, respecto a las temporadas anteriores.

En el río Pudeto los resultados muestran que se cumple con los criterios de área de plaga en categoría plaga (tabla 9), a pesar de que sólo se cuenta con muestreos sistemáticos las tres últimas temporadas, es decir 2 años con proporciones de algas verdes filamentosas superiores al 30%.

Tabla 9. Proporción de algas verdes filamentosas, en porcentaje, en las estaciones de monitoreo del río Pudeto. En rojo valores sobre el límite para la categoría de plaga y en amarillo para la categoría riesgo de plaga.

	2021	2022	2023	2024
E1	99	72	85	22
E2	67	29	12	9
E4	51	37	34	27
E5	43	11	14	12
E6	0	8	12	6
Total	52	31	29	15

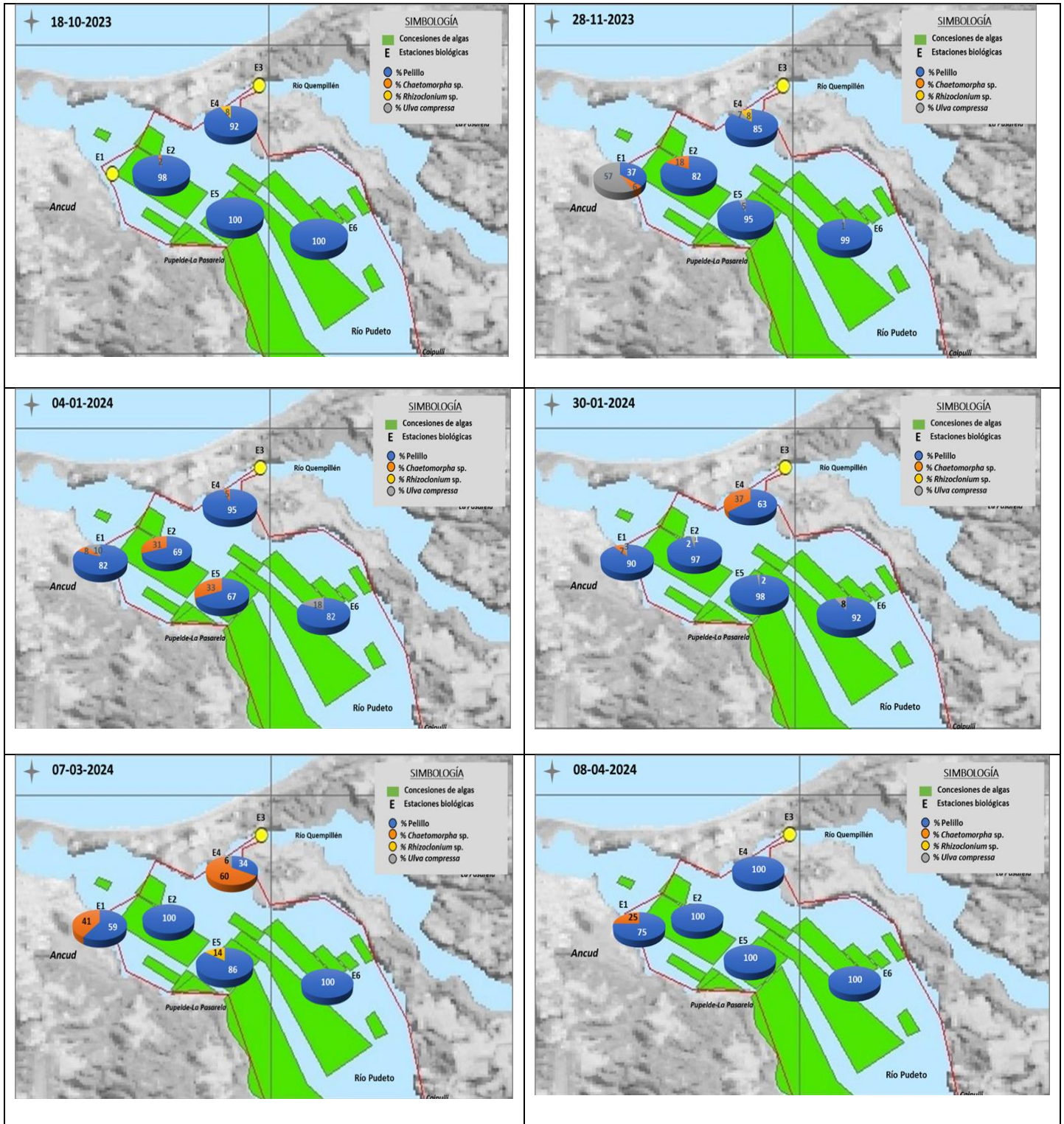


Figura 17. Río Pudeto. Imagen que muestra las proporciones (%) de las algas verdes encontradas en relación con el Pelillo (*Gracilaria chilensis*) durante los muestreos entre octubre 2023 y abril 2024 (IFOP).

5.3 Río San Pedro Nolasco:

Hasta la fecha, en el río San Pedro de Nolasco, no se ha registrado la presencia de algas verdes filamentosas en ninguna de las estaciones de monitoreo ni en las zonas aledañas a las estaciones de monitoreo. Considerando que sobre este sector solo se tiene información sistemática desde noviembre de 2021 y que existen muy pocos antecedentes sobre la desembocadura de este río, se recomienda que continúe declarado, pero en categoría de riesgo de plaga, hasta contar con mayores antecedentes y poder aplicar la matriz de decisión propuesta en la tabla 3 del presente informe.

6. PRINCIPALES OBSERVACIONES

- 6.1 En el río Maullín durante el otoño 2020 y otoño 2021, se produjeron importantes proliferaciones de algas verdes filamentosas de la especie *Chaetomorpha linum*, que afectaron los cultivos de pelillo y provocaron varazones de algas en las playas que perturbaron a la población aledaña con malos olores y la obstrucción de la circulación a través del borde costero.
- 6.2 En las temporadas posteriores de 2022 a 2024, en el río Maullín, se produjeron proliferaciones de algas verdes filamentosas de una menor intensidad que la de 2021, pero igualmente afectaron a los cultivadores del pelillo y a la población en general. En estas temporadas, además de *Chaetomorpha linum*, se detectó *Cladophora ruchingeri*.
- 6.3 En río Pudeto, la situación fue similar al río Maullín, se produjeron grandes proliferaciones en los veranos 2020 y 2021, y posteriormente proliferaciones de una menor intensidad, pero que igualmente afectaron a los cultivadores de Pelillo. Las especies identificadas correspondieron a las algas verdes filamentosas *Chaetomorpha linum*, *Ulva compressa* y *Rhizoclonium sp.* Además, del alga verde no filamentosa *Ulva lactuca*.
- 6.4 En río San Pedro de Nolasco, no se registró la presencia de algas verdes filamentosas durante ninguno de los muestreos realizados, en la temporada 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024. Sin embargo, y en consideración a que existen muy pocos antecedentes sobre este sector, considerando que en años anteriores sí se vio afectado, se mantendrá su estatus de área de plaga, pero en categoría riesgo de plaga.

7. CONCLUSIONES.

- 7.1 Se sugiere renovar la declaración de área de plaga en categoría plaga de las “algas verdes filamentosas” que epifitan sobre el cultivo del pelillo y/o varan en grandes cantidades en las playas, en la desembocadura del río Maullín, de acuerdo con el polígono cuyas coordenadas se detallan en la tabla N° 10, en la comuna de Maullín, provincia de Llanquihue, Región de los Lagos.
- 7.2 Se sugiere renovar la declaración de área de plaga en la desembocadura del Río San Pedro Noscalo, pero modificar su categoría a riesgo de plaga, en el polígono cuyas coordenadas se detallan en la tabla N° 11, en la comuna de Maullín, provincia de Llanquihue, Región de los Lagos.
- 7.3 Se sugiere renovar la declaración de área de plaga, en categoría de plaga, en cuerpos de agua de la desembocadura del río Pudeto, de acuerdo con el polígono cuyas coordenadas se detallan en la tabla N° 12, en la comuna de Ancud, Provincia de Chiloé, Región de Los Lagos.
- 7.4 Se sugiere al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, con base a la información aquí presentada, analizar la pertinencia de actualizar el Programa de vigilancia para algas verdes filamentosas, establecido por la resolución exenta N° 1085 de 2020, de ese mismo Servicio.

Tabla 10. Coordenadas geográficas de los vértices que delimitan el polígono declarado plaga, en categoría de plaga, en el río Maullín.

Vértice	Latitud	Longitud
1	41°35'05,43"	73°39'17,67"
2	41°34'46,77"	73°39'02,85"
3	41°34'44,82"	73°38'44,07"
4	41°34'51,09"	73°38'14,26"
5	41°35'00,03"	73°37'51,39"
6	41°35'07,99"	73°37'32,63"
7	41°36'15,53"	73°36'13,71"
8	41°36'19,65"	73°35'55,51"
9	41°36'17,61"	73°35'21,52"
10	41°36'23,79"	73°34'53,86"
11	41°36'07,96"	73°34'48,41"
12	41°35'41,89"	73°34'06,26"
13	41°35'49,23"	73°33'44,38"
14	41°36'27,17"	73°33'36,29"
15	41°36'43,81"	73°34'02,72"
16	41°36'55,67"	73°35'22,86"
17	41°36'48,89"	73°36'30,37"
18	41°36'32,79"	73°37'33,00"
19	41°36'11,42"	73°38'04,60"
20	41°36'03,58"	73°38'30,84"
21	41°36'04,49"	73°39'01,96"

Tabla 11. Coordenadas geográficas de los vértices que delimitan el polígono propuesto para ser declarado plaga, en categoría riesgo de plaga, en el río San Pedro Nolasco.

Vértice	Latitud	Longitud
1	41°39'51,8"	73°39'47,4"
2	41°38'34,0"	73°40'20,2"
3	41°39'31,8"	73°40'03,3"
4	41°39'06,5"	73°39'36,3"
5	41°38'31,5"	73°40'09,2"
6	41°39'09,6"	73°39'50,5"

Tabla 12. Coordenadas geográficas de los vértices que delimitarían el polígono declarado plaga, en categoría de plaga, en el río Pudeto.

Vértice	Latitud	Longitud
1	S 41° 52' 47.08"	W 73° 47' 18.69"
2	S 41° 52' 39.24"	W 73° 47' 01.29"
3	S 41° 52' 25.77"	W 73° 46' 53.64"
4	S 41° 52' 32.99"	W 73° 46' 34.74"
5	S 41° 52' 15.69"	W 73° 46' 06.00"
6	S 41° 52' 18.23"	W 73° 46' 05.92"
7	S 41° 52' 21.24"	W 73° 46' 12.82"
8	S 41° 52' 29.14"	W 73° 46' 13.43"
9	S 41° 52' 30.93"	W 73° 46' 07.18"
10	S 41° 52' 43.38"	W 73° 46' 00.26"
11	S 41° 52' 40.58"	W 73° 45' 34.38"
12	S 41° 52' 51.43"	W 73° 45' 16.44"
13	S 41° 53' 06.26"	W 73° 45' 10.11"
14	S 41° 53' 28.72"	W 73° 44' 55.54"
15	S 41° 54' 07.23"	W 73° 44' 45.88"
16	S 41° 54' 18.05"	W 73° 45' 25.70"
17	S 41° 54' 08.83"	W 73° 45' 39.52"
18	S 41° 54' 05.46"	W 73° 46' 00.56"
19	S 41° 53' 18.63"	W 73° 46' 19.54"
20	S 41° 53' 17.49"	W 73° 46' 47.82"
21	S 41° 53' 09.14"	W 73° 47' 07.31"
22	S 41° 52' 56.58"	W 73° 47' 12.10"

8. REFERENCIAS.

Avila M . 2020. Informe de muestreo realizado en sector La Pasada en Marzo y Abril de 2020, Laboratorio de Algas Instituto de Ciencia y Tecnología, Universidad Arturo Prat.

Yan Ji & K. Gao.2020. Chapter Two - Effects of climate change factors on marine macroalgae: A review. *Advances in Marine Biology*. Volume 88, 2021, Pages 91-136.
<https://doi.org/10.1016/bs.amb.2020.11.001>

Liu, D., J. K. Keesing, Z. Dong, D. Di, Y. Shi, P. Fearn, and P. Shi (2010), Recurrence of the world's largest green-tide in 2009 in Yellow Sea, China confirms *Porphyra yezoensis* aquaculture rafts provide nursery for macroalgal blooms, *Mar. Pollut. Bull.*, 60, 1423-1432.

Liu, D., et al.,2013. The world's largest macroalgal bloom in the Yellow Sea, China: Formation and implications, Estuarine, Coastal and Shelf Science (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.05.021>

Ojeda j. 2022. Reporte Presencia de algas verdes filamentosas sobre los cultivos de pelillo en los ríos Maullín, San Pedro de Nolasco y Pudeto durante el monitoreo 2021-2022 IFOP.

Ojeda j. 2023. Reporte Presencia de algas verdes filamentosas sobre los cultivos de pelillo en los ríos Maullín, San Pedro de Nolasco y Pudeto durante el monitoreo 2022-2023 IFOP.

Ojeda j. 2024. Reporte Presencia de algas verdes filamentosas sobre los cultivos de pelillo en los ríos Maullín, San Pedro de Nolasco y Pudeto durante el monitoreo 2023-2024 IFOP.

Sernapesca. 2023. Anuario Estadístico de Pesca de y Acuicultura.

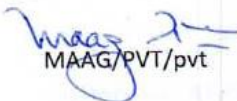
Vidal G et al . 2020. Estudio del desempeño ambiental de la acuicultura en Chile y su efecto en los ecosistemas de emplazamiento. Informe Final convenio 2019, IFOP.

Vidal G et al. 2021. Estudio del desempeño ambiental de la acuicultura en Chile y su efecto en los ecosistemas de emplazamiento. Informe Final convenio 2020, IFOP.

Schreyers, L.; van Emmerik, T.; Biermann, L.; Le Lay, Y.-F. 2021. Spotting Green Tides over Brittany from Space: Three Decades of Monitoring with Landsat Imagery. <https://doi.org/10.3390/rs13081408>



CONSTANZA SILVA HERNÁNDEZ
Jefe de División de Acuicultura


MAAG/PVT/pvt