



INFORME AMBIENTAL DE LA ACUICULTURA

Período 2015 a 2016

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

Noviembre, 2017

TABLA DE CONTENIDOS

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- CARACTERÍSTICAS DE LA ACUICULTURA EN CHILE.....	3
3.- REGULACIONES AMBIENTALES DE LA ACUICULTURA EN CHILE.....	10
4.- METODOLOGÍA.....	13
5.- RESULTADOS INFORME AMBIENTAL.....	15
5.1.- Análisis de Informes Ambientales evaluados.....	16
5.2.- Análisis Descriptivo de Variables Ambientales.....	25
5.2.1.- Materia Orgánica.....	25
5.2.2.- Potencial Redox.....	26
5.2.3.- pH.....	28
5.2.4.- Granulometría.....	29
5.2.5.- Oxígeno.....	30
6.- DISCUSIÓN.....	33
7.- CONCLUSIONES.....	36
ANEXO I.....	37
ANEXO II.....	60
ANEXO III.....	71

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Biomasa total en centros de cultivo para los años 2015 y 2016, por grupo de especies.	4
Gráfico 2. Número de centros de cultivo activos para los años 2015 y 2016.....	4
Gráfico 3. Biomasa porcentual producida por región para los años 2015 y 2016.....	5
Gráfico 4. Número de INFAs evaluadas para los años 2015 y 2016.....	15
Gráfico 5. Porcentaje de INFAs por año de estudio para cada región.	16
Gráfico 6. Porcentaje de INFAs por grupo de especies por año.....	18
Gráfico 7. Porcentaje de INFAs con calificación aeróbica/anaeróbica por año.....	20
Gráfico 8. Porcentaje de INFAs aeróbicas para cada región por año.....	21
Gráfico 9. Porcentaje de INFAs anaeróbicas por región por año.....	21
Gráfico 10. Porcentaje de INFAs aeróbicas por año por grupo de especies.....	22
Gráfico 11. Porcentaje de INFAs anaeróbicas por año por grupo de especies.....	23
Gráfico 12. Porcentaje de INFAs aeróbica por región para los años 2015 a 2016.....	24
Gráfico 13. Porcentaje de INFAs anaeróbica por región para los años 2015- 2016.....	24
Gráfico 14. Porcentaje promedio de materia orgánica por año y por región.....	26
Gráfico 15. Potencial Redox promedio (mV) por región para cada año de estudio.....	27
Gráfico 16. pH promedio por región para cada año de estudio.....	28
Gráfico 17. Granulometría promedio, expresada como porcentaje de fango, por región y año de estudio.....	30
Gráfico 18. Concentración de oxígeno promedio disuelto en mg/l, a 1 metro sobre el fondo por región y año en estudio.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Número de centros de cultivo activos por año según región.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 2. Biomasa total producida en toneladas por año según región.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 3. Biomasa total producida (en toneladas) por año según las principales especies producidas en los centros de cultivo de Chile.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 4. Porcentaje de biomasa por año según especies dentro de cada grupo de especies (algas, moluscos, peces y otros).....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 5. Distribución de grupos de especies producidas por año según región.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 6. Periodicidad de entrega de la INFA según tipo de cultivo.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 7. Requisitos de cada categoría de centros de cultivo.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 8. Total de INFAs realizadas por año según región.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 9. Número de INFAs por año según grupo de especies.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 10. Número de INFAs por año según categoría.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 11. Variables exigidas en la Información Ambiental y límites de aceptabilidad.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 12. Número de INFAs por año según calificación ambiental.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 13. N° de INFAs por región según grupo de especies dentro de cada calificación ambiental.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 14. N° de INFAs por año según grupo de especies dentro de cada calificación ambiental...22</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 15. Número de INFAs por categoría según año dentro de cada calificación ambiental.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 16. Total de especies cultivadas por grupo y su producción entre los años 2009 a 2014.....</i>	<i>59</i>

ÍNDICE DE MAPAS

<i>Mapa 1. Distribución espacial de biomasa en la III Región, año 2015.....</i>	<i>38</i>
<i>Mapa 2. Distribución espacial de biomasa en la III Región, año 2016.....</i>	<i>39</i>
<i>Mapa 3. Distribución espacial de biomasa en la III Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>40</i>
<i>Mapa 4. Distribución espacial de biomasa en la IV Región, año 2015.....</i>	<i>41</i>
<i>Mapa 5. Distribución espacial de biomasa en la IV Región, año 2016.....</i>	<i>42</i>
<i>Mapa 6. Distribución espacial de biomasa en la IV Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>43</i>
<i>Mapa 7. Distribución espacial de biomasa en la IX Región, año 2015.....</i>	<i>44</i>
<i>Mapa 8. Distribución espacial de biomasa en la IX Región, año 2016.....</i>	<i>45</i>
<i>Mapa 9. Distribución espacial de biomasa en la IX región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>46</i>
<i>Mapa 10. Distribución espacial de biomasa en la X Región, año 2015.....</i>	<i>47</i>
<i>Mapa 11. Distribución espacial de biomasa en la X Región, año 2016.....</i>	<i>48</i>
<i>Mapa 12. Distribución espacial de biomasa en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>49</i>
<i>Mapa 13. Distribución espacial de biomasa en la XI Región, año 2015.....</i>	<i>50</i>
<i>Mapa 14. Distribución espacial de biomasa en la XI Región, año 2016.....</i>	<i>51</i>
<i>Mapa 15. Distribución espacial de biomasa en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>52</i>
<i>Mapa 16. Distribución espacial de biomasa en la XII Región, año 2015.....</i>	<i>53</i>
<i>Mapa 17. Distribución espacial de biomasa en la XII región, año 2016.....</i>	<i>54</i>
<i>Mapa 18. Distribución espacial de biomasa en la XII Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>55</i>
<i>Mapa 19. Distribución espacial de biomasa en la XIV región, año 2015.....</i>	<i>56</i>
<i>Mapa 20. Distribución espacial de biomasa en la XIV región, año 2016.....</i>	<i>57</i>

<i>Mapa 21. Distribución espacial de biomasa en la XIV región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>58</i>
<i>Mapa 22. Condición ambiental en la X Región según los resultados de la INFA, año 2015.....</i>	<i>61</i>
<i>Mapa 23. Condición ambiental en la X Región según los resultados de la INFA, año 2016.....</i>	<i>62</i>
<i>Mapa 24. Condición ambiental en la X Región según los resultados de la INFA, periodo 2015 a 2016.....</i>	<i>63</i>
<i>Mapa 25. Condición ambiental en la XI Región según los resultados de la INFA, año 2015.....</i>	<i>64</i>
<i>Mapa 26. Condición ambiental en la XI Región según los resultados de la INFA, año 2016.....</i>	<i>65</i>
<i>Mapa 27. Condición ambiental en la XI Región según los resultados de la INFA, periodo 2015 a 2016.....</i>	<i>66</i>
<i>Mapa 28. Condición ambiental en la XII Región según los resultados de la INFA, año 2015.....</i>	<i>67</i>
<i>Mapa 29. Condición ambiental en la XII Región según los resultados de la INFA, año 2016.....</i>	<i>68</i>
<i>Mapa 30. Condición ambiental en la XII Región según los resultados de la INFA, periodo 2015 a 2016.....</i>	<i>69</i>
<i>Mapa 31. Condición ambiental en la XIV Región según los resultados de la INFA, año 2016.....</i>	<i>70</i>
<i>Mapa 32. Distribución y concentración de materia orgánica en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>72</i>
<i>Mapa 33. Distribución y concentración de materia orgánica en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>73</i>
<i>Mapa 34. Distribución y concentración de materia orgánica en la XII región, promedio anual del año 2015.....</i>	<i>74</i>
<i>Mapa 35. Distribución y concentración de materia orgánica en la XIV región, promedio anual del año 2016.....</i>	<i>75</i>
<i>Mapa 36. Expresión del potencial de óxido reducción en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>76</i>
<i>Mapa 37. Expresión del potencial de óxido reducción en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....</i>	<i>77</i>

Mapa 38. Expresión del potencial de óxido reducción en la XII región, promedio anual del año 2015.....	78
Mapa 39. Expresión del potencial de óxido reducción en la XIV región, promedio anual del año 2016.....	79
Mapa 40. Expresión del pH en centros de cultivo de X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....	80
Mapa 41. Expresión del pH en centros de cultivo de XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....	81
Mapa 42. Expresión del pH en centros de cultivo de XII Región, promedio anual del año 2015.....	82
Mapa 43. Expresión del pH en centros de cultivo de XIV Región, promedio anual de los años 2016.	83
Mapa 44. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la X Región, promedio de los años 2015 a 2016.....	84
Mapa 45. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la XI región, promedio de los años 2015 a 2016.....	85
Mapa 46. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la XII Región, promedio del año 2015.....	86
Mapa 47. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la XIV Región, promedio del año 2016.....	87
Mapa 48. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....	88
Mapa 49. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....	89
Mapa 50. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la XII región, promedio anual de los años 2015 a 2016.....	90
Mapa 51. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la XIV Región, promedio anual del año 2016.....	91

1.- INTRODUCCIÓN

Desde la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano en el año 1972, los países firmantes, incluido nuestro país, han avanzado en normativas y regulaciones que permitan desarrollar proyectos económicamente viables sin que esto signifique deterioro en las condiciones medio ambientales y la calidad de vida de los habitantes, tratando de alcanzar así la sustentabilidad de la industria.

En el caso de la Acuicultura, esta sustentabilidad ha sido el principio que ha guiado los esfuerzos del país, así la Política Nacional de Acuicultura (PNA) establece como su objetivo general “Promover el máximo nivel posible de crecimiento económico de la acuicultura chilena en el tiempo, en un marco de sustentabilidad ambiental y equidad en el acceso a la actividad”.

En el marco de este principio, la Ley 18.892 General de Pesca y Acuicultura establece en sus artículos 74° y 78° que los centros de cultivo deberán mantener la limpieza y el equilibrio ecológico de la zona concedida y operar en niveles compatibles con las capacidades de los cuerpos de agua. De esta forma se establecen las bases para la dictación de D.S. (MINECOM) N° 320 de 1991, Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) el cual viene a establecer las pautas para el desarrollo ambientalmente sustentable de esta actividad y dispone la obligatoriedad de realizar una Caracterización Preliminar del Sitio (CPS) para aquellos proyectos de acuicultura en sectores de agua y fondo que deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Por otra parte, los centros de cultivo en porción de agua y fondo durante su vida de operaciones deben realizar un seguimiento de las condiciones ambientales del centro en el período de máxima biomasa, incorporando por lo tanto, el monitoreo de aquellas variables ambientales definidas para la categoría de cada centro de cultivo, de acuerdo a las especificaciones de la Resolución acompañante del RAMA (Resol (SSP) N° 3612 de 2009).

Por otra parte el artículo 20° del RAMA establece la obligatoriedad de dar a conocer en un informe bianual del estado ambiental de la acuicultura. Así el presente informe se enmarca en el análisis sectorial de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca) sobre el impacto que esta actividad tiene sobre el medio ambiente, cuál ha sido la normativa aplicada y qué resultados han generado estas medidas.

Este informe contiene la información ambiental recopilada entre los años 2015 y 2016, proporcionada por los titulares de los centros de cultivo y evaluados por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), a través de los informes ambientales (INFA).

Los resultados obtenidos corresponden al análisis de los informes ambientales a nivel país, representando la información a escala regional, por categorías, grupos de especies y

evaluación ambiental, entre otros. Además, se incluyen mapas con la distribución espacial de los centros de cultivo e información relevante, para las zonas geográficas de mayor concentración de biomasa, correspondiente a las regiones de Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes debido a que para este periodo no se presentaron INFAs en el norte del país.

2.- CARACTERÍSTICAS DE LA ACUICULTURA EN CHILE

La acuicultura en nuestro país se ha consolidado durante las últimas décadas, de la mano de especies nativas e introducidas. Salmón y trucha, en el caso de los peces; choritos, cholgas y choros, en los moluscos, han mantenido relativamente constante la producción acuícola nacional durante los últimos años y si bien, existen distintas otras especies que están siendo cultivadas en nuestro país, la principal producción corresponde a salmónidos y mitílidos, concentrándose el mayor volumen entre la X y la XII regiones.

Para los propósitos de este informe, se expresa la producción como la “biomasa total” de cada centro de cultivo, la que está definida como: la biomasa de existencia en el agua el mes 12 del año (al 31 de diciembre), más la biomasa de todas las salidas (cosechada, la biomasa muerta (mortalidad informada por los centros de cultivo) y la biomasa enviada a laboratorio (para análisis sanitario o de calidad)), es decir, toda la biomasa que estuvo físicamente en el centro durante un año calendario.

La “biomasa total” entre los años 2015 al 2016, alcanzó un valor superior a las 1.800.000 toneladas para ambos años (gráfico 1). Este concepto de “biomasa total”, es fundamental para la comprensión de este informe, ya que expresa de manera directa la carga productiva que fue mantenida en el ambiente de cada centro de cultivo entre los años 2015 a 2016.

Respecto al número de centros activos anualmente, se puede observar que este estuvo alrededor de los 1.650 para los 2 años de estudio (gráfico 2), en estos se incluyen concesiones de acuicultura de mar y playa. Respecto de su distribución por región es de notar que la X región concentra el mayor número de centros, seguida por la XI y XII regiones (tabla 1).

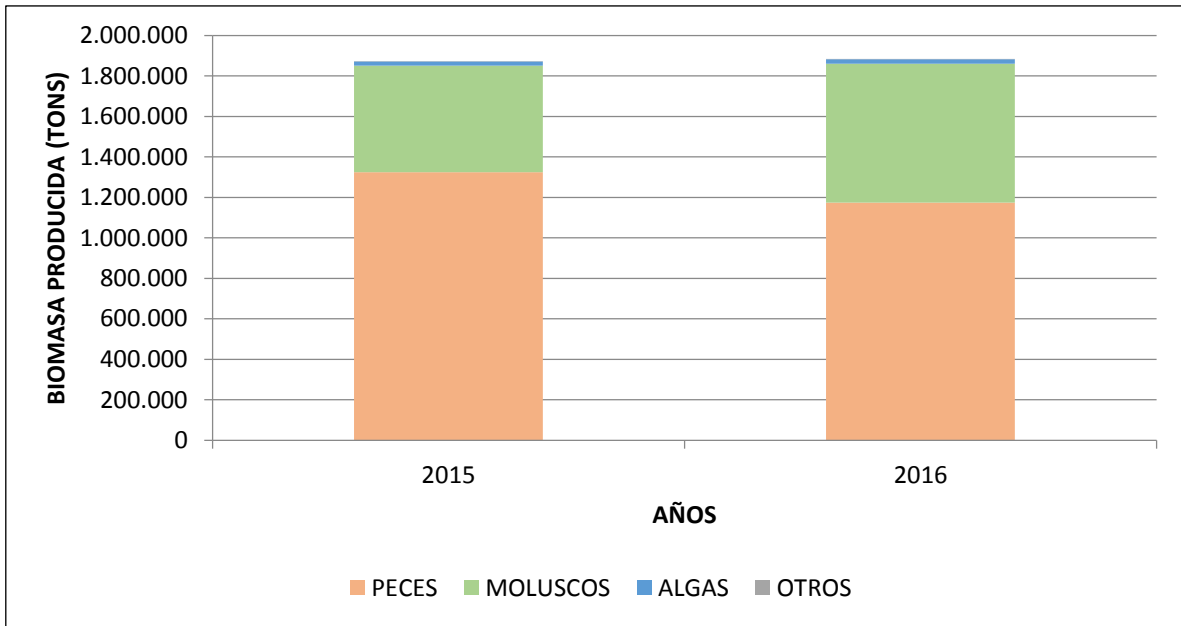


Gráfico 1. Biomasa total en centros de cultivo para los años 2015 y 2016, por grupo de especies (Sernapesca, GIA/SIFA 2015-2016).

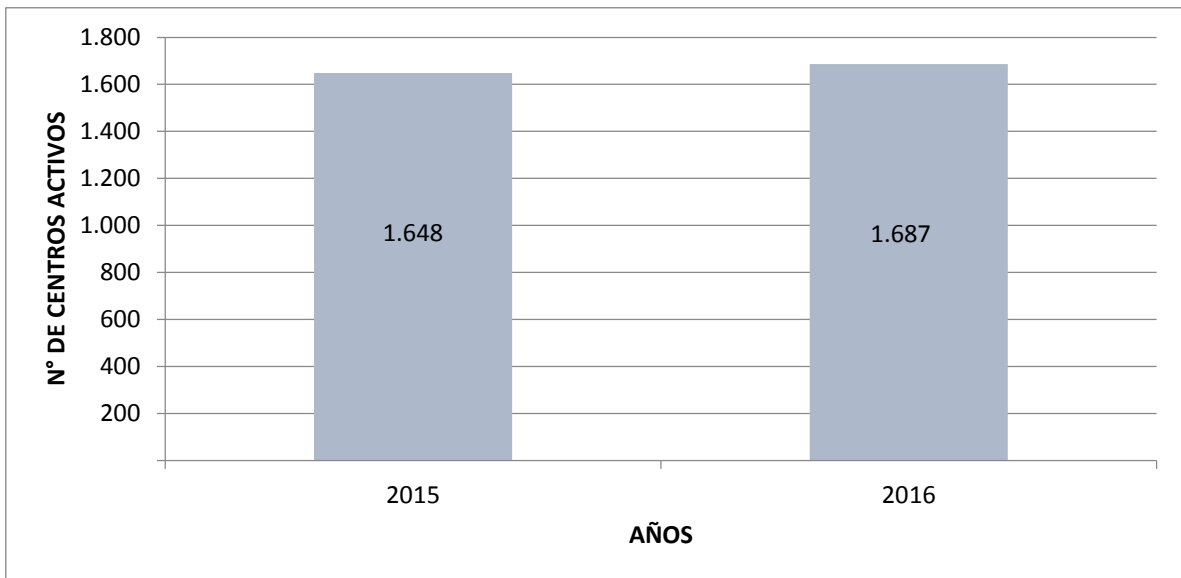


Gráfico 2. Número de centros de cultivo activos para los años 2015 y 2016.

Tabla 1. Número de centros de cultivo activos por año según región.

Región	2015	2016
I	2	2
II	2	2
III	28	29
IV	31	29
V	2	0
VI	1	1
VIII	4	3
IX	17	35
X	1.255	1.315
XI	253	215
XII	41	46
XIV	12	10
Total	1.648	1.687

La distribución espacial de la biomasa total se concentró principalmente en la zona sur austral del territorio nacional, encontrando entre las regiones X a XI la mayor producción acuícola del país, con valores cercanos al 99% en ambos años de estudio (gráfico 3). En el Anexo I (mapas 1 a 21), se puede observar la distribución de biomasa para las regiones más importantes respecto a la biomasa total (regiones III, IV, IX, X, XI y XII).

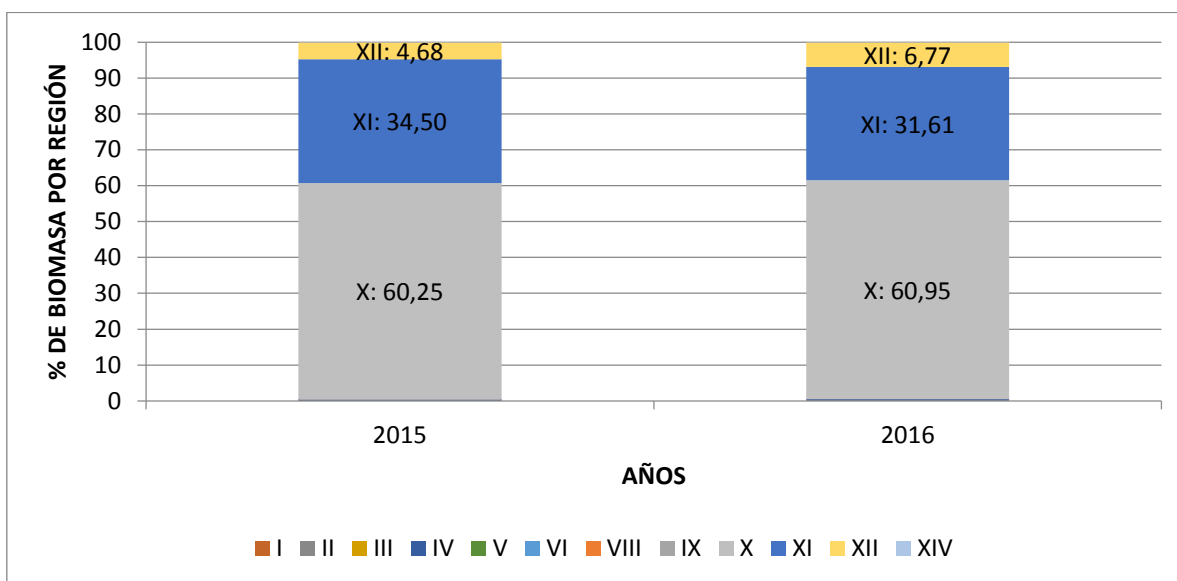


Gráfico 3. Biomasa porcentual producida por región para los años 2015 y 2016 (en las barras se indica la región y el porcentaje de biomasa, para las regiones más relevantes).

El detalle del aporte de biomasa anual por región muestra claramente que la X región es la que más biomasa aportó, seguido de la XI. Más atrás aparecen la XII, IV y III regiones, es interesante observar como a través de los años (2015 a 2016), la III y IV región aumentan su producción, lo mismo ocurre con la XII, aunque en este último caso, este aumento es sustancialmente mayor comparado con los dos primeros (Tabla 2).

Tabla 2. Biomasa total producida en toneladas por año según región.

Región	2015	2016	% (2015-2016)
I	2,67	3,30	0,00
II	69,63	4,12	0,00
III	812,92	1.636,41	0,07
IV	6.458,17	7.722,14	0,38
V	22,00	0,00	0,00
VI	0,27	0,01	0,00
VIII	163,12	118,59	0,01
IX	736,71	821,57	0,04
X	1.128.763,35	1.148.865,09	60,66
XI	646.402,27	595.926,63	33,09
XII	87.598,94	127.546,92	5,73
XIV	435,88	407,66	0,02
Total	1.871.465,93	1.883.052,43	100

Las regiones restantes (I, II, V, VI, VIII, IX y XIV), aportaron menos del 1% a la biomasa total producida anualmente en el país. Esta diferencia se puede explicar por la diferencia en el número de centros que operan.

Respecto a las principales especies cultivadas, en cuanto a biomasa total producida (Tabla 3), y sus respectivos porcentajes (Tabla 4), se observa que en el caso de las algas, las especies que dan cuenta del 100% de su biomasa, son el pelillo y el huiro.

Para los moluscos, las principales especies producidas son las que corresponden al grupo de mitílidos, principalmente el chorito que tanto para el 2015 y 2016, muestra las principales biomazas producidas, incluso aumentando su biomasa del 2015 al 2016. Respecto del resto de las especies incluidas en este grupo (cholga, choro, ostión del norte, ostra chilena y del pacífico), muestran descensos en la biomasa del año 2015 al 2016. Es de notar que a nivel general el grupo completo aumenta su biomasa del 2015 al 2016.

Finalmente, en el caso de los peces, los salmónidos abarcaron el 100% de la biomasa total para el periodo 2015 - 2016. De este grupo el salmón del atlántico muestra una disminución de su biomasa de un año a otro, al igual que el salmón plateado y la trucha arcoíris, aunque su disminución es menor que para el primero.

Tabla 3. Biomasa total producida (en toneladas) por año según las principales especies producidas en los centros de cultivo de Chile.

Especies	2015	2016
ALGAS	20.361,05	23.495,40
HUIRO	189,10	240,00
PELILLO	20.171,95	23.255,40
MOLUSCOS	526.252,96	685.965,33
ABALON ROJO	917,09	1.168,28
CHOLGA	4.693,43	5.674,10
CHORITO	510.739,35	665.613,60
CHORO	4.216,34	7.036,38
OSTION DEL NORTE	5.154,59	5.689,63
OSTRA CHILENA	417,93	667,37
OSTRA DEL PACIFICO	114,25	115,97
OTROS	2,72	31,25
ERIZO	0,22	27,58
ESTURION BLANCO	2,50	2,49
VIDRIOLA, PALOMETA, DORADO O TOREMO	0,00	1,19
PECES	1.324.849,21	1.173.560,46
SALMON DEL ATLANTICO	1.016.624,99	887.368,92
SALMON KETA	0,04	0,00
SALMON PLATEADO O COHO	167.640,46	165.543,04
SALMON ROSADO	0,00	0,02
TRUCHA ARCOIRIS	140.583,67	120.648,48
TRUCHA CAFE	0,05	0,00
Total	1.871.465,93	1.883.052,43

Se observa el porcentaje de los grupos que representaron el 99% de la biomasa total en Chile, estos son en orden decreciente, peces, moluscos y algas (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de biomasa por año según especies dentro de cada grupo de especies (algas, moluscos, peces y otros).

Especies	2015	2016
ALGAS	1,09	1,25
HUIRO	0,93	1,02
PELILLO	99,07	98,98

MOLUSCOS	28,12	36,43
ABALON ROJO	0,17	0,17
CHOLGA	0,89	0,83
CHORITO	97,05	97,03
CHORO	0,80	1,03
OSTION DEL NORTE	0,98	0,83
OSTRA CHILENA	0,08	0,10
OSTRA DEL PACIFICO	0,02	0,02
OTROS	0,00	0,00
ERIZO	7,92	88,25
ESTURION BLANCO	92,08	7,96
VIDRIOLA, PALOMETA, DORADO O TOREMO	0,00	3,79
PECES	70,79	62,32
SALMON DEL ATLANTICO	76,74	75,61
SALMON KETA	0,00	0,00
SALMON PLATEADO O COHO	12,65	14,11
SALMON ROSADO	0,00	0,00
TRUCHA ARCOIRIS	10,61	10,28
TRUCHA CAFE	0,00	0,00
Total	100	100

El detalle de la totalidad de especies cultivadas para cada grupo, se puede ver en la tabla 16 en el Anexo I.

Respecto de la biomasa producida total y su distribución por región, es factible observar que en la zona norte del país predomina el cultivo de moluscos y algas, sin embargo, a medida que nos desplazamos al sur del país podemos observar que este panorama cambia, apareciendo los peces (salmónidos) como un grupo de cultivo de especial relevancia, de esta forma la X Región puede considerarse como una región de transición, ya que aparecen los peces fuertemente, compitiendo y superando el 2015 el cultivo de moluscos (aunque no el 2016). Más al sur, la XI y XII Región vemos que el grupo predominante de cultivo son los peces, pudiendo considerarse incluso esta última región como una zona de monocultivo (Tabla 5) ya que no se muestra el desarrollo de otros cultivos.

Tabla 5. Distribución de grupos de especies producidas por año según región.

Región	Especies	2015	2016
I	MOLUSCOS	2,67	3,30
II	MOLUSCOS	69,63	4,12
III	ALGAS	629,13	1.335,19
III	MOLUSCOS	183,80	300,03
III	OTROS	0,00	1,19
IV	ALGAS	1.555,35	2.298,93
IV	MOLUSCOS	4.902,61	5.395,63
IV	OTROS	0,22	27,58
V	ALGAS	21,00	0,00
V	MOLUSCOS	1,00	0,00
VI	MOLUSCOS	0,27	0,01
VIII	ALGAS	132,05	105,37
VIII	MOLUSCOS	31,07	13,22
XI	MOLUSCOS	736,71	821,57
X	ALGAS	17.744,74	19.492,81
X	MOLUSCOS	520.168,11	679.282,88
X	PECES	590.850,50	450.089,40
XI	OTROS	2,50	2,49
XI	PECES	646.399,77	595.924,14
XII	PECES	87.598,94	127.546,92
XIV	ALGAS	278,78	263,10
XIV	MOLUSCOS	157,10	144,56
Total		1.871.465,93	1.883.052,43

3.- REGULACIONES AMBIENTALES DE LA ACUICULTURA EN CHILE

Desde el ámbito sectorial, la Ley 18.892 General de Pesca y Acuicultura, establece en su artículo 74° que: "La mantención de la limpieza y del equilibrio ecológico de la zona concedida, cuya alteración tenga como causa la actividad acuícola será de responsabilidad del concesionario, de conformidad con los reglamentos que se dicten."

Por otra parte, en su artículo 87° establece que "Por uno o más decretos supremos expedidos por intermedio del Ministerio, previo informe técnico debidamente fundamentados de la Subsecretaría y previa consulta a la Comisión Nacional de Acuicultura y al Consejo Zonal de Pesca que corresponda, se deberán reglamentar las medidas de protección del medio ambiente para que los establecimientos que exploten concesiones o autorizaciones de acuicultura operen en niveles compatibles con las capacidades de carga los cuerpos de agua lacustres, fluviales y marítimos, que asegure la vida acuática y la prevención del surgimiento de condiciones anaeróbicas en las áreas de impacto de la acuicultura."

El año 2001, se promulgó el D.S. (MINECON) N° 320 de 2001, Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), que viene a uniformar y establecer los requerimientos ambientales específicos para la acuicultura en nuestro país. Este reglamento apunta al tema de fondo, que es la definición de los niveles mínimos de aceptabilidad mediante la evaluación de la calidad de los fondos marinos a través del nivel de oxigenación de los sedimentos y columna de agua.

A lo largo del tiempo, durante el cual ha sido aplicado el reglamento, este ha sufrido diversas modificaciones tendientes a adecuarlo a nuevos requerimientos, metodologías y a la evolución del conocimiento y de los diversos tipos de centros de cultivo existentes en el país. Todo ello ha permitido aunar criterios específicos y generales, tanto de la operación de los centros de cultivo como de la evaluación de la condición ambiental de fondos marinos y/o columna de agua, del área utilizada por ellos.

Dentro de las criterios generales de operación definidos por el reglamento y que todo centro de cultivo debe cumplir, se encuentra la obligación de mantener la limpieza del área adyacente y de localización del centro de cultivo, el correcto acopio, traslado y disposición final de los desechos por él generados, mantención de una distancia mínima de las artes de cultivo respecto del fondo marino, poseer y aplicar planes de acción ante contingencia en cada centro de cultivo, cumplir con las especificaciones respecto de la limpieza de artes de cultivo, se instaura la prohibición de utilizar como elementos de flotación, aquellos de los que se desprendan el material que los componen. Se establecen especificaciones sobre las distancias mínimas que debe mantener o no, los centros de cultivo respecto de otros y establece la exigencia de realizar y elaborar instrumentos de evaluación ambiental (CPA e INFA), los criterios de análisis y

evaluación del sector de operación de cada centro de cultivo y las medidas a implementar según los resultados de estos.

En el reglamento vigente se establece que los proyectos de acuicultura (concesiones de acuicultura), deben presentar la evaluación ambiental del sector donde se proyecta operar, mediante la elaboración de una Caracterización Preliminar de Sitio (CPS) y, que una vez que el centro de cultivo se encuentre en operación, se realizará el seguimiento de la condición ambiental del área de operación mediante la elaboración de un Informe Ambiental o INFA. La oportunidad en la que se debe realizar la INFA depende del tipo o etapa de cultivo que se esté desarrollando (tabla 6).

Tabla 6. Periodicidad de entrega de la INFA según tipo de cultivo.

Tipo centro de cultivo	Periodicidad realización INFA	Fecha de muestreo
Extensivos	Cada dos años	Dentro del segundo año, hasta dos meses antes de su término.
Intensivos: (que se alimentan exclusiva y permanentemente de macroalgas)	Cada dos años	Dentro del segundo año, hasta dos meses antes de su término.
Intensivo: Engorda de peces	Por ciclo productivo	Dos meses antes de iniciarse la cosecha
Intensivo: Esmoltificación	Año calendario	Dos meses antes de la última cosecha del año calendario
Intensivo: Reproductores de peces	Año calendario	En el último trimestre del año calendario

Lo indicado en el reglamento y lo establecido mediante la modificación de Ley N° 20.434, instauran desde el año 2010 la obligación de elaboración de las INFA por parte del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, quien mediante licitación puede encomendar dicha labor a personas naturales o jurídicas acreditadas para elaborar los instrumentos de evaluación ambiental y sanitaria así como las certificaciones de que trata la ley o los reglamentos dictados conforme a ella.

Tanto los resultados de la Caracterización Preliminar de Sitio (CPS) como de los Informes Ambientales (INFA), son determinantes al momento de permitir que a un proyecto de acuicultura o a un centro comience su operación, ya que el reglamento condiciona el ingreso de ejemplares a los centros de cultivo, a que los resultados de CPS o INFA acrediten que el área de sedimentación

o la columna de agua se encuentren en niveles compatibles con la capacidad del cuerpo de agua (condición aeróbica). En el caso de la CPS si los resultados de dichos muestreos indican anaerobiosis, el proyecto no puede ejecutarse y en el caso de la INFA, se prohíbe el ingreso de ejemplares para el ciclo productivo siguiente, esto hasta que mediante la elaboración de otra INFA, se acredite que se ha retornado a una condición aeróbica deseada.

Por otra parte, mediante Resolución Exenta (SUBPESCA) N° 404 del 31 de enero de 2003 (actualmente reemplazada por la Res. Ex. N° 3612/2009), la Subpesca estableció las metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio (CPS) y la información ambiental (INFA). Esta Resolución ha sufrido diversas modificaciones a través del tiempo (Res. N° 3591/2015; Res. N° 2656/2014; Res. N° 1508/2014 y Res. N° 2867/2016), en términos generales clasifica los centros de cultivo en diversas categorías, considerando las características oceanográficas y de fondo que estuvieren presentes en el área del centro de cultivo, así como la producción autorizada en cada caso. Una vez establecida la categoría del centro de cultivo, se deben aplicar diversos muestreos y análisis que permitan la determinación de la condición ambiental del centro de cultivo (tabla 7).

Tabla 7. Requisitos de cada categoría de centros de cultivo.

INFA	Categoría						
	1	2	3	4	5	6	7
Parámetros							
Plano batimétrico , ubicación módulos, estación de muestreo y referencia (*)	x	x	x	x	x	x	x
Correntometría (*)			x	x	x	x	x
Granulometría		x	x			x	x
Mat. Orgánica	x	x	x			x	x
Macrofauna		x	x			x	x
pH y Pot. Redox (T° sedimentos)			x			x	x
Perfil Oxígeno	x		x	x	x	x	x
T° y Salinidad	x		x	x	x	x	x
Sulfuro (aun sin implementar)			x				
Registro Visual				x			

(*) Se presentan solo en la CPS

4.- METODOLOGÍA

La información del presente informe fue proporcionada por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). La información productiva fue analizada y corregida para representar la información de la "biomasa total" producida por cada centro de cultivo, por especie y por región, en un determinado periodo de tiempo. Esta biomasa se expresó de manera anual y corresponde a la biomasa total que salió de cada centro de cultivo durante un año, más la biomasa mantenida en el agua al día 31 de diciembre de ese mismo año. Posteriormente, esta biomasa se agrupa para poder expresarla por región, especie cultivada y por año (2015 a 2016).

Cabe hacer mención que debido a un cambio normativo, a partir del 08 de abril de 2011, es Sernapesca el que se hace cargo de la realización de las INFA para los centros de cultivo de salmónidos, dejando de recaer ésta obligación en los titulares de los centros, no así en el resto de los centros donde el titular aún es el encargado de realizar la INFA correspondiente. El detalle de qué concesiones deben presentar INFA y qué variables incluye esta, dependen entre otros de la categoría del centro, la especie cultivada y el volumen de producción.

La información utilizada corresponde al resumen de cada INFA entre los años 2015 a 2016, sistematizándose en número de INFA realizada por región y por año, calificación ambiental (aeróbica/anaeróbica), por categoría de centro y por grupo de especies.

La información de las variables ambientales de materia orgánica, potencial redox, pH, granulometría y oxígeno disuelto, fue analizada y corregida para presentar los resultados. Para materia orgánica, pH y potencial redox se promediaron las réplicas de cada estación y estas a su vez se promediaron para obtener el promedio de cada centro de cultivo. Si el centro tenía más de una INFA en el año, se promedió para obtener un dato anual. Finalmente se promediaron todos los centros por región y por año. Para la granulometría se realiza el mismo procedimiento anterior pero solo para la fracción del fango, debido a que tiene mayor probabilidad de presentar anoxia comparado con sedimentos más gruesos. Para el perfil de oxígeno disuelto se tomó el valor que está a un metro de profundidad antes de llegar al fondo, valor que se promedió con los valores de las demás estaciones del centro, para finalmente obtener un promedio anual por centro y por región.

Con objeto de realizar un análisis integrado de la información generada entre los años 2015 a 2016, se generaron mapas para las regiones más importantes desde el punto de vista productivo, esto es la III, IV, IX, X, XI, XII y XIV regiones tanto anualmente como el promedio del periodo en el Anexo I. En el caso de la calificación ambiental, INFA aeróbica/anaeróbica, se adjuntan los mapas en el Anexo II, para las regiones X, XI, XII y XIV, tanto anualmente como el promedio del periodo. Finalmente, las variables de las INFA de % de materia orgánica, pH,

potencial de óxido reducción, % de fango y oxígeno disuelto, se presentan para la X, XI, XII y XIV regiones en los mapas del Anexo III, los que permiten observar dentro de la región las áreas que, durante la presente evaluación, tienen valores más cercanos o lejanos a los límites de aceptabilidad de las variables ambientales.

Para la realización de los mapas se ocupó el programa ARCGis versión 10.1. Cada centro de cultivo fue marcado con un punto de color negro, dibujando a su alrededor un halo imaginario que varía de color según el intervalo de clase en el cual está el valor de cada variable, así, tanto la representación gráfica como el tamaño del punto en mapa no tienen relación con la superficie real de cada centro, por el contrario se encuentra amplificado con el único fin de hacer visible en el mapa la ubicación de la concesión, dado que de otra manera sería imposible ubicarlos, dada la escala regional.

5.- RESULTADOS INFORME AMBIENTAL

Para el período que va desde el año 2015 al 2016, se analizaron un total de 735 INFAs, las que corresponden al universo de informes ambientales hechos en el periodo indicado. Cabe señalar, que de acuerdo al informe emitido por la Contraloría General de la República, emanado a raíz de la auditoría efectuada a esta Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, las INFAs de aquellos centros de cultivo que se encuentren operando fuera del sector concesionado, no serán válidas para efectos ambientales. Es así, que para el año 2016 el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura en su rol fiscalizador, identificó un total de 47 INFAs que no se encontraban dentro del área concesionada y por tanto no fueron consideradas en este análisis. Otra situación que generó una disminución de las INFAs dentro del periodo analizado fue el florecimiento algal nocivo (FAN) que ocurrió el 2016 en la X Región y al terremoto y posterior maremoto de la IV región el 2015 que afectó a Tongoy y los centros de cultivo que existían. Esto último es relevante pues explica en gran parte, la disminución significativa de INFAs que se observa para el año 2016 (gráfico 4).

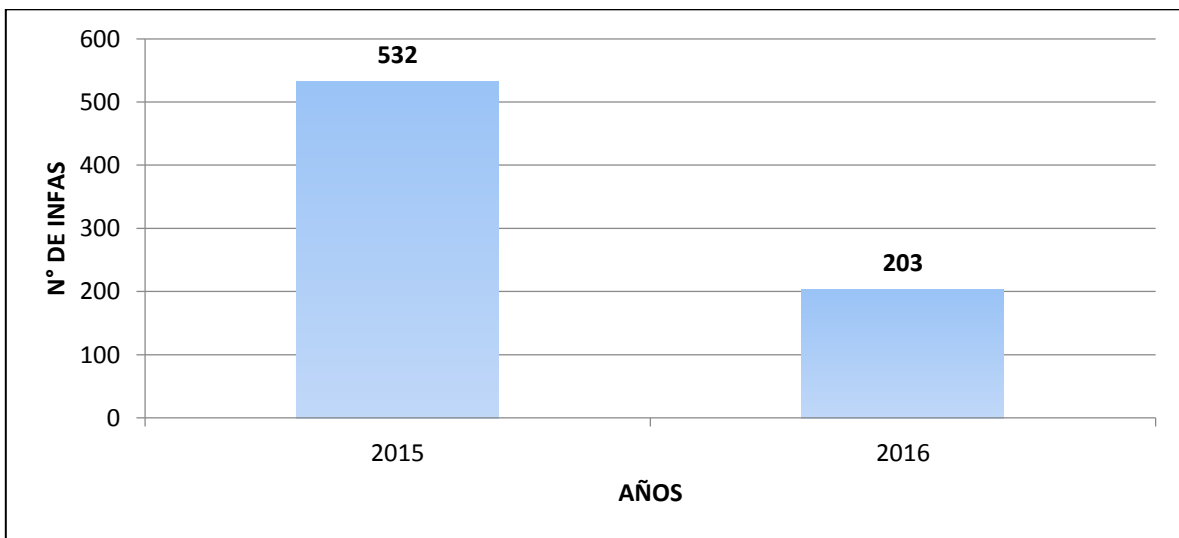


Gráfico 4. Número de INFAs evaluadas para los años 2015 y 2016.

5.1.- Análisis de Informes Ambientales evaluados

Como se puede apreciar, en el período analizado solo se presentaron INFAs en la XIV, X, XI y XII regiones, no en el resto de las mismas.

Al revisar la distribución de INFAs por región, se observa que la X y XI regiones son las que acumularon el mayor número de INFAs en el periodo (Tabla 8).

Tabla 8. Total de INFAs realizadas por año según región.

Región	2015	2016	Total
X	353	126	479
XI	157	62	219
XII	22	14	36
XIV		1	1
Total	532	203	735

De la tabla anterior se puede apreciar la significativa disminución en el número de INFAs al comparar el 2016 respecto del año anterior (38%), cayendo de un año al otro en prácticamente todas las regiones.

Se observa que el 94,9% de las INFAs que fueron realizadas a través del periodo corresponden a centros de cultivo ubicados en la X y XI regiones (gráfico 5).

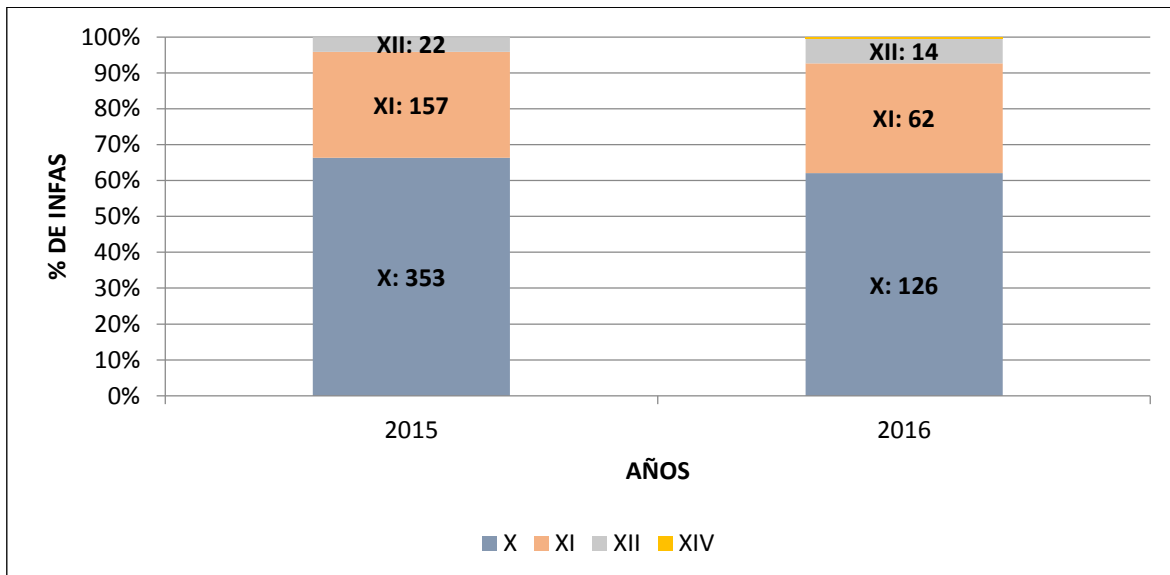


Gráfico 5. Porcentaje de INFAs por año de estudio para cada región.

Respecto a los grupos de especies, destacaron peces y moluscos en las INFAs realizadas para los años analizados (tabla 9).

Tabla 9. Número de INFAs por año según grupo de especies.

Grupo	2015	2016	Total
MOLUSCOS	174	54	228
PECES	358	149	507
Total	532	203	735

Así, se observa que las INFAs realizadas en centros donde se cultivan peces y moluscos explican el 100% de todas las INFAs realizadas (gráfico 6). Se puede apreciar además que para el año 2016 hubo una baja de INFAs de los centros de moluscos, lo anterior, se explica en parte, debido a que en el primer trimestre de 2016 se suscitó en la zona sur austral de Chile un evento de Florecimiento Algal Nocivo (FAN), también conocido como Marea Roja de la especie *Alexandrium catenella*, la que produce una toxina (Veneno Paralizante de los Moluscos) que se concentra en organismos hidrobiológicos filtradores y afecta a las personas que consumen dichos productos. Este evento, fue el más grande registrado en Chile hasta la fecha, afectó principalmente a la X Región de Los Lagos. La situación descrita determinó que mediante Decreto Supremo N°499, de abril de 2016, del Ministerio del Interior y Seguridad Pública se declarara la zona costera de la Región de Los Lagos como afectada por la catástrofe derivada de la aparición del fenómeno de Marea Roja.

Por lo anterior, mediante la Resolución Exenta N° 4.199 de 2016, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura prorrogó por un año, a partir del 16 de junio, el plazo para efectuar los muestreos requeridos para dar cumplimiento a la elaboración de los informes ambientales (INFAs) y su respectiva entrega a la autoridad pesquera. Esta medida afectó a los centros de cultivo de mitilidos en aquellos sectores declarados como zona de catástrofe.

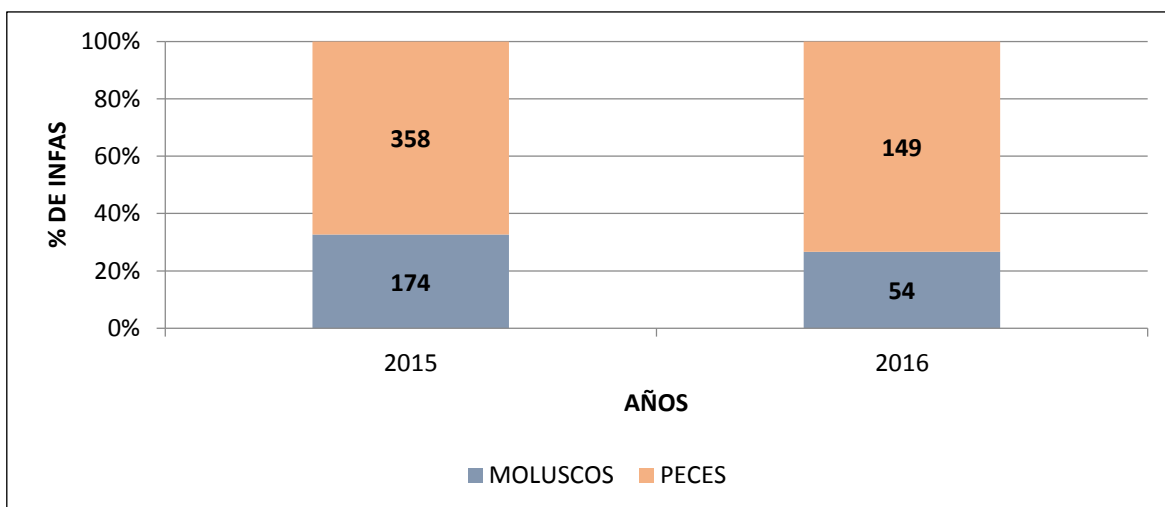


Gráfico 6. Porcentaje de INFAs por grupo de especies por año.

Las INFAs del período se dividieron en sus respectivas categorías individuales o mixtas (más de una para un centro), así, respecto al número de INFAs por categoría, se observó que en las categorías individuales con mayor número de INFA realizadas por año son, en orden descendente, la 5, 3, 1, 2, 4 y 6, y para centros de cultivo con más de una categoría predomina 4-5 y 3-5. Estas categorías son responsables del 96,32% de todos los INFA realizados, destacando que estas categorías coinciden también en que son las de mayor proporción entre los centros de cultivo que deben presentar INFA (tabla 10).

Tabla 10. Número de INFAs por año según categoría.

Categoría	2015	2016	Total
Categoría 1	75	19	94
Categoría 1 y 2	1		1
Categoría 2	58	15	73
Categoría 2 y 4	1		1
Categoría 3	122	40	162
Categoría 3 y 4	3	2	5
Categoría 3 y 5	37	17	54
Categoría 4	31	14	45
Categoría 4 y 5	56	20	76
Categoría 5	137	67	204
Categoría 5 y 7		1	1
Categoría 6	7	7	14
Categoría 7	4	1	5
Total	532	203	735

Respecto a la calificación de las INFAs, estas pueden presentar una condición aeróbica o anaeróbica, dependiendo del valor que arrojaron las variables ambientales para calificar cada centro. Cuando los valores exceden el límite de aceptabilidad estamos en presencia de un centro con condición anaeróbica (tabla 11).

Tabla 11. Variables exigidas en la Información Ambiental y límites de aceptabilidad. (Fuente: Res. (SUBPESCA) N° 3612 de 2009)

Variable	Límite aceptabilidad
Materia Orgánica	≤ 9%
pH	≥ 7,1
Eh (Redox)	≥ 50 mV
Oxígeno disuelto (1 m fondo)	≥ 2,5 mg/L
Registro visual	Ausencia de cubiertas de microorganismos visibles y/o burbujas de gas

Para el periodo de estudio se observa, en general, que la calificación aeróbica está muy por encima de la anaeróbica para todos los años (83,8 % y 80,79% para el 2015 y 2016 respectivamente) (tabla 12 y gráfico 7).

Tabla 12. Número de INFAs por año según calificación ambiental.

Calificación	2015	2016	Total
Aeróbica	446	164	610
Anaeróbica	86	39	125
Total	532	203	735

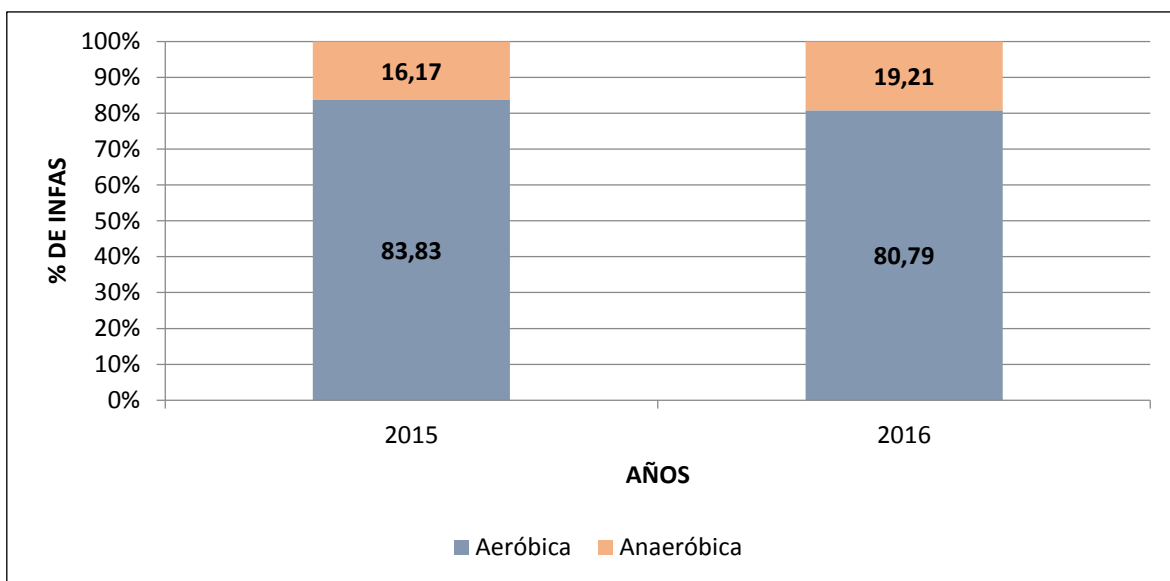


Gráfico 7. Porcentaje de INFAs con calificación aeróbica/anaeróbica por año.

Al comparar la calificación ambiental en las distintas regiones del país (tabla 13), encontramos que en la X y la XI regiones se concentran el mayor número de INFAs aeróbicas, muy por encima del resto de las regiones. Esto está dado por lo que se había mencionado anteriormente, en el sentido de tener la mayor proporción de concesiones con características de requerir la realización de la INFA, y el cultivo de especies que por su número y su tipo de cultivo (extensivo o intensivo), amerita esta información. Lo mismo se observa para la calificación de anaeróbica, donde las regiones X, XI y XII durante el período de este estudio, presentaron este resultado (asociado a salmónidos y mitílidos en la X región y a salmónidos en la XI y XII regiones, principalmente). Es de notar que la XIV Región presentó sólo una INFA en el periodo y en el norte del país no hubieron.

Tabla 13. Nº de INFAs por región según grupo de especies dentro de cada calificación ambiental.

Calificación	X	XI	XII	XIV	Total
Aeróbica	445	145	19	1	610
2015	331	105	10		446
2016	114	40	9	1	164
Anaeróbica	34	74	17		125
2015	22	52	12		86
2016	12	22	5		39
Total	479	219	36	1	735

Particularmente, los resultados dan cuenta del predominio de las regiones X y XI en el porcentaje de INFAs aeróbicas, con un valor de 97,76% de los resultados para el año 2015 y de 93,9% de los resultados para el año 2016 (gráfico 8). Por otro lado, cabe destacar que las INFAs con calificación anaeróbica (gráfico 9), no tuvieron una variación muy significativa durante los años analizados. Se puede apreciar, que tanto para el año 2015 como para el año 2016, el mayor porcentaje de centros con condiciones anaeróbicas se encuentra en la XI región.

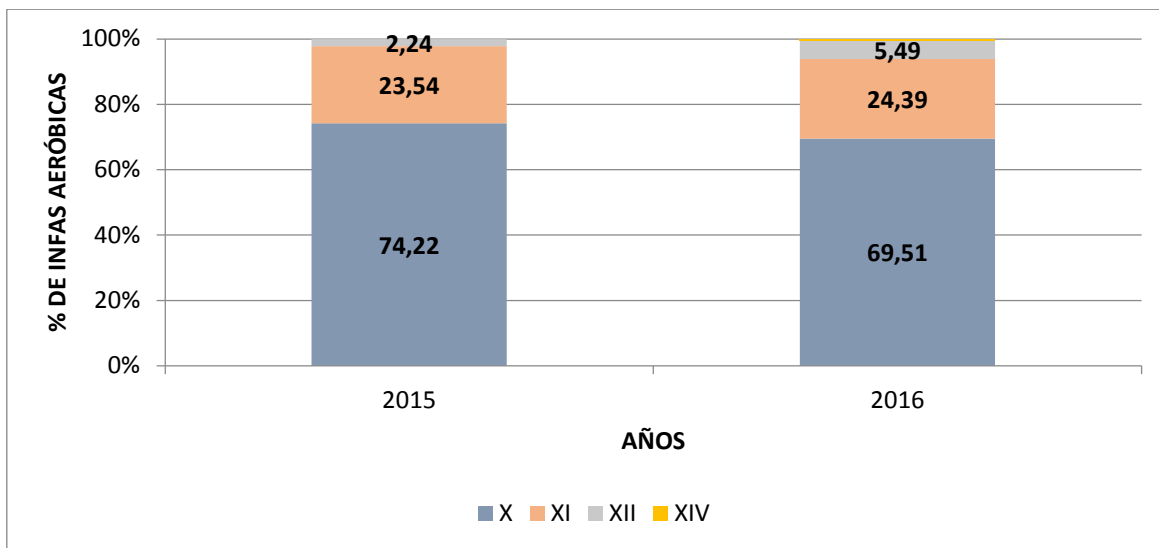


Gráfico 8. Porcentaje de INFAs aeróbicas para cada región por año.

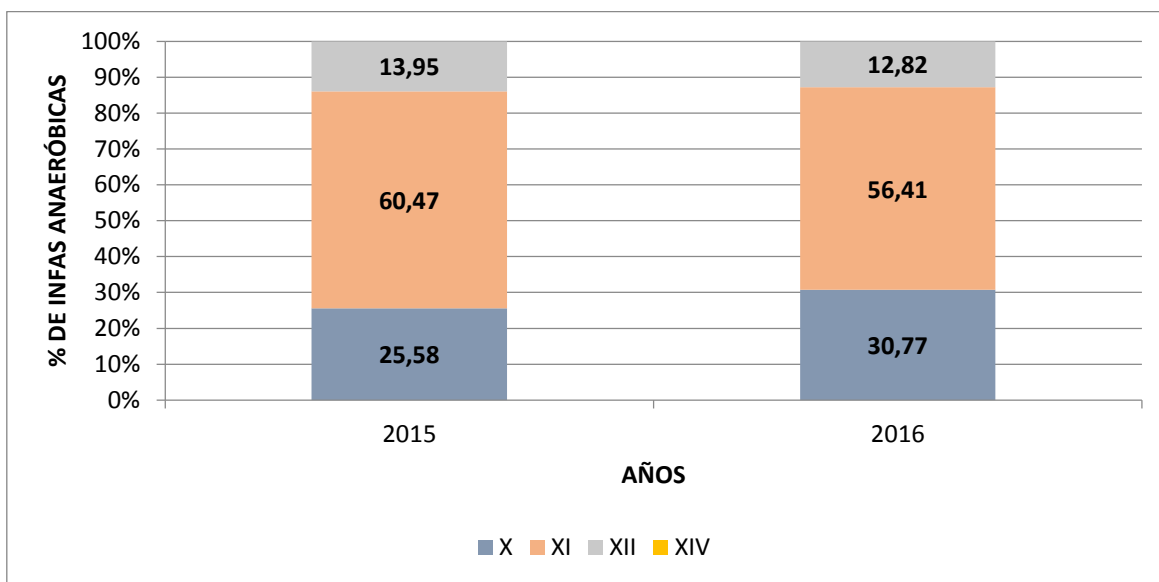


Gráfico 9. Porcentaje de INFAs anaeróbicas por región por año.

Se observa que la calificación de la INFA para los grupos peces y moluscos entre los años 2015 y 2016, tuvieron un mayor número de INFAs aeróbicas, comparado con las INFAs anaeróbicas, mostrando que el grupo peces es el que presentó un mayor número de INFAs con esta última calificación. (tabla 14).

Tabla 14. N° de INFAs por año según grupo de especies dentro de cada calificación ambiental.

Calificación	2015	2016	Total
Aeróbica	446	164	610
Moluscos	170	53	223
Peces	276	111	387
Anaeróbica	86	39	125
Moluscos	4	1	5
Peces	82	38	120
Total	532	203	735

Lo anterior es posible observarlo de manera clara en los gráficos 10 y 11, donde el grupo peces pasaron de un 97,7 % a un 98,1 % de INFAs con calificación aeróbica para los años de estudio, mientras que los moluscos pasaron de un 77,1 a un 74,5 % durante el mismo período. Para las anaeróbicas, el grupo peces presentó un 22,9 % para el año 2015 y un 25,5 % para el año 2016 en esta condición y el grupo moluscos entre un 2,3 % a 1,9 % para el mismo período de tiempo.

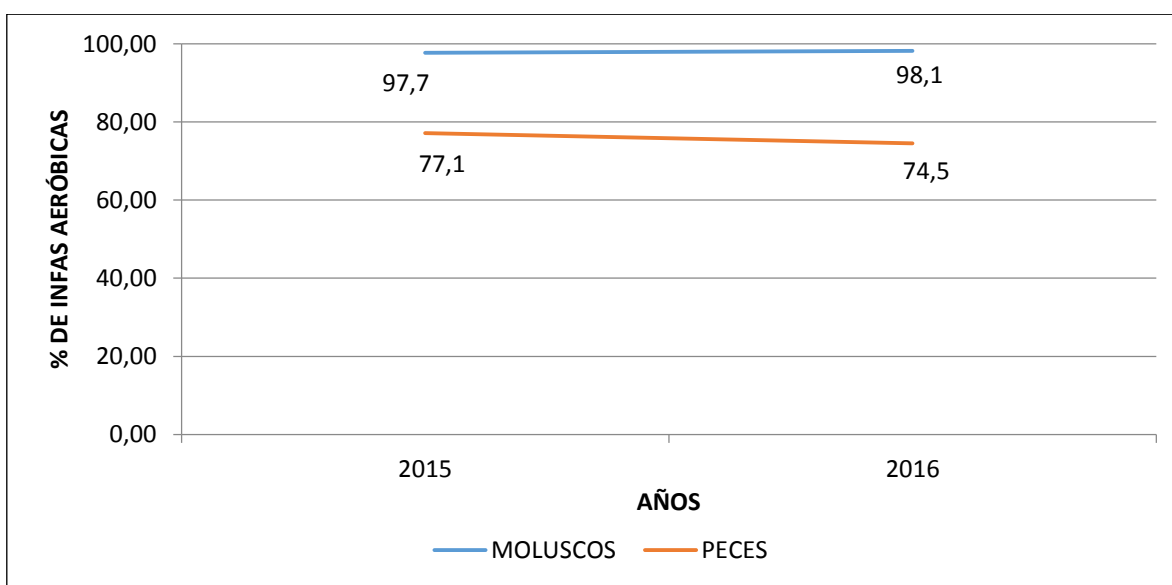


Gráfico 10. Porcentaje de INFAs aeróbicas por año por grupo de especies.

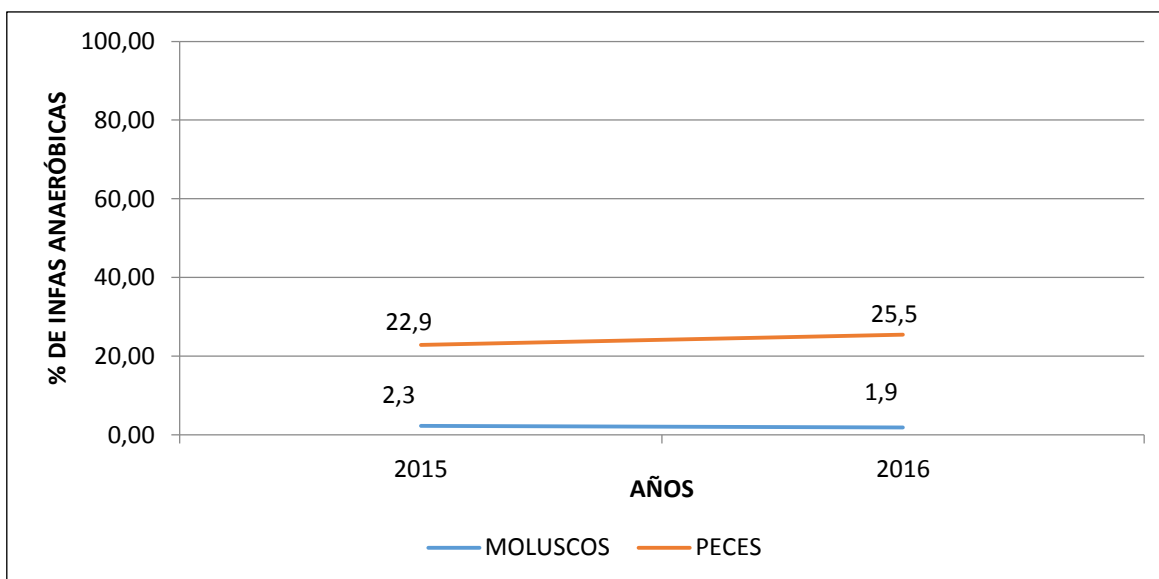


Gráfico 11. Porcentaje de INFAs anaeróbicas por año por grupo de especies.

Mirado desde otro punto de vista, las categorías de centro con mayor número de INFAs aeróbicas (tabla 15), corresponden a la 5 y 3, seguidos por la 1, 2, 4, 3-5, y 4-5. En el caso de las anaeróbicas, las principales categorías que mostraron dicha condición son la 4-5, 4 y 3 seguidas por la 5 y 3 y 5. Se puede apreciar que las categorías 3 y 5 (gráficos 12 y 13), son las más representativas, obteniendo en conjunto alrededor de 51,5% de las INFA aeróbicas. En el caso de la anaeróbica, la categoría mixta 4 y 5 es la que tuvo el mayor porcentaje de esta calificación, seguido de la 4 y de la categoría 3.

Tabla 15. Número de INFAs por categoría según año dentro de cada calificación ambiental.

Calificación	1	2	3	4	5	6	7	1 y 2	2 y 4	3 y 4	3 y 5	4 y 5	5 y 7	Total
Aeróbica	91	71	139	21	187	14	4	1	1	3	43	34	1	610
2015	72	57	105	15	125	7	4	1	1	2	30	27		446
2016	19	14	34	6	62	7				1	13	7	1	164
Anaeróbica	3	2	23	24	17		1			2	11	42		125
2015	3	1	17	16	12					1	7	29		86
2016		1	6	8	5		1			1	4	13		39
Total	94	73	162	45	204	14	5	1	1	5	54	76	1	735

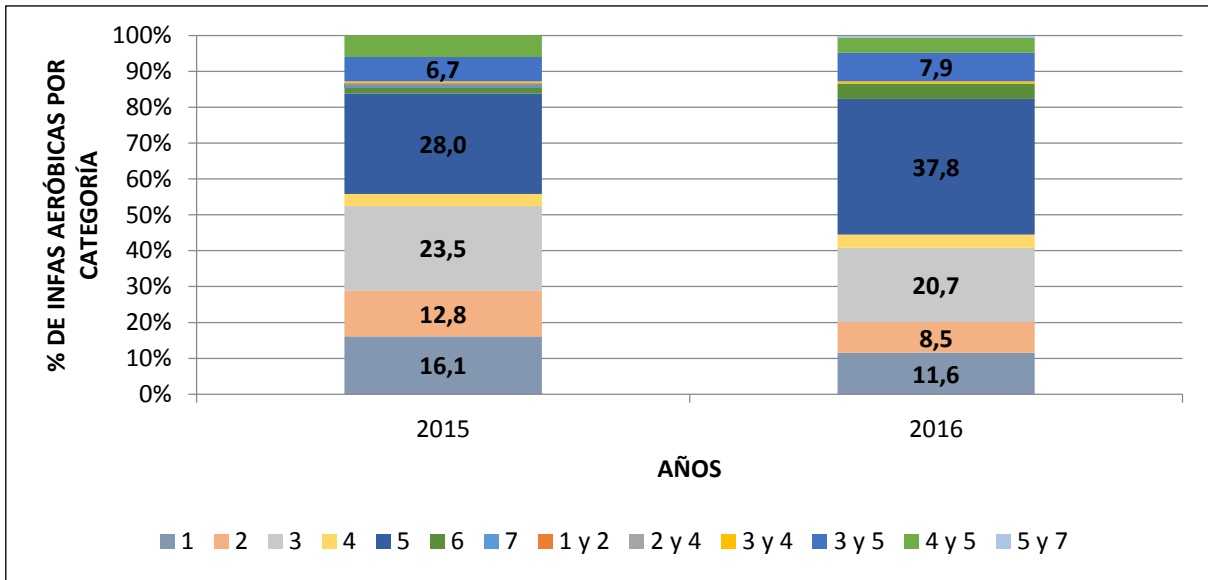


Gráfico 12. Porcentaje de INFAs aeróbica por región para los años 2015 a 2016.

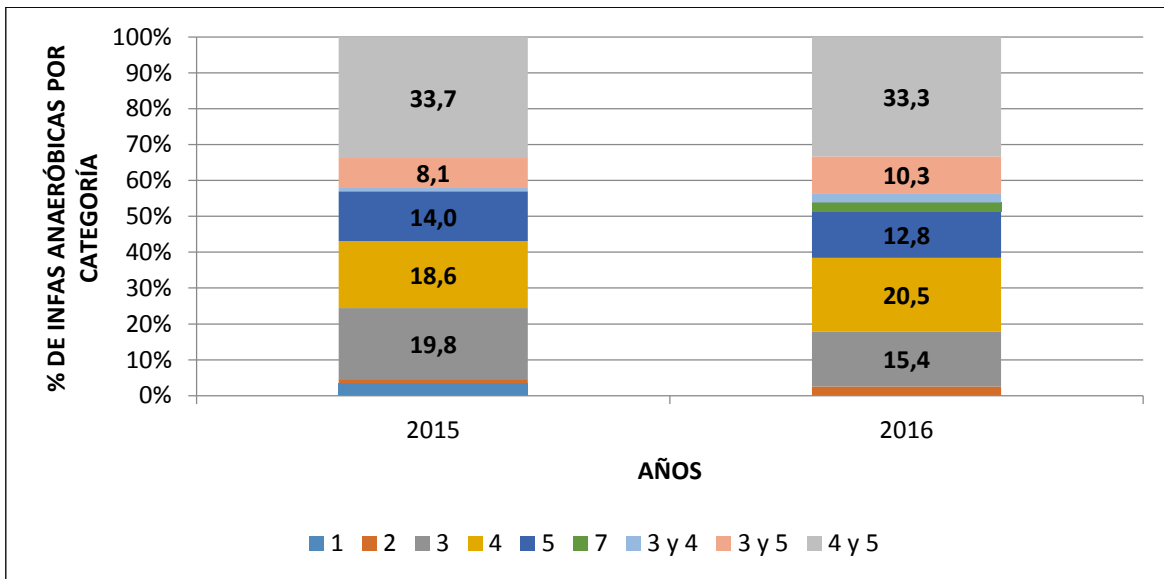


Gráfico 13. Porcentaje de INFAs anaeróbica por región para los años 2015- 2016.

En los Anexos no se presenta mapa para el año 2015 de la XIV Región dado que dicho año no hubo resultados de INFAs para esta región.

5.2.- Análisis Descriptivo de Variables Ambientales

Continuando con la línea descriptiva del informe ambiental, correspondiente al período 2015–2016, se analizan los resultados de las regiones más relevantes, con el objeto de describir el comportamiento de las variables ambientales. Cabe señalar que la esta información utilizada en la evaluación corresponde a las INFAs desarrolladas en el período.

No se incluyeron los mapas de materia orgánica, pH, Redox y granulometría para la XII Región en el año 2016, dado que las INFAs presentadas dicho año para esta región corresponden a centros de categorías que no deben presentar estas variables.

5.2.1.- Materia Orgánica

Los resultados que a continuación se presentan sólo consideran aquellos centros de cultivo que presentaron Información Ambiental (INFAs) con variables de materia orgánica, en este caso corresponde a centros de cultivo de la zona sur de nuestro país (X, XI, XII y XIV regiones) (gráfico 14).

Respecto de los valores de Materia Orgánica Total (MOT), estas mostraron valores menores al 7% en todas las regiones analizadas, presentando el valor más alto la XII región con un máximo de 6,63% ($\sigma = 7,55$) durante el año 2015. La XIV Región de Los Ríos, fue la que presentó el menor valor respecto de esta variable, con un 1,56% ($\sigma = 1,56$) durante el año 2016.

Para el caso de la XII Región de Magallanes, no se presentaron INFAs con variables de sedimento para el año 2016. Al igual que la XIV Región de Los Ríos que no presentó información para el año 2015 para esta variable.

La X Región de Los Lagos, en general durante el periodo de evaluación, mantuvo una tendencia en su condición ambiental cercana al 2,19% para los años 2015 y 2016 ($\sigma = 2,04$ y 2,35 respectivamente).

Respecto a las concentraciones de MOT para la XI Región de Aysén, los valores durante el periodo de análisis se mantuvieron dentro de los rangos de aceptabilidad, con un valor de 4,36 % ($\sigma = 3,94$) para el año 2015 y de 3,05 % ($\sigma = 3,94$) para el año 2016.

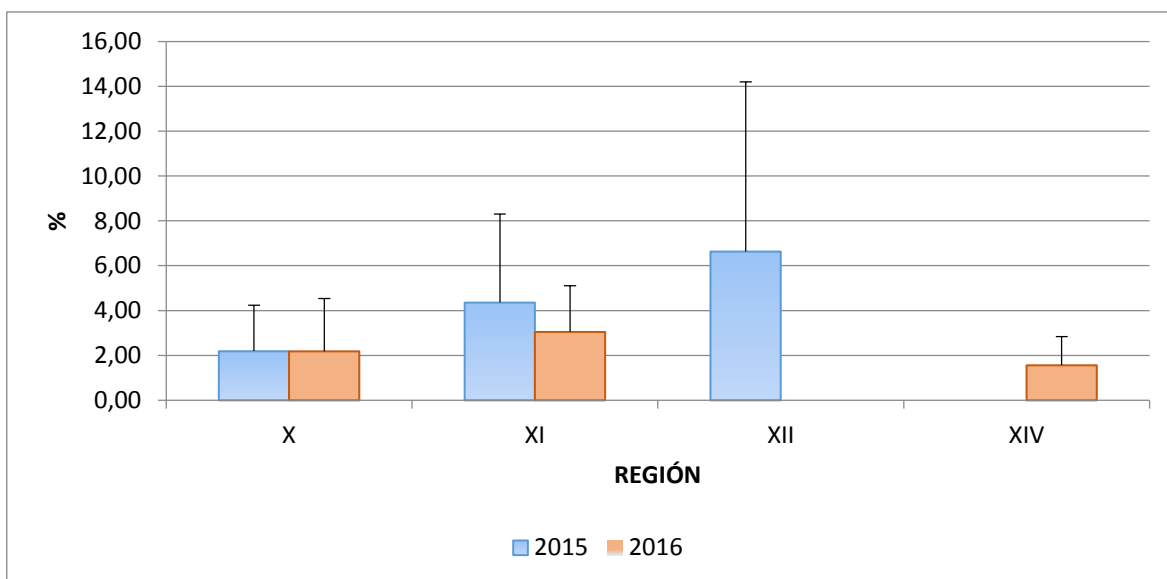


Gráfico 14. Porcentaje promedio de materia orgánica por año y por región.

En el anexo III (mapas 32-35), se observa para el año 2016 que el centro de cultivo ubicado en el río Valdivia, presentó un bajo contenido de materia orgánica, con un aporte de 1,56%. En la X Región de Los Lagos, se observa una predominancia de los centros de cultivo que presentaron concentraciones de materia orgánica con valores inferior a los 3,43% para las comunas de Puqueldón, Castro, Curaco de Vélez, Quinchao, al igual que en el sector del Seno de Reloncaví. Sin embargo, se puede apreciar dos centros de cultivo que presentaron valores de materia orgánica total (MOT) por sobre los 9,01% en las comunas de Calbuco y Quellón durante el año 2015 y un centro de cultivo en la zona del lago Llanquihue, en el año 2016. En la XI Región de Aysén, se visualiza un dominio de los porcentajes promedio de materia orgánica entre los 1,28 a 3,8% al interior de toda la región, sin un componente de distribución geográfico definido. Sin embargo, es importante mencionar que en el año 2015, dos centros de cultivo presentaron materia orgánica promedio por sobre los 9,01%, en la zona del Canal Puyuhuapi y Fiordo Aysén. Durante el año 2015 en la XII Región de Magallanes, se observa que existe una mayor promedio de materia orgánica que en el resto de las regiones llegando a valores promedio del 6.6 % aproximadamente.

5.2.2.- Potencial Redox

En relación a los valores de Redox, la XIV Región de Los Ríos presentó valores positivos del orden de los 267 mV ($\sigma = 167$) para las mediciones de INFAS realizadas durante el año 2016.

Respecto de la X Región de los Lagos, los valores de potencial Redox para los años 2015-2016, se mantuvieron relativamente constantes con un promedio de 147 mV, presentando el año 2016 una leve baja desde los 150,91 mV ($\sigma = 136$) a 143,01 mV ($\sigma = 148$).

De acuerdo a lo mostrado, la XI Región de Aysén es la única región que presenta valores de potencial Redox negativos, los cuales varían desde los -46,88 mV ($\sigma = 119$) el año 2015 a -14,15 mV ($\sigma = 133$) el año 2016, presentándose un decrecimiento interanual en los valores de Redox a nivel regional (gráfico 15).

La XII Región de Magallanes, presenta para el año 2016 valores positivos del orden de los 93,25 mV ($\sigma = 144$).

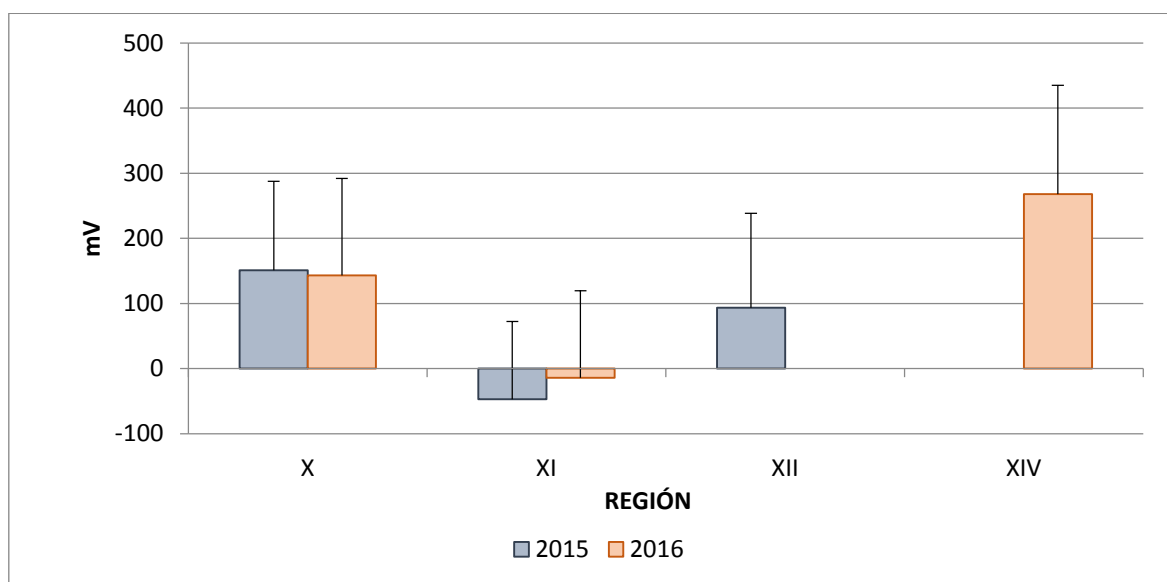


Gráfico 15. Potencial Redox promedio (mV) por región para cada año de estudio.

En los mapas 36-39 (Anexo III), se observa para la XIV Región de Los Ríos que el único centro de cultivo ubicado en la desembocadura del río Valdivia, presentó altos valores promedio de redox (267,65 mV). En la X Región de Los Lagos, para el periodo de análisis, no existe una tendencia de distribución espacial respecto de los centros de cultivo que presentaron valores promedio de redox inferior a 50mV, es decir, éstos se encontraron distribuidos de forma homogénea en toda la región, al igual que los centros de cultivo que presentaron redox positivos. En la XI Región de Aysén, hubo una predominancia de los centros de cultivo con valores promedio de redox inferior a los 50 mV en toda la región, destacándose la presencia de 11 centros de cultivo en la zona del Canal de Puyuhuapi que presentaron esta condición. En la XII Región de Magallanes sólo 9 centros de cultivo presentan INFAs, de éstos 4 que se ubican en la zona norte de la región (Seno Skyring y península Muñoz Gamero) y presentaron valores promedio de redox inferiores a 50 mV. A su vez, los valores promedio más altos de Redox, se ubicaron en el Estrecho de Magallanes cercano a la Isla Clarence.

5.2.3.- pH

Respecto de los valores de potencial de Hidrógeno (pH) para las regiones X, XI, XII y XIV, estas presentaron valores promedio similares, con un valores en torno a los 7 de pH para los 2 años de análisis de las INFAs (gráfico 16).

Respecto de la XIV Región de Los Ríos, para el año 2016 las INFAs analizadas indican que la región presenta valores promedio de pH del orden del 7,27 ($\sigma = 0,16$).

La X Región de Los Lagos, presentó valores promedios anuales cercanos al 7,27 de pH ($\sigma = 0,21$) para el 2015 y de 7,27 de pH ($\sigma = 0,37$) para el año 2016, resultados bastante estables en el tiempo, similar a lo que ocurre en la XI Región de Aysén para ambos años de medición, que mostró valores promedio de 7,29 de pH ($\sigma = 0,24$) y de 7,26 de pH ($\sigma = 0,36$) respectivamente.

Finalmente, la XII Región de Magallanes en el año 2015, fue la que presentó el menor valor promedio de pH correspondiendo a un 7,11 ($\sigma = 0,26$).

Se puede observar de acuerdo a los datos obtenidos, que durante el periodo de análisis 2015-2016, los valores promedio de pH se mantuvieron estables en las 4 regiones analizadas, fluctuando entre los 7,11 a 7,29 de pH.

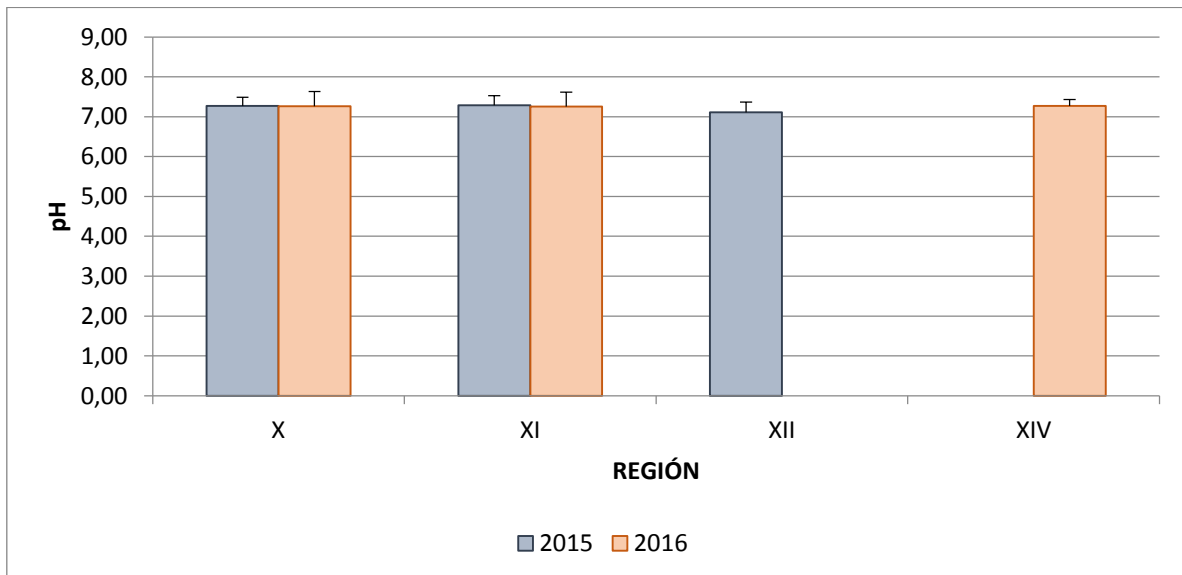


Gráfico 16. pH promedio por región para cada año de estudio.

La distribución espacial de los valores promedio de pH para el periodo 2015-2016 (mapas 40-43), muestra respecto de la XIV Región de Los Ríos, que el centro de cultivo ubicado en el río Valdivia, presentó valores promedio de pH por sobre el límite de aceptabilidad señalados en la normativa ambiental. En relación a la X Región de Los Lagos, existió una predominancia de los valores promedio de pH entre 7,11 a 7,49. Sin embargo, en la comuna de Calbuco cercano al Golfo de Ancud y en la comuna de Quellón, es posible encontrar centros de cultivo que presentaron promedios de pH inferiores al 7,1. La XI Región de Aysén, presentó sedimentos con valores promedio entre 7,11 a 7,32 de pH en gran parte de la región para ambos años de análisis. Finalmente, en la zona norte de la XII Región de Magallanes (Península Muñoz Gamero y Seno Skyring), existe un mayor número de centros de cultivo que presentaron valores promedio de potencial de Hidrógeno, menor a 7,1.

5.2.4.- Granulometría

Respecto a la variable granulometría, como se menciona al inicio, solo se utilizó el porcentaje promedio de fango presente en el sedimento, asumiendo que ambientes con este tamaño de partícula tienen una mayor probabilidad de sufrir un enriquecimiento orgánico.

Se observa que las regiones correspondientes a la zona sur austral del país, presentaron moderadas a altas concentraciones de fango, a excepción de la XIV Región de Los Ríos la cual presentó sólo un 3,03% ($\sigma=2,23$) de promedio de esta fracción sedimentaria durante el año 2016 (gráfico 17).

Respecto a la X Región de Los Lagos, se obtuvieron para el 2015 porcentajes promedio de fango del orden del 22,45% ($\sigma = 20,86$), presentando el año 2016, una leve baja al 19,52% ($\sigma= 18,68$).

La XI Región de Aysén, presentó valores de porcentaje de fango entre los 36,61% ($\sigma= 27,25$) a 35,61% ($\sigma = 20,63$) para los años 2015 y 2016, respectivamente. Finalmente, el porcentaje de fango para la XII Región de Magallanes arrojó un valor de 43,52% ($\sigma= 31,97$) para el año 2015. El año 2016, no se obtuvo información para esta variable de sedimento.

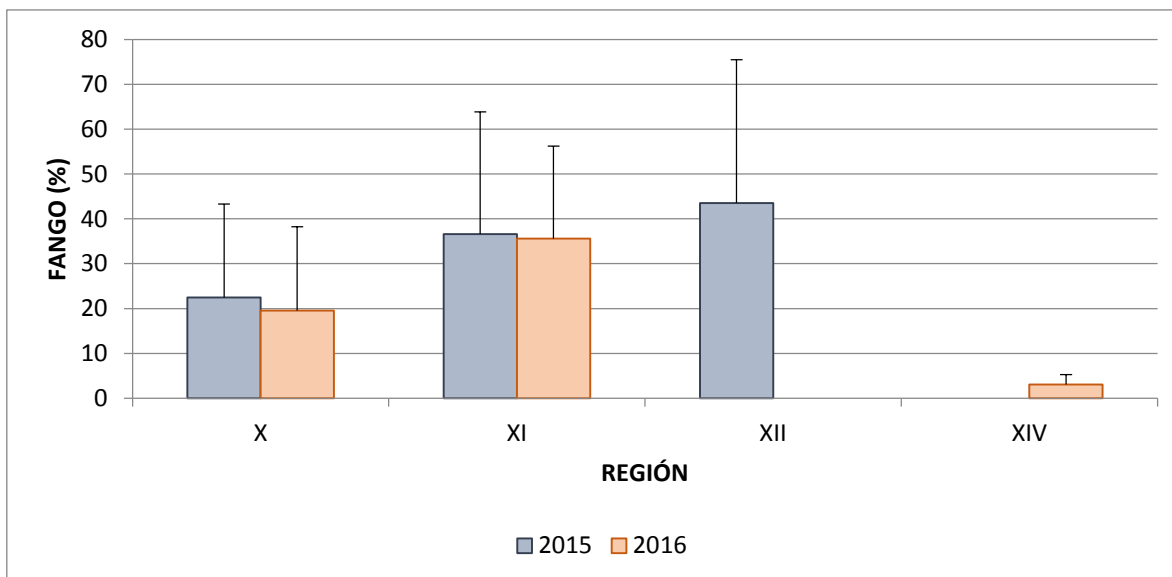


Gráfico 17. Granulometría promedio, expresada como porcentaje de fango, por región y año de estudio.

En relación a la distribución espacial de la granulometría como % de fango (mapas 44 a 47), esta muestra que para la XIV Región de Los Ríos, el sector del río Valdivia presentó valores de fango inferior a 24%. En la X Región de Los Lagos, se observa una predominancia de los porcentajes de fango por sobre los 46,3% en el sector del seno de Reloncaví cercano a Calbuco, en Queilén y en la comuna de Quellón. Sin embargo, es importante señalar que en Puqueldón, Curaco de Vélez y Quemchi existe un alto número de centros de cultivo que presentaron fango inferior al 24%. En la XI Región de Aysén, se observa un dominio de la fracción sedimentaria fango por sobre el 24,1% en prácticamente toda la región. Finalmente y de acuerdo a la gráfica, la zona norte de la XII Región de Magallanes presentó valores altos de fango superiores al 42,4% en el sector de Natales y Río Verde, situación contraria a lo que se observa en los sectores cercanos a la Isla Clarence (Estrecho de Magallanes), donde se presentan promedios inferiores al 24%.

5.2.5.- Oxígeno

Los valores de oxígeno corresponden al promedio de los valores tomados en el último metro de profundidad antes de llegar al fondo, según lo que establece la norma (gráfico 18). Para esta variable, es difícil establecer patrones claros y las tendencias que se observan pueden tener diversos orígenes.

De acuerdo a los resultados de las INFAs muestreadas y analizadas para la XIV Región de Los Ríos, se observa que la región presentó valores de oxígeno disuelto relativamente bajos, los cuales arrojaron valores promedio máximos de 4,85 mg/L ($\sigma= 0,07$) para el año 2016.

La X Región de Los Lagos presentó valores de oxígeno disuelto considerados estables durante los 2 años que abarca el presente informe, los cuales fluctúan entre los 6,56 mg/L ($\sigma= 2,15$) y 6,47 mg/L ($\sigma= 4,51$), para los años 2015 y 2016 respectivamente.

La XI Región de Aysén presentó valores de 5,90 mg/L ($\sigma= 1,69$) y 6,20 mg/L ($\sigma= 1,47$), para ambos años de análisis.

Finalmente, la XII Región de Magallanes, es el sector que presentó una mayor concentración de oxígeno disuelto, con valores máximos de 7,05 mg/L ($\sigma= 2,30$) para el 2015 y 7,27 mg/L ($\sigma= 2,53$) para el 2016, manteniéndose estable durante ambos años.

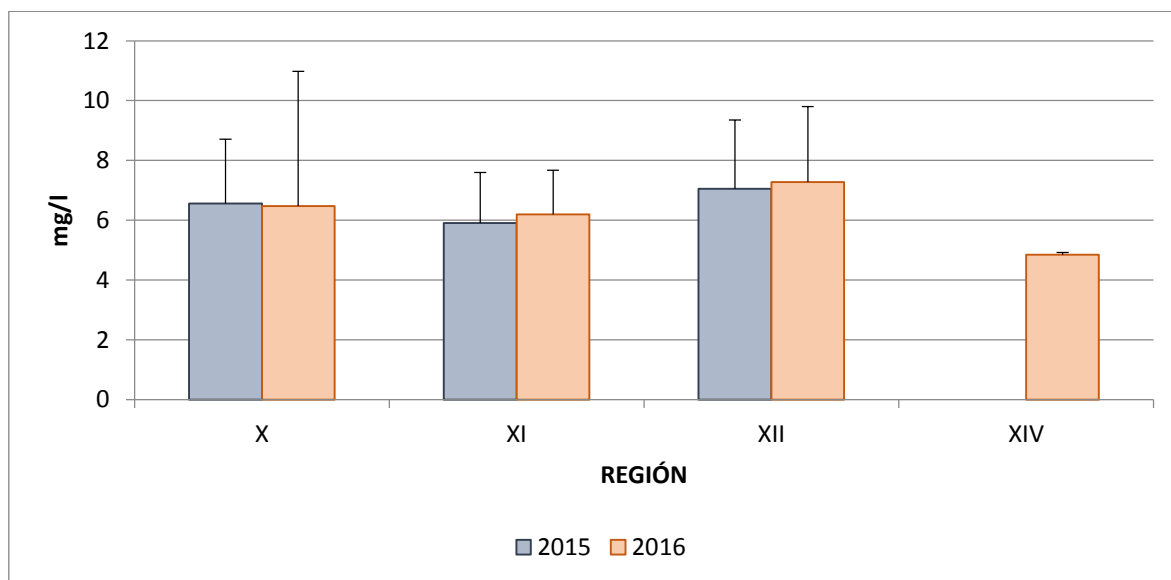


Gráfico 18. Concentración de oxígeno promedio disuelto en mg/l, a 1 metro sobre el fondo por región y año en estudio.

Respecto de la distribución espacial de la concentración de oxígeno, en miligramos por litro (mapas 48-51), para el año 2016, se observa que la XIV Región de Los Ríos, presentó una concentración promedio de oxígeno de 4,85 mg/L, en el único centro de cultivo ubicado en el río Valdivia. En la X Región de Los Lagos, de acuerdo a la información obtenida de las INFAs para los años 2015-2016, se muestra una predominancia de las concentraciones de oxígeno disuelto entre los 2,51 a 8,89 mg/L en toda la región, con un promedio de 6,5 mg/L aproximadamente para el periodo. Respecto a la XI Región de Aysén, se observa un dominio de los valores de oxígeno

entre los 6,39 a 8,3 mg/L con promedio de 5,9 y 6,2 mg/L para los años 2015 y 2016 respectivamente, sin embargo, en la zona del canal Puyuhuapi cercano a la Isla Magdalena, existe un grupo de centros de cultivo que presentaron menores concentraciones de oxígeno en la columna de agua con valores que van desde los 1,48 a 6,38mg/L, encontrándose 6 centros de cultivo con valores entre los 1,48 a 2,5 mg/L. A su vez, en la XII Región de Magallanes, existen 2 centros de cultivo que presentaron concentraciones de oxígeno disuelto muy bajas, en el seno Skyring cerca a isla Riesco con valores menores al 2,5 mg/L. Al sur de la región, existen centros de cultivo que arrojaron mejores condiciones de oxigenación con valores que van desde los 2,51 a 10,65 mg/L.

6.- DISCUSIÓN

La acuicultura, es una de las áreas económicas en las que nuestro país ha dedicado importantes esfuerzos para su crecimiento, logrando que esta actividad se convierta en una de las más dinámicas e importantes a nivel nacional. No obstante, para que su desarrollo sea sustentable, es necesaria la conservación de las condiciones ambientales de los cuerpos de agua concedidos para uso productivo. Para ello, esta Subsecretaría de Pesca y Acuicultura ha implementado el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) y su resolución acompañante, incorporando metodologías, límites de aceptabilidad de diversas variables ambientales y seguimientos, que permitan monitorear las condiciones ambientales en los sectores donde se desarrolla la actividad, de manera que cada centro opere de acuerdo a las capacidades de los cuerpos de agua, manteniendo así su calidad ambiental en el tiempo.

Desde el inicio de la aplicación del RAMA, se ha enfrentado y desarrollado un proceso permanente de revisión y exploración de las mejores técnicas y metodologías disponibles viables de aplicar en Chile. En el inicio de este proceso, se generó la Res. Ex. (SUBPESCA) N° 404/2003, luego la Res. Ex. (SUBPESCA) N° 3411/2006, actualmente la Res. Ex. (SUBPESCA) N° 3612/2009 es el instrumento normativo vigente. Estas últimas, han intentado plasmar progresivamente la mejor forma de realizar las evaluaciones ambientales. Cabe mencionar que, tanto en el diseño como en la implementación de estos instrumentos, se ha contado con la activa participación de técnicos que representan tanto los intereses del sector público como privado (consultores, académicos, profesionales).

Respecto de la producción de biomasa total en el periodo estudiado, es posible observar que su máxima producción se mantuvo relativamente estable durante ambos años, sin embargo, en el detalle es factible observar una disminución de la cantidad de peces producidos de un año a otro, esto es atribuible a las necesidades del sector y a los eventos de florecimiento de microalgas masivos que sucedieron durante el año 2016, que significaron una gran mortalidad de salmónidos en la X Región de Los Lagos. Es así como desde el año 2015 al 2016 existe una clara disminución de la biomasa producida en salmónidos y un incremento en la biomasa total de moluscos, llegando a estar por sobre la cantidad de salmónidos producidos en el 2016 en la región.

Por otra parte, durante el periodo analizado hubo un aumento de la biomasa total de moluscos producida. Este aumento, posiblemente se explica por un aumento en el número de centros de cultivos que funcionaron el año 2016, respecto del 2015, el que aumentó de un año a otro. En el caso del grupo algas es factible observar que su producción de biomasa total se mantuvo estable durante el periodo.

Es posible observar que las principales regiones productoras son la X, XI, y XII, que es coincidente con el número de centros otorgados y con la historia de la acuicultura en nuestro país..

Respecto de las especies producidas, la principal es el salmón del Atlántico seguido del Chorito, más atrás aparecen el salmón Coho y la Trucha Arcoíris. Es interesante hacer notar que desde el 2015 al 2016 existe una concentración de la industria de la miticultura al Chorito, en desmedro de otras especies como Choro Zapato y Cholga. Es así como se observa que junto con esta concentración, hay un aumento en la biomasa total producida.

Durante el período que abarca este informe, fueron evaluados un total de 735 INFAs, las que mayormente corresponden a centros de cultivo del sur del país. Esta situación se debe a una concentración de la producción acuícola en esta zona geográfica; así, entre la X y XI regiones abarcan el 94,98% de la biomasa total anual producida, por otra parte, la XII Región de Magallanes ha aumentado la biomasa total producida desde el 2015 al 2016, esto dado principalmente por la consolidación de la industria salmonera en la región. Otras regiones relevantes, pero muy por debajo en producción son, en orden descendente, I, II, V, VI, VII, VIII, IX y XIV, que en conjunto no superan el 1% de la biomasa producida. Un aspecto importante para esta evaluación, es reconocer que la acuicultura en Chile tiene una alta concentración de especies producidas, compuesta principalmente por salmónidos y moluscos, los que en su conjunto abarcan en total sobre el 99% de la biomasa producida.

Los resultados de las INFAs para ambos años de estudio, mostraron que el número de resultados aeróbicos fue considerablemente superior respecto de los anaeróbicos. Sin embargo, el año 2016 el número total de INFAs disminuyó drásticamente para el grupo mitílidos, producto de la prórroga que les otorgó la Resolución Exenta N° 4.199 de 2016, por el plazo de un año para efectuar los muestreos de las INFAs en aquellos sectores declarados como zona de catástrofe.

Dentro de los resultados de las INFAs, la calificación anaeróbica se presentó en la X, XI y XII regiones, asociada principalmente a centros de producción de salmónes, es por ello que el presente informe hace hincapié en dichas regiones en particular. Al respecto, la región con más INFAs presentadas para el periodo fue la X Región de Los Lagos y la región con más INFAs anaeróbicas fue la XI Región de Aysén.

En relación a la calificación de las INFAs, se puede ver que en su gran mayoría fueron presentadas por el grupo peces. Así, es posible ver que el mayor porcentaje de INFAs tanto aeróbicas como anaeróbicas son presentadas por este grupo.

Es importante destacar que si bien hubo un aumento de la biomasa total producida en el caso de los moluscos, esto se puede asociar posiblemente a un aumento en los centros de cultivo

activos los que por normativa tienen la posibilidad de presentar la INFA cada dos años y cada tres cuando hay condiciones ambientales favorables.

Respecto a las variables ambientales, dado que para este periodo no se presentaron INFAs en el norte de país, estas se concentran en la zona sur, siendo principalmente la X, XI y XII regiones. Al respecto hay que considerar que muchos de estos centros de cultivo deben presentar resultados de variables que consideran muestreos de fondo. Esto es de importancia ya que la profundidad del sector donde está emplazada la concesión indica o da una idea de la distancia de la costa, encontrado que la gran parte de la acuicultura que se realiza en el país es costera..

En el caso de la materia orgánica, observamos que los porcentajes más altos se encontraron en la XII y XI regiones, durante el año 2015. Caso contrario se presentó en la XIV Región de Los Ríos durante el año 2016, donde se registró el menor valor promedio, seguido de la X y XI regiones, con un valor máximo de 3,05% de materia orgánica.

Respecto del potencial redox, todas las regiones en análisis presentaron valores promedio positivos por sobre los 50 mv, a excepción de la XI Región de Aysén, la que para ambos años de medición presentó valores promedio negativos. En el caso de los valores de potencial de Hidrógeno (pH), se observa que los valores promedio se mantuvieron estables en las 4 regiones analizadas, fluctuando entre los 7,11 a 7,29 de pH dentro del periodo.

En el caso de la granulometría, se observa que la XII Región de Magallanes presenta los mayores porcentajes de fango promedio para el año 2015. La XI y X regiones, mantuvieron para el periodo de análisis una tendencia del promedio de fango a nivel regional, no demostrando grandes variaciones interanuales.

Finalmente, en el caso del oxígeno disuelto a un metro del fondo, no se observan grandes variaciones interanuales en la X, XI y XII regiones. Las regiones antes mencionadas, presentan a su vez, altos valores de oxígeno disuelto promedio por sobre el límite de aceptabilidad establecido en la normativa ambiental, correspondiendo la XIV Región de Los Ríos la que presenta el menor promedio de oxígeno en columna de agua, con un 4,85 mg/L. La X, XI y XII regiones presentan valores por sobre los 5,9 mg/L para ambos años.

Es importante, de todas maneras señalar, que la condición de los fondos, medido durante el período que abarca este informe, no es necesariamente generado sólo por las actividades acuícolas de una zona o región particular, sino que también pueden existir otros aportes, como por ejemplo de origen antrópico (forestal, ganadero, residuos de las ciudades, etc.), o efectos ambientales naturales (el Niño, actividad volcánica, marejadas, cambio climático, etc.), que pueden estar generando cambios en el medio ambiente, que no son fáciles de determinar directamente y por lo tanto, difíciles de evaluar.

7.- CONCLUSIONES

El análisis de la biomasa total en el periodo 2015 - 2016, arrojó que esta se concentró en la X, XI y XII regiones, principalmente en 2 grupos de especies, salmónidos (salmón del Atlántico, salmón Coho y Trucha Arcoíris principalmente) y moluscos (chorito y cholga principalmente), concentrando sobre el 99% de la biomasa total producida a nivel nacional.

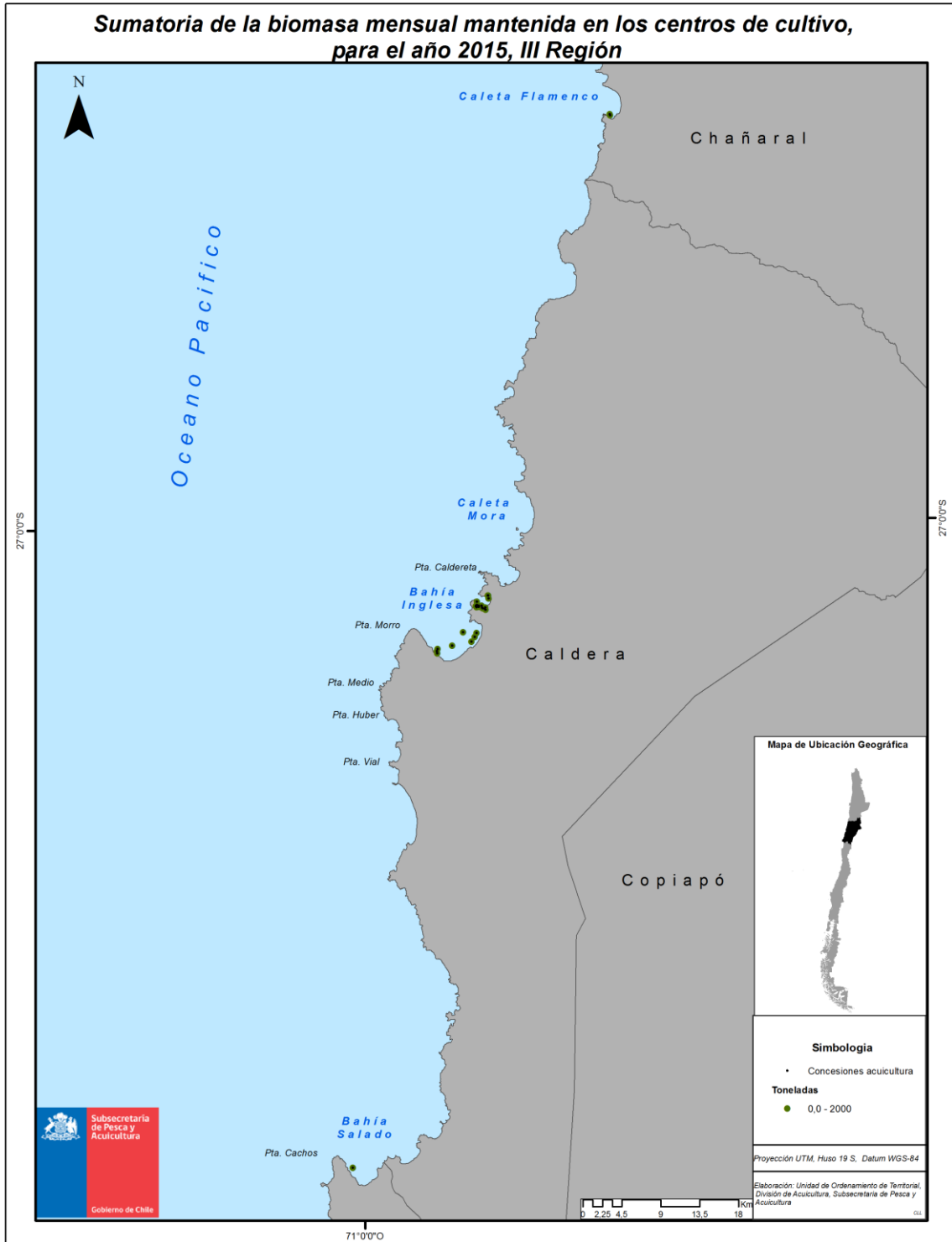
La evaluación de la información ambiental realizada para el periodo 2015 al 2016 se efectuó sobre un total de 735 INFAs. Para todos los años analizados, el porcentaje de centros aeróbicos es considerablemente mayor que los anaeróbicos.

El análisis de las variables ambientales, realizado a las regiones X, XI, XII y IV, permite visualizar cuales muestran comportamientos que reflejan el estado ambiental de los centros de cultivo, y por lo mismo se hace necesario continuar con su monitoreo.

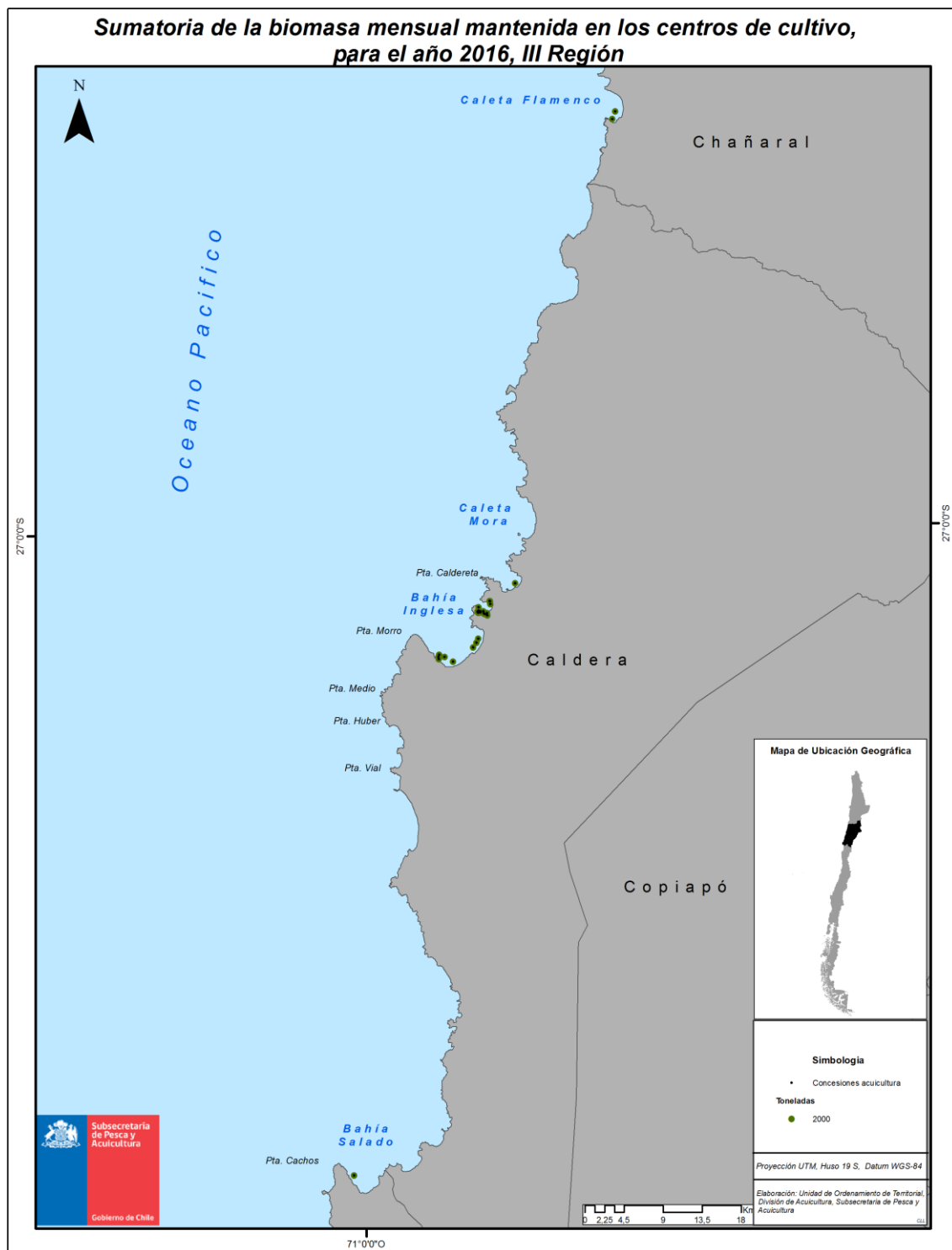
ANEXO I

Distribución de la Biomasa Total por Región

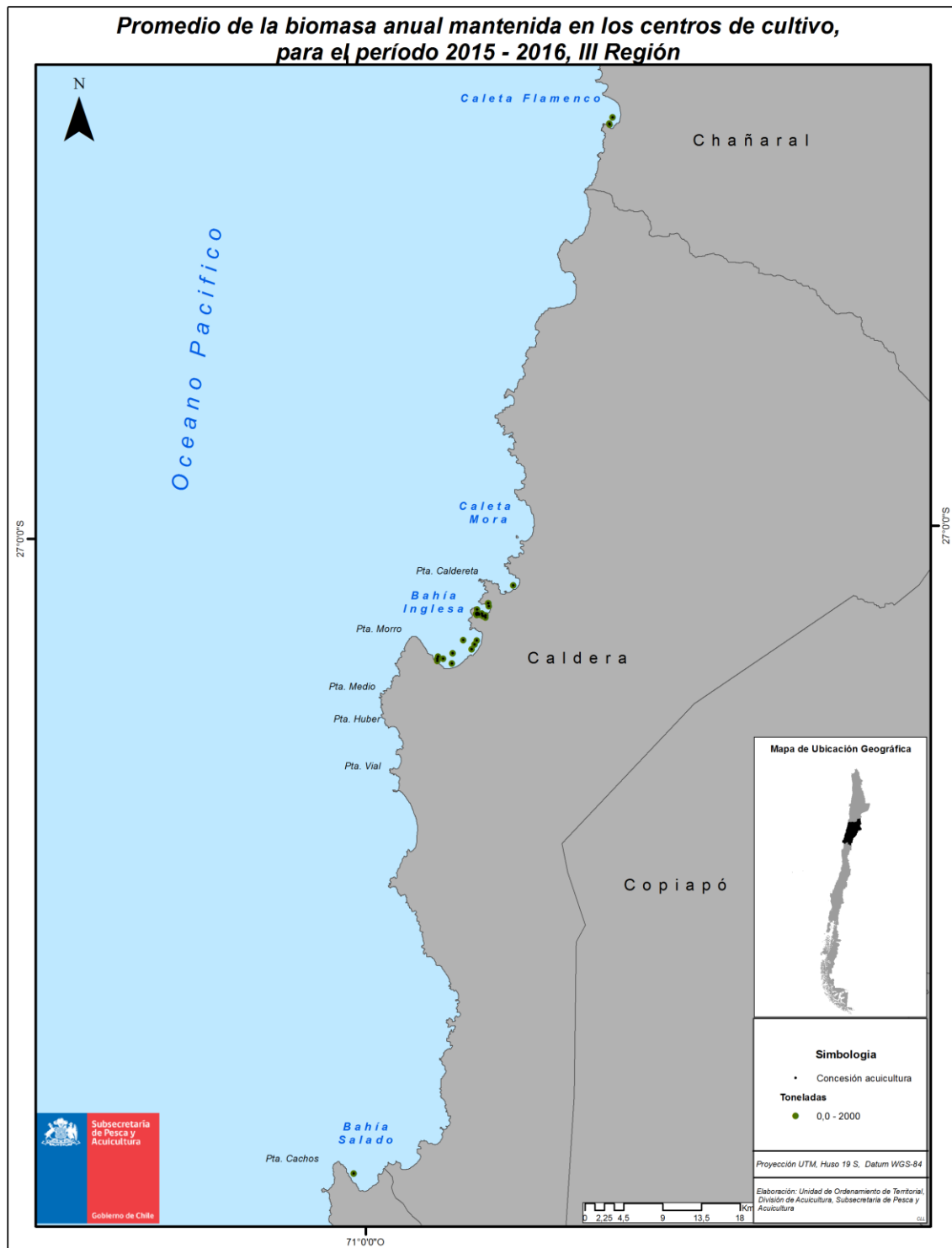
(III, IV, IX, XI, XII y XIV Región)



Mapa 1. Distribución espacial de biomasa en la III Región, año 2015.



Mapa 2. Distribución espacial de biomasa en la III Región, año 2016.



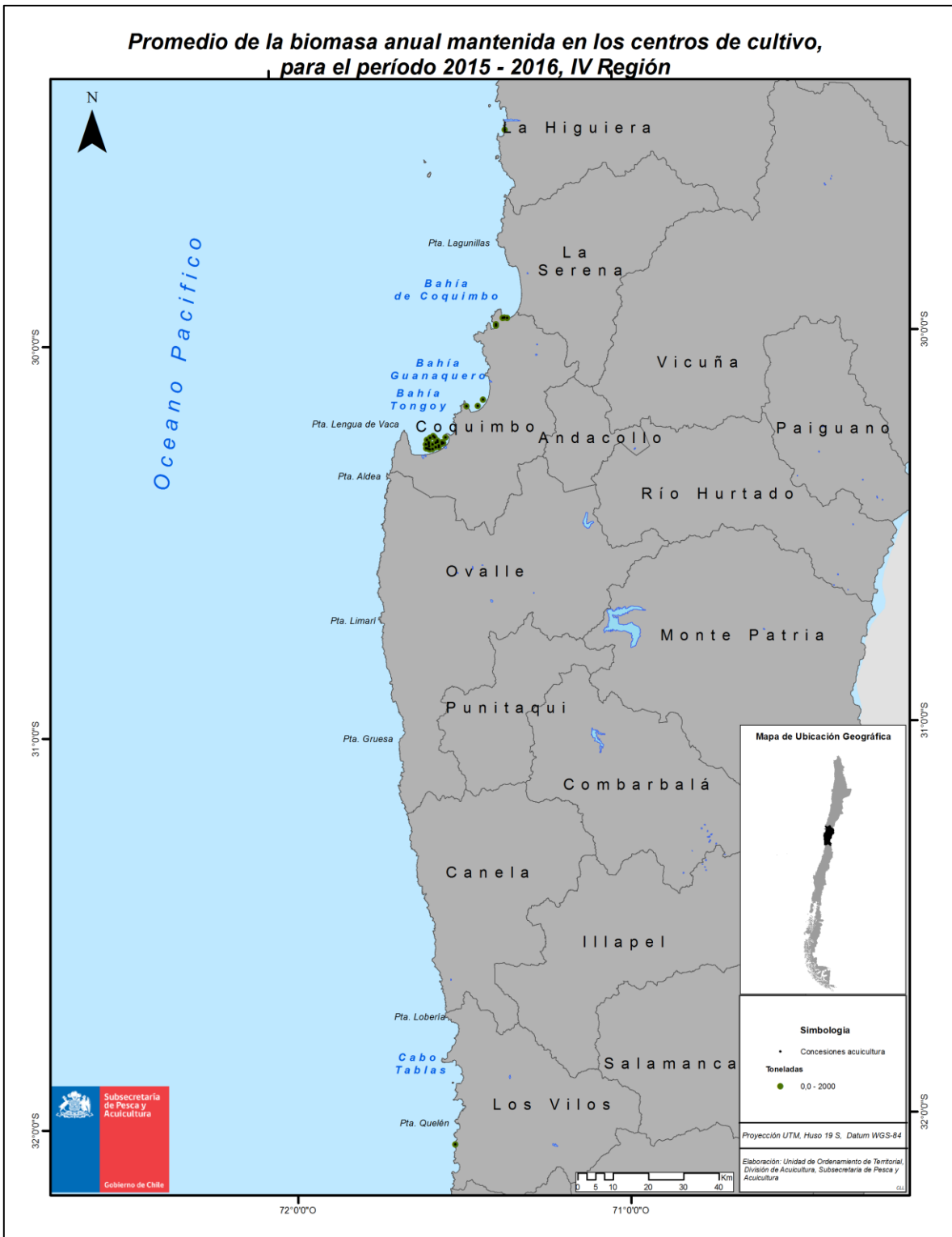
Mapa 3. Distribución espacial de biomasa en la III Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



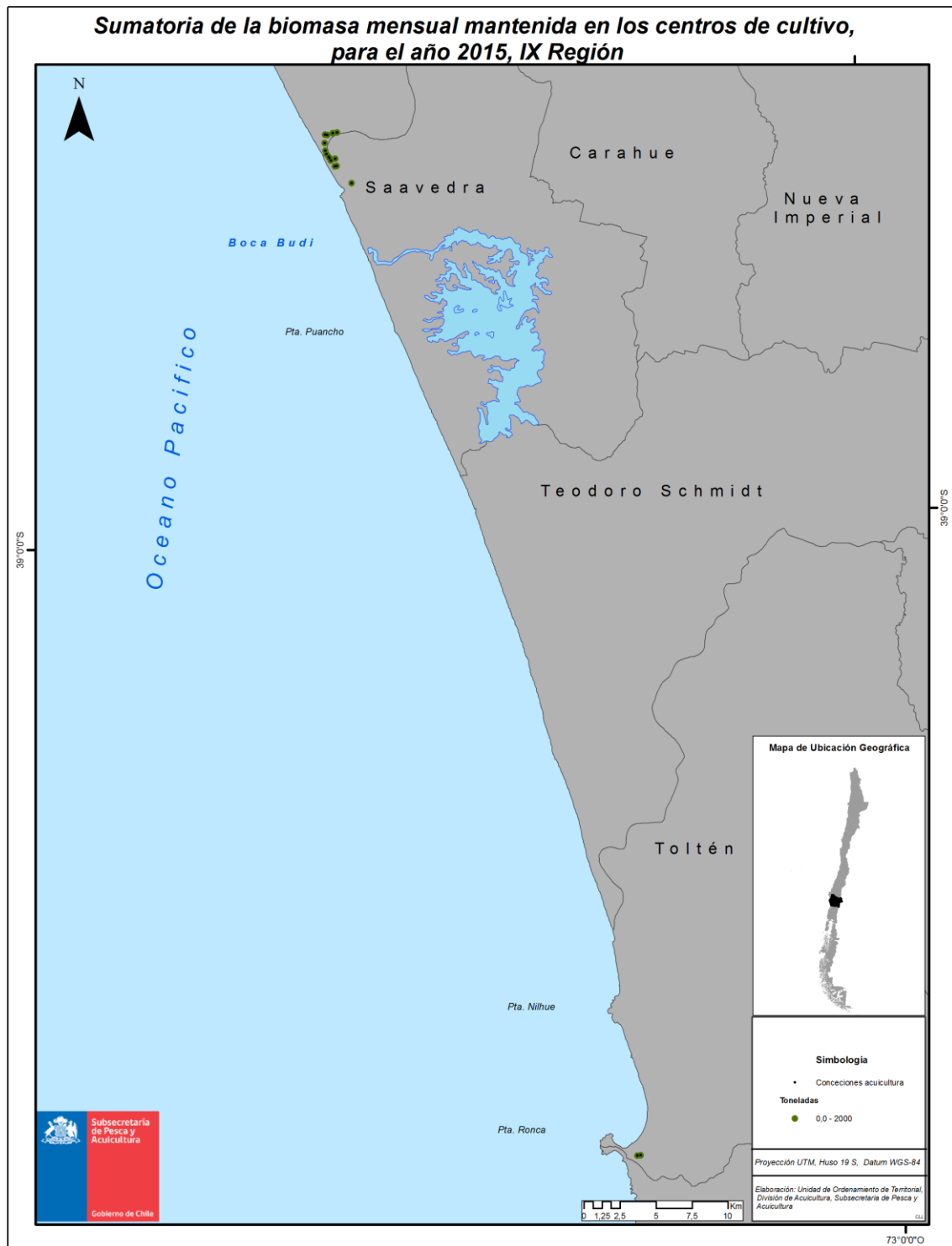
Mapa 4. Distribución espacial de biomasa en la IV Región, año 2015.



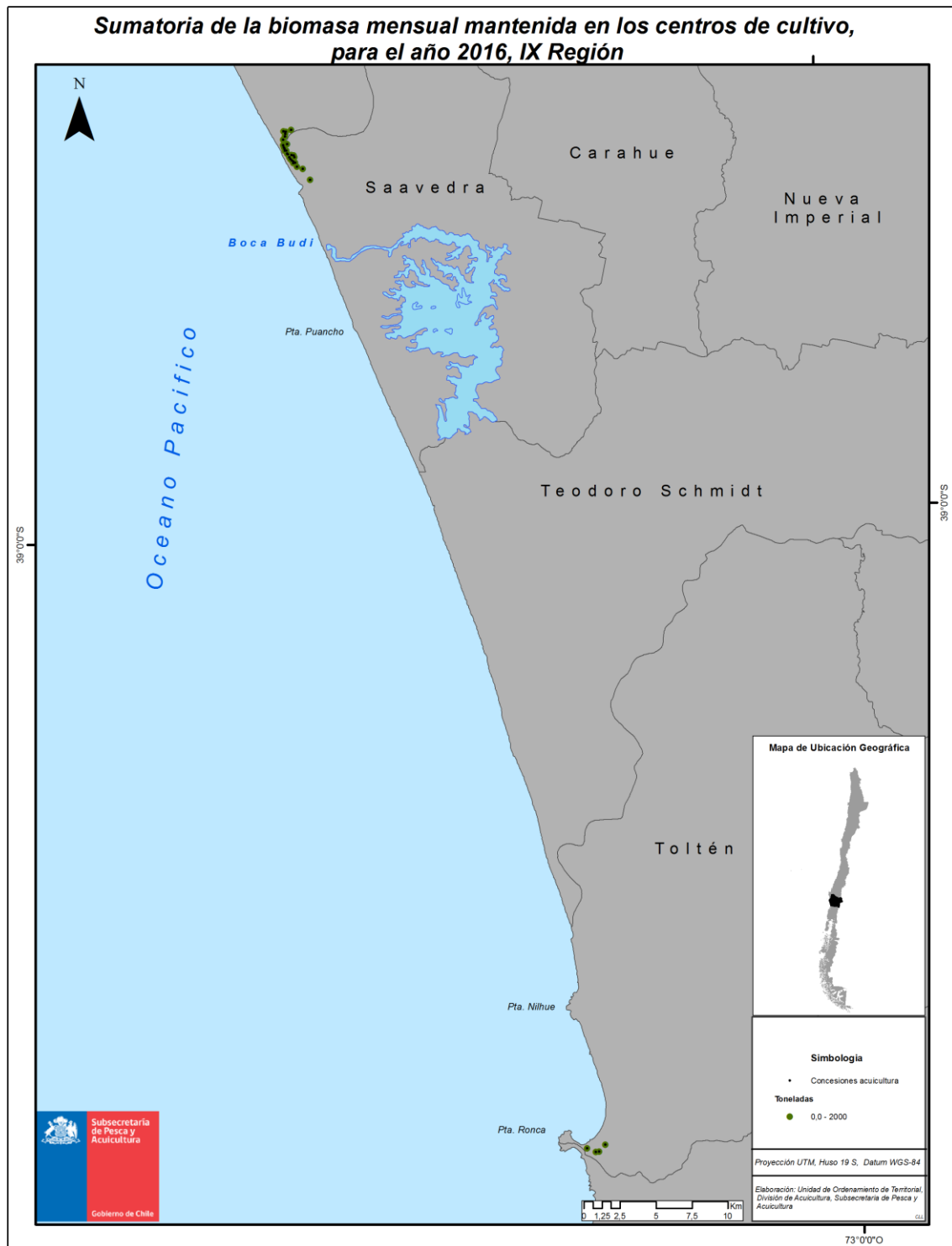
Mapa 5. Distribución espacial de biomasa en la IV Región, año 2016.



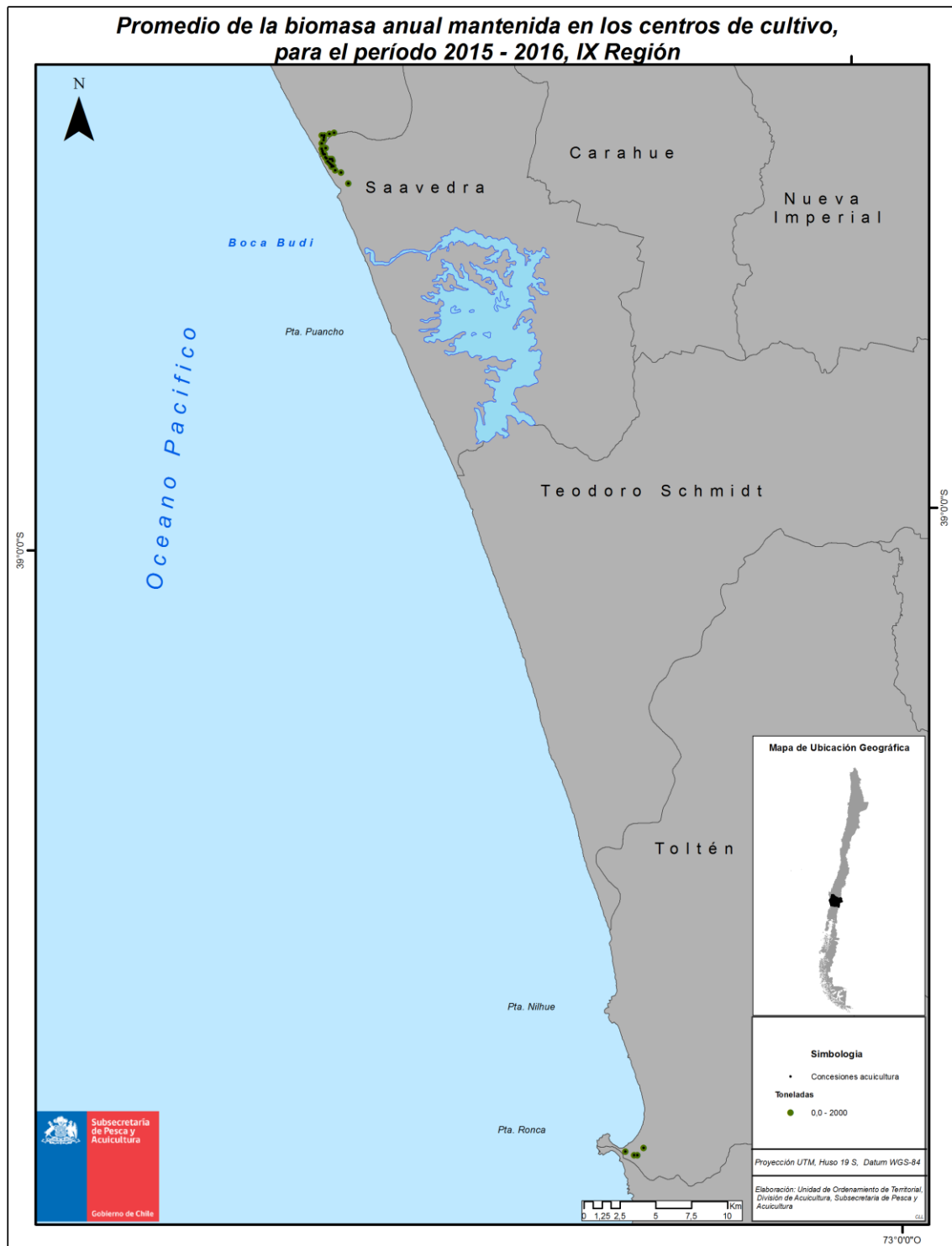
Mapa 6. Distribución espacial de biomasa en la IV Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



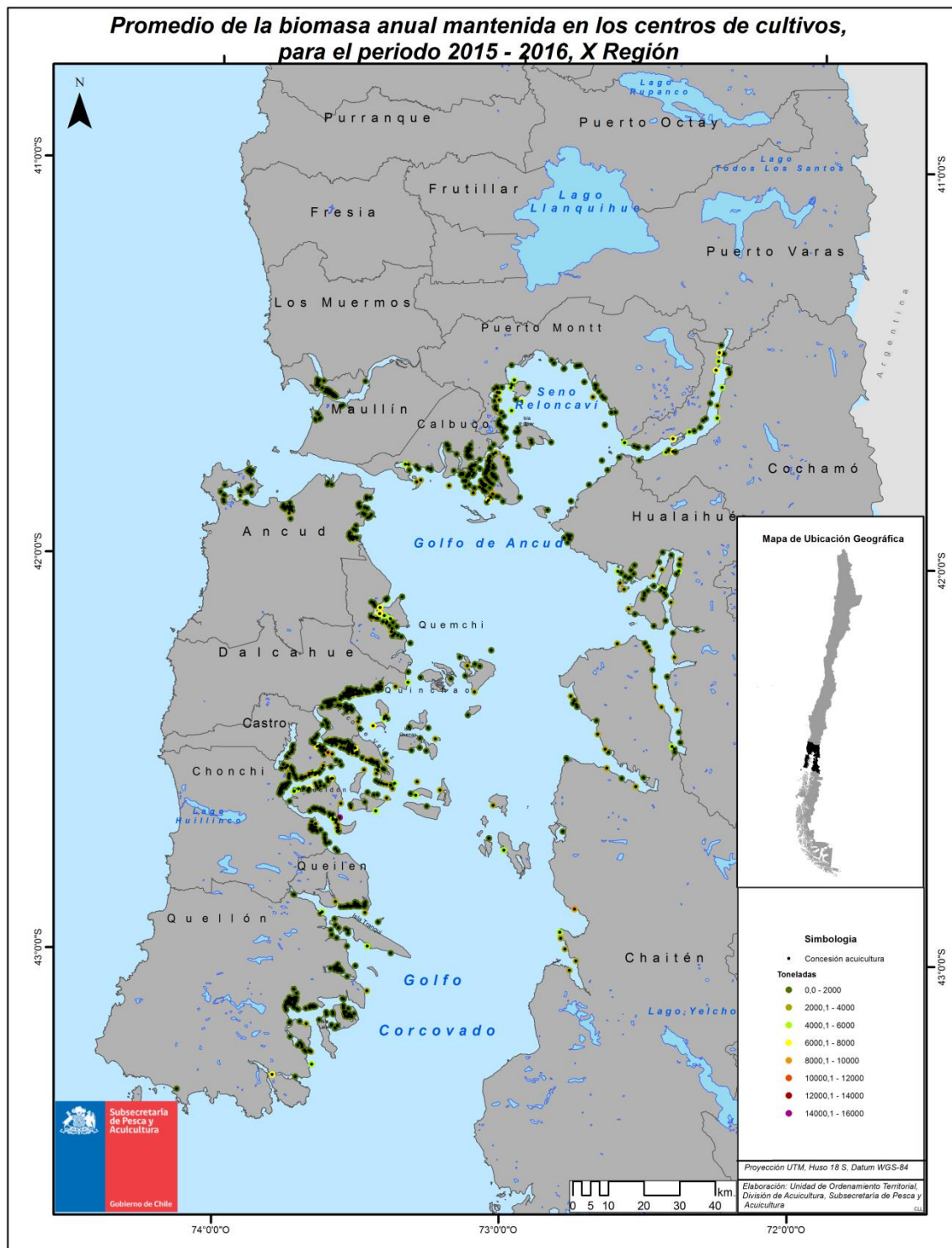
Mapa 7. Distribución espacial de biomasa en la IX Región, año 2015.



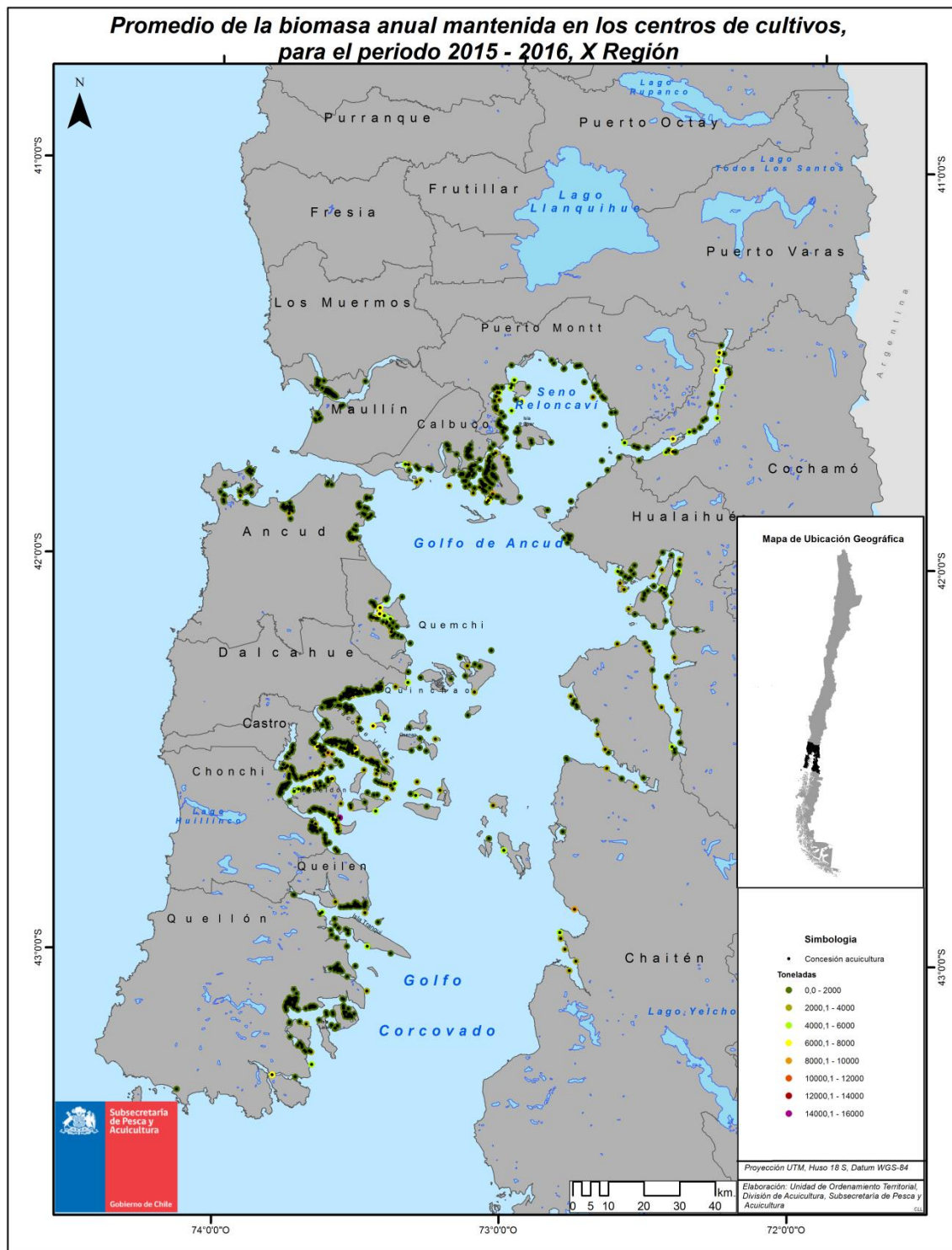
Mapa 8. Distribución espacial de biomasa en la IX Región, año 2016.



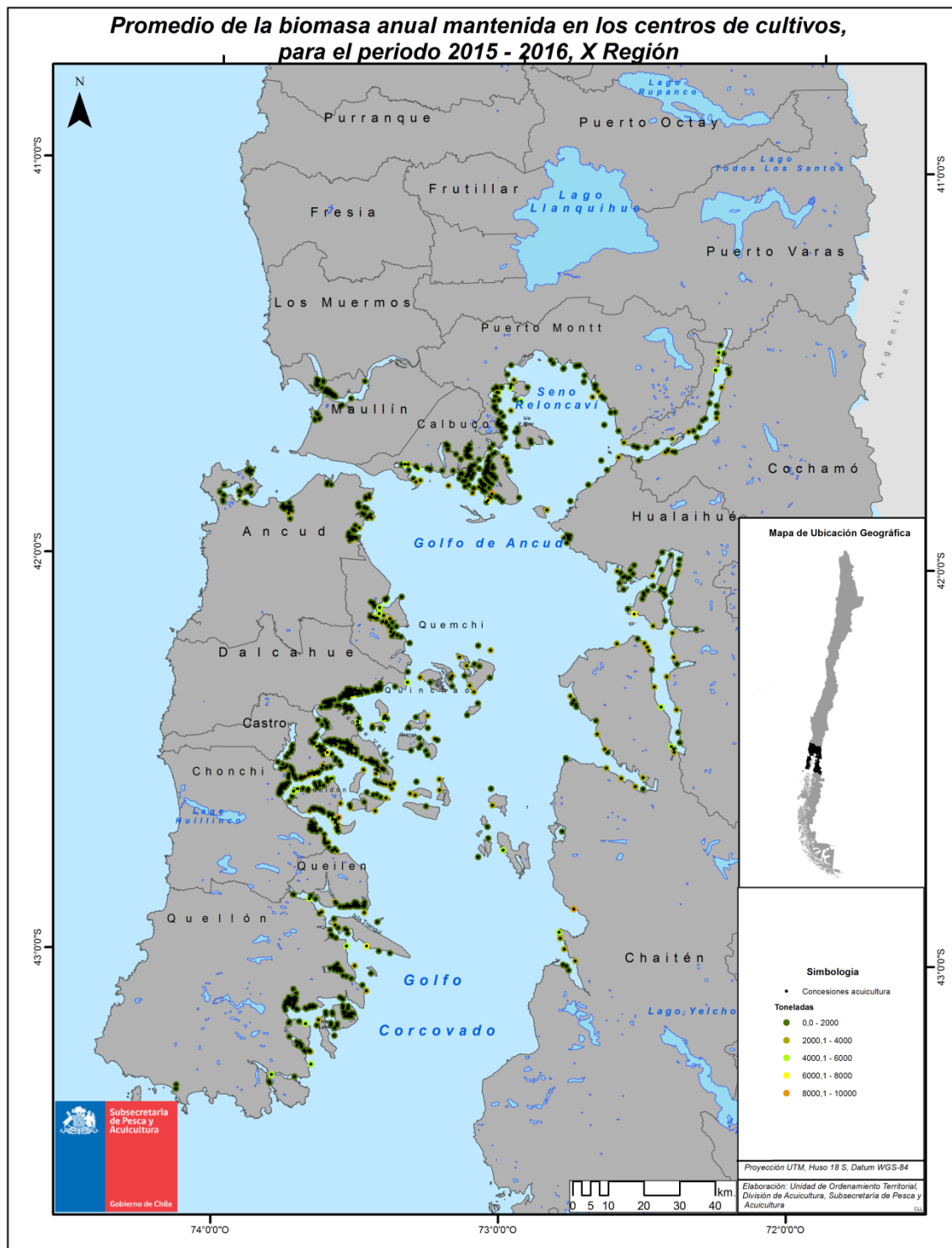
Mapa 9. Distribución espacial de biomasa en la IX región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



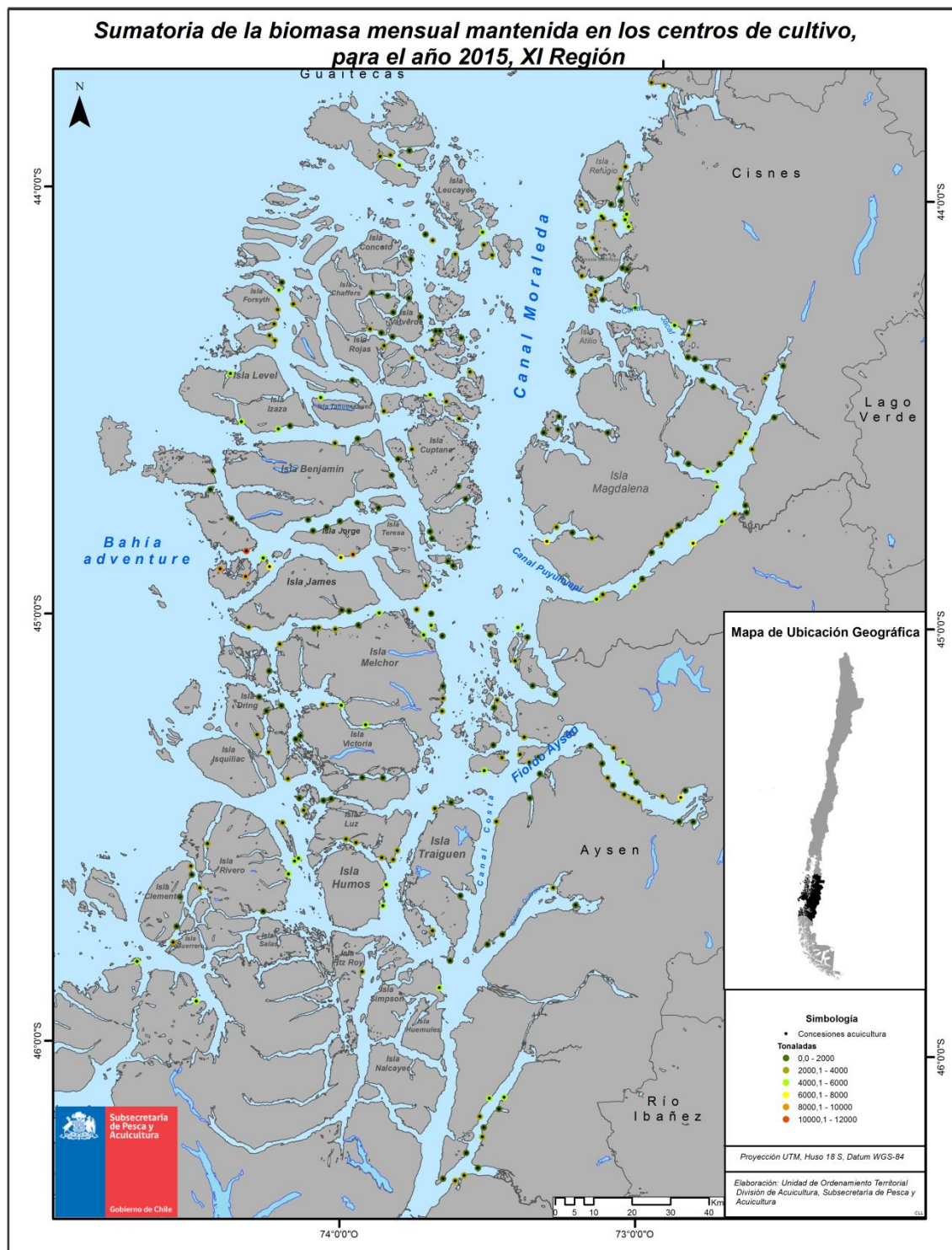
Mapa 10. Distribución espacial de biomasa en la X Región, año 2015.



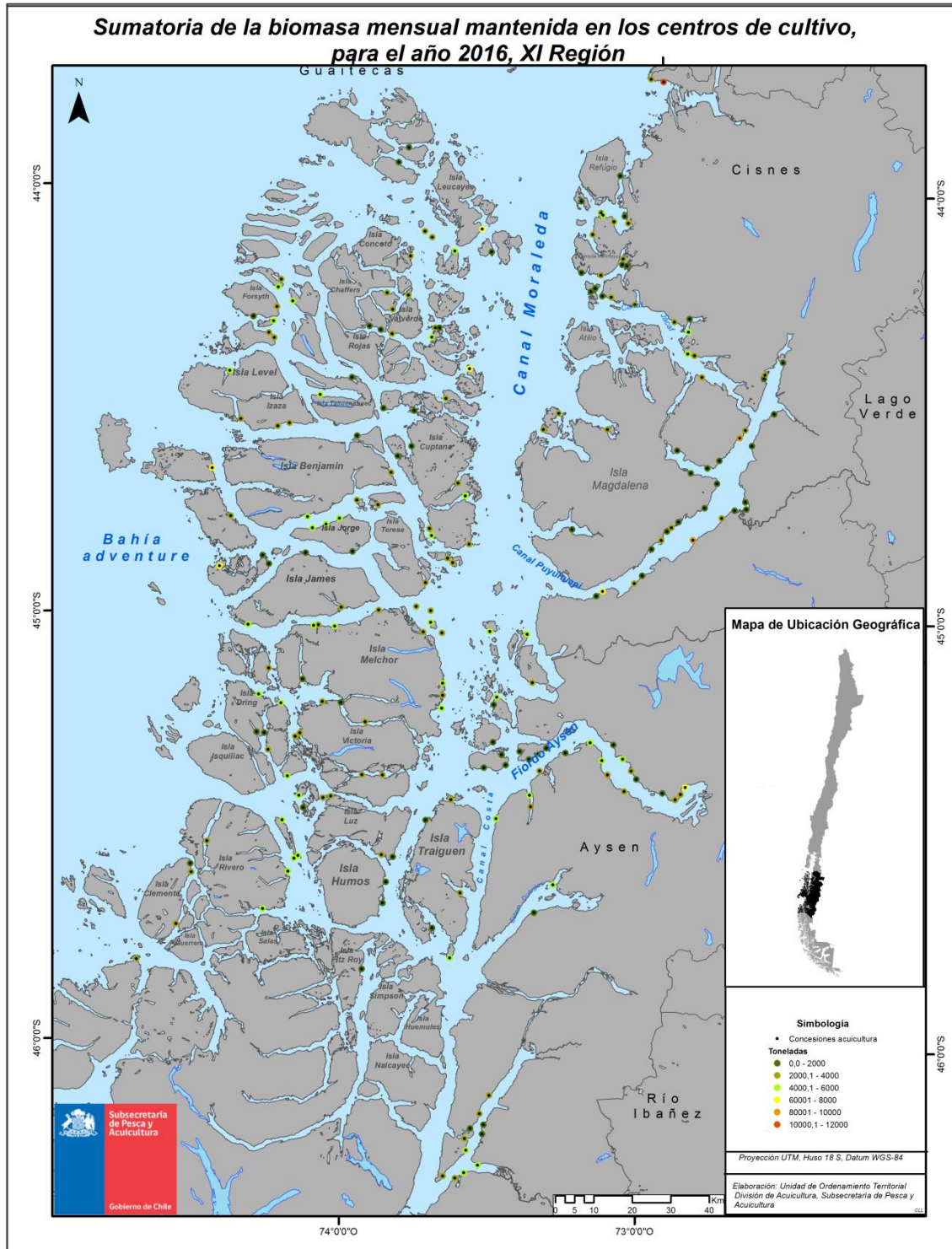
Mapa 11. Distribución espacial de biomasa en la X Región, año 2016.



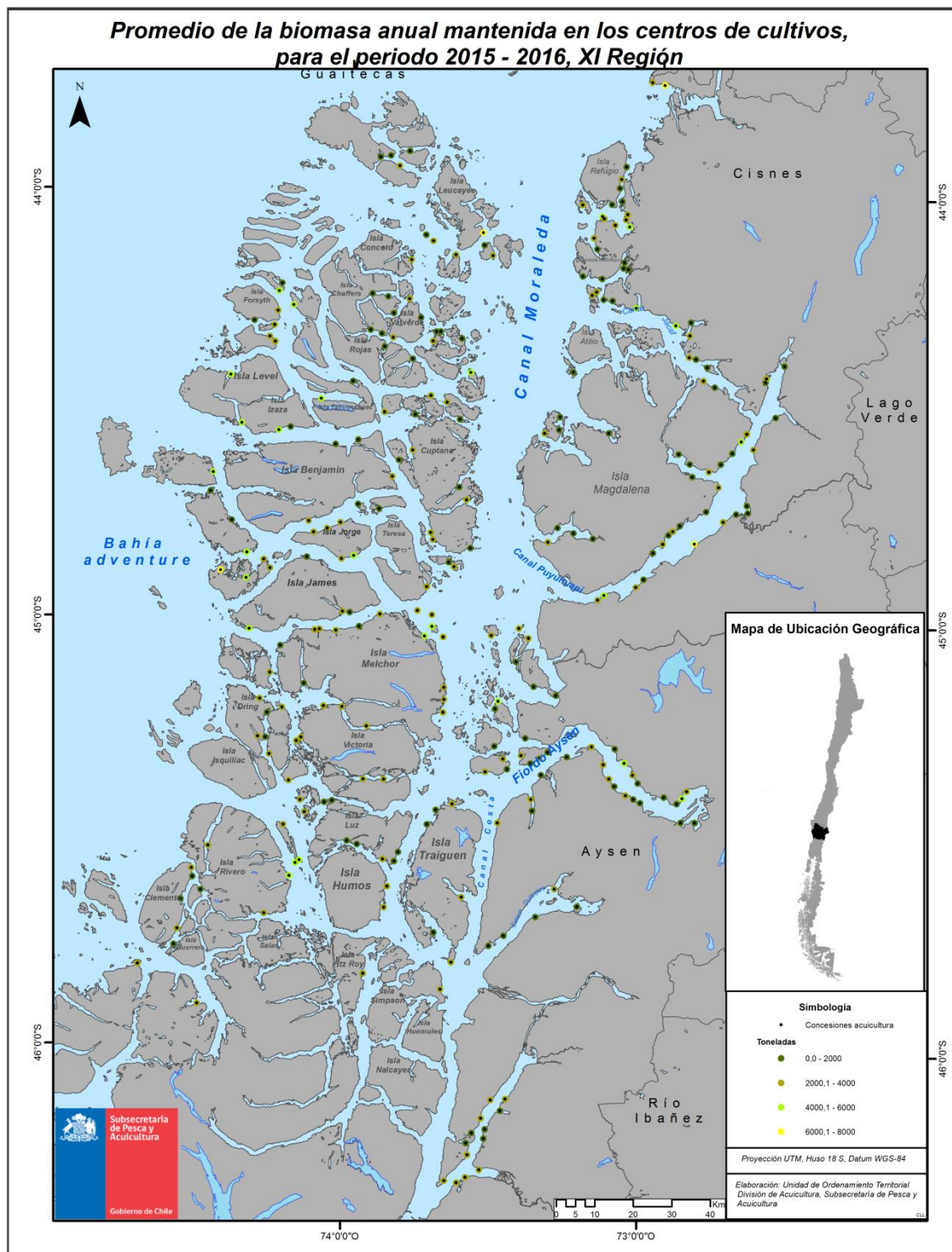
Mapa 12. Distribución espacial de biomasa en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



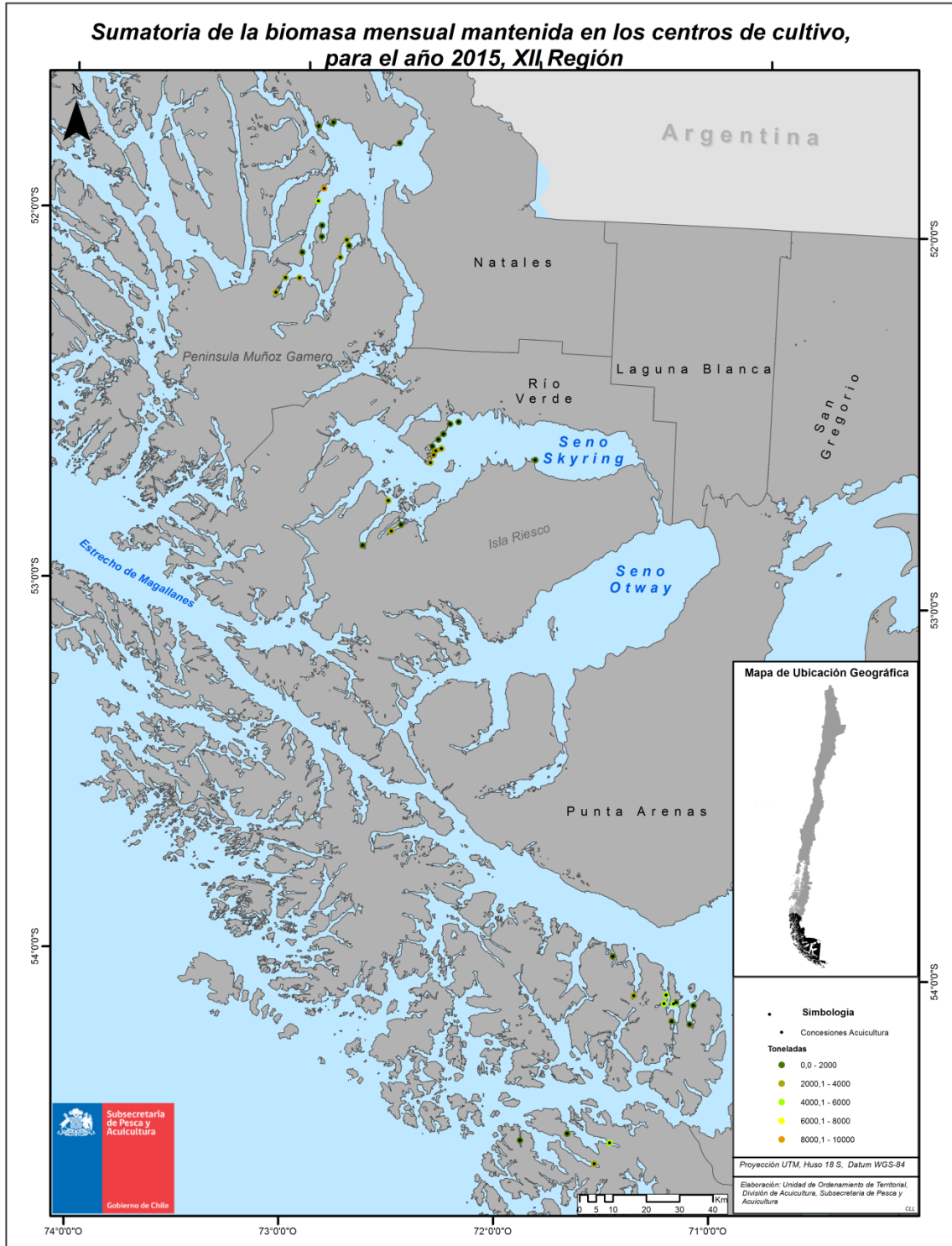
Mapa 13. Distribución espacial de biomasa en la XI Región, año 2015.



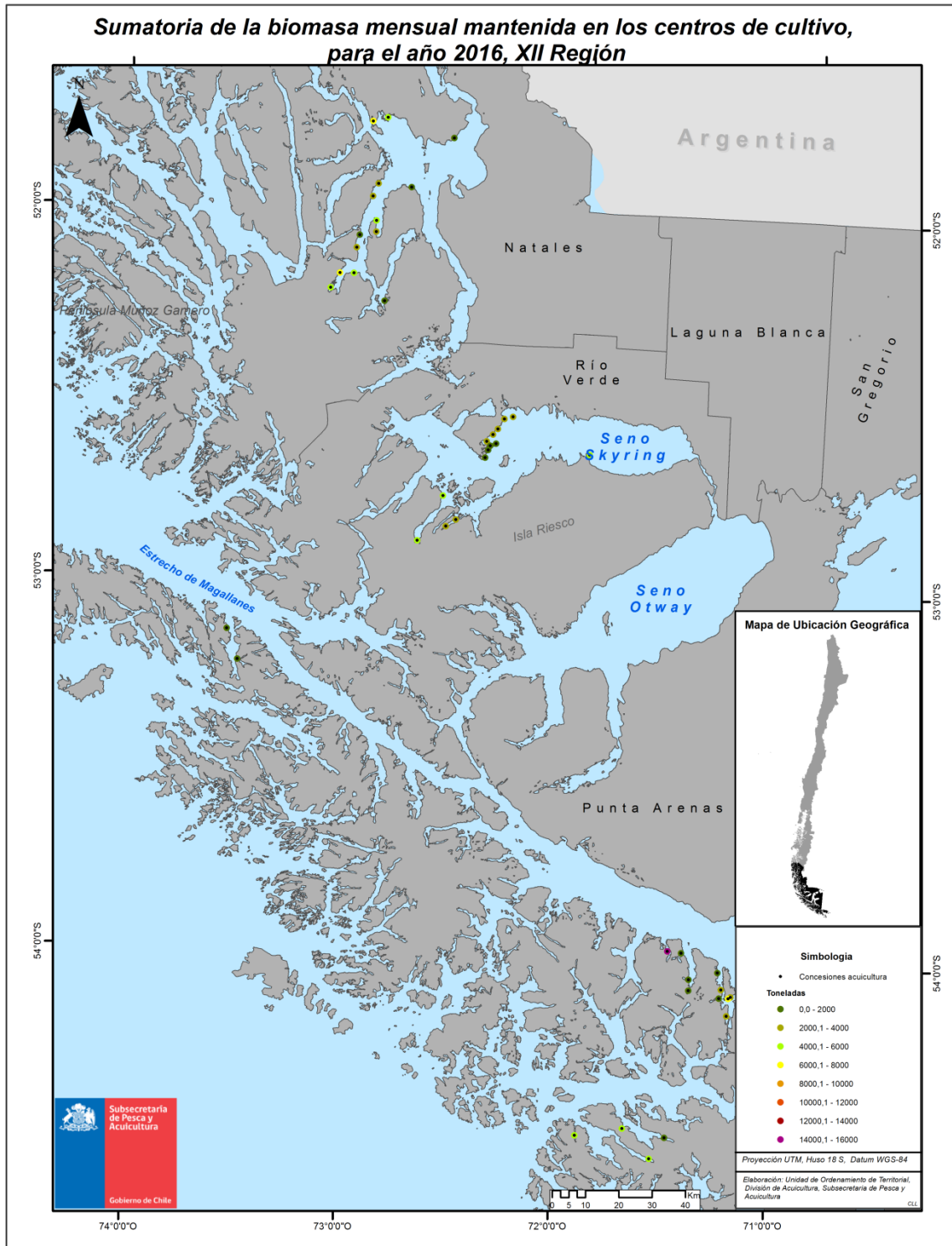
Mapa 14. Distribución espacial de biomasa en la XI Región, año 2016.



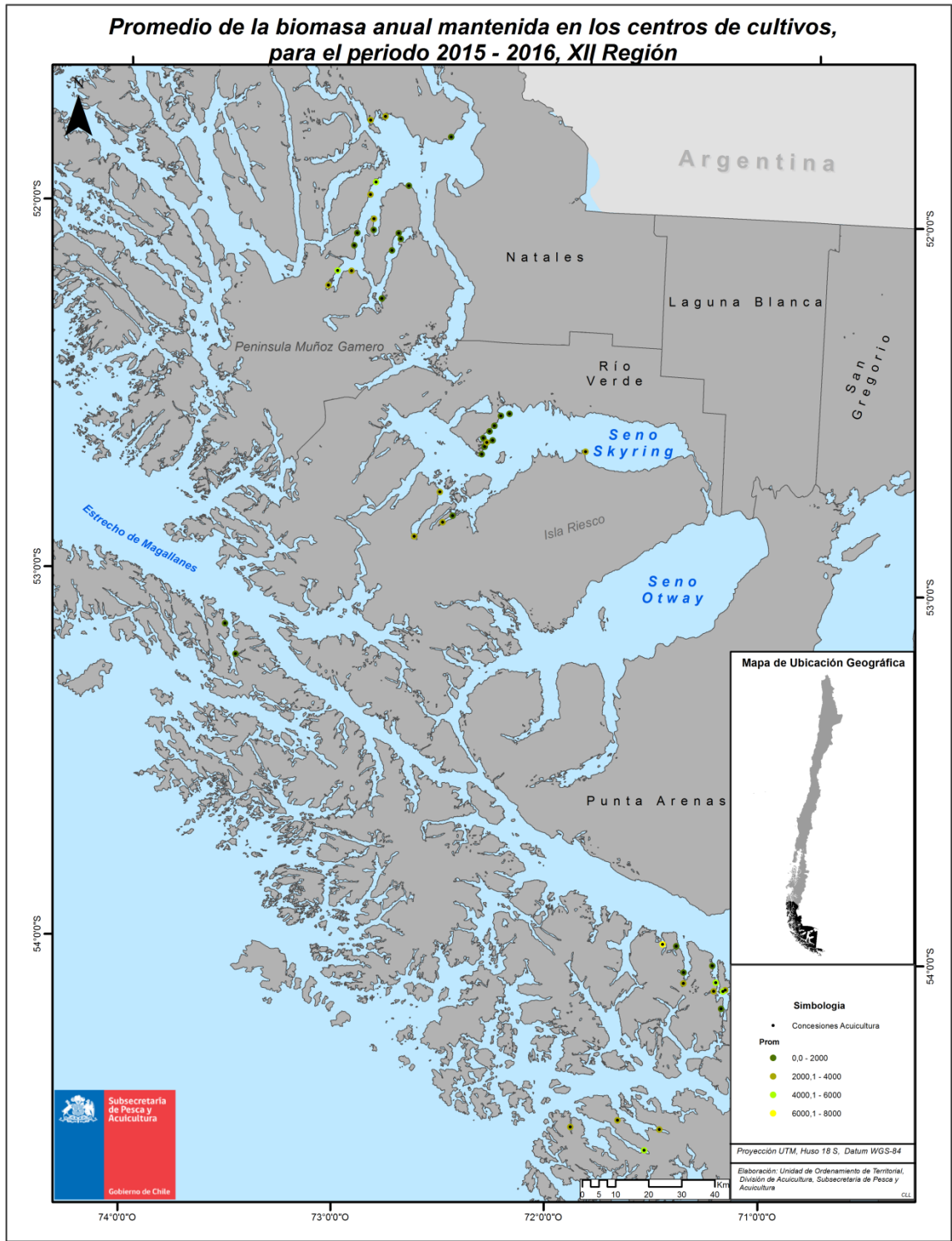
Mapa 15. Distribución espacial de biomasa en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



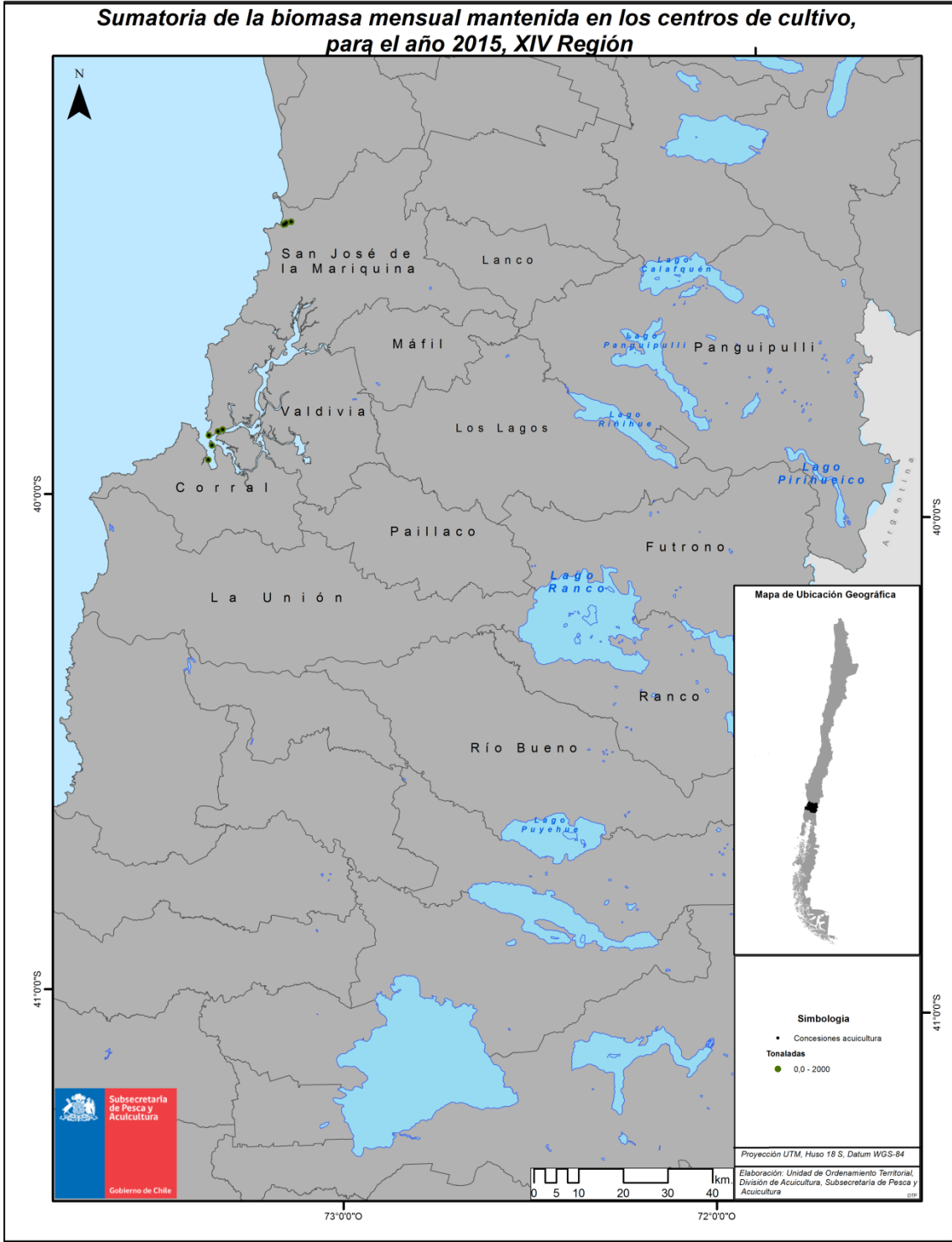
Mapa 16. Distribución espacial de biomasa en la XII Región, año 2015.



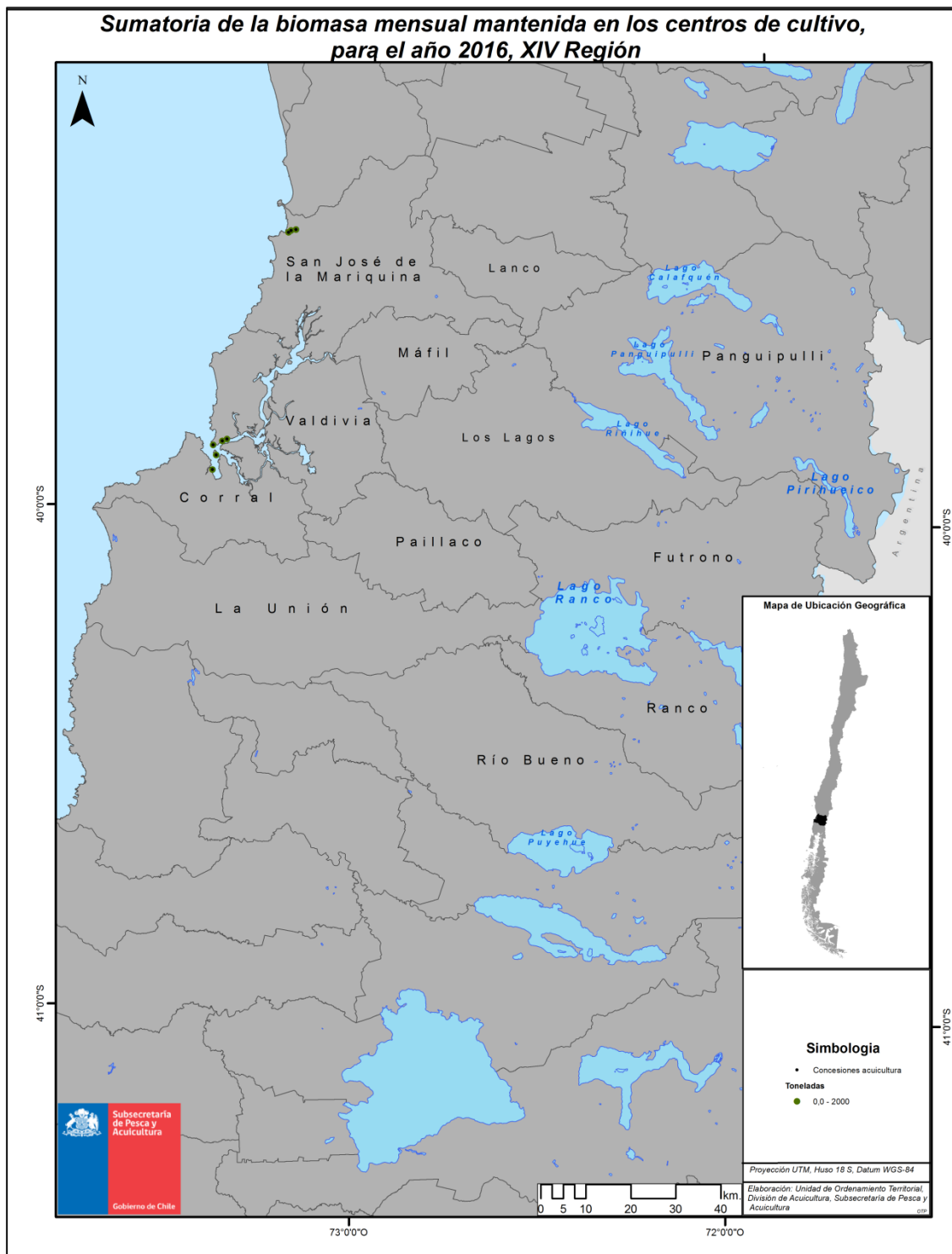
Mapa 17. Distribución espacial de biomasa en la XII región, año 2016.



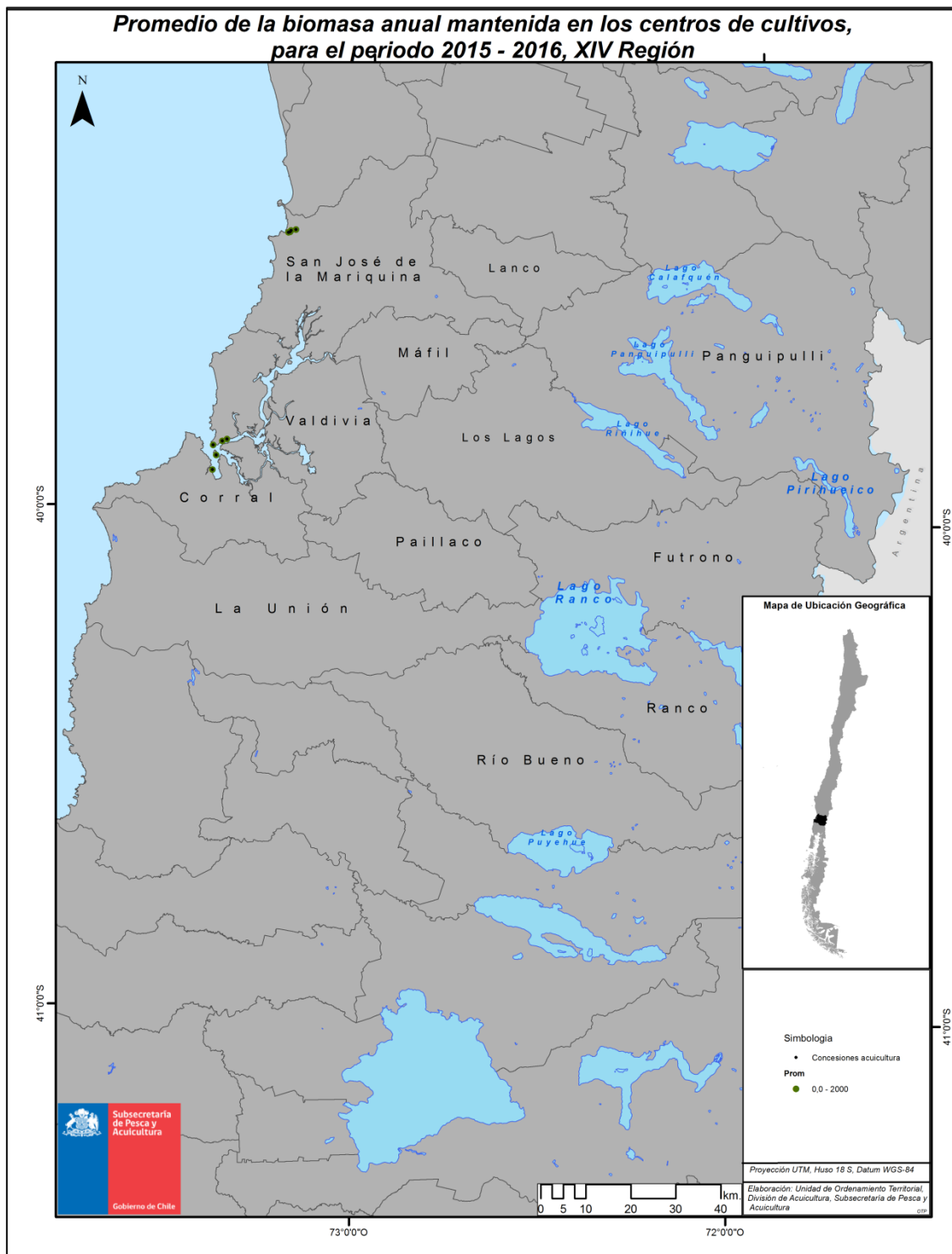
Mapa 18. Distribución espacial de biomasa en la XII Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



Mapa 19. Distribución espacial de biomasa en la XIV región, año 2015.



Mapa 20. Distribución espacial de biomasa en la XIV región, año 2016.



Mapa 21. Distribución espacial de biomasa en la XIV región, promedio anual de los años 2015 a 2016.

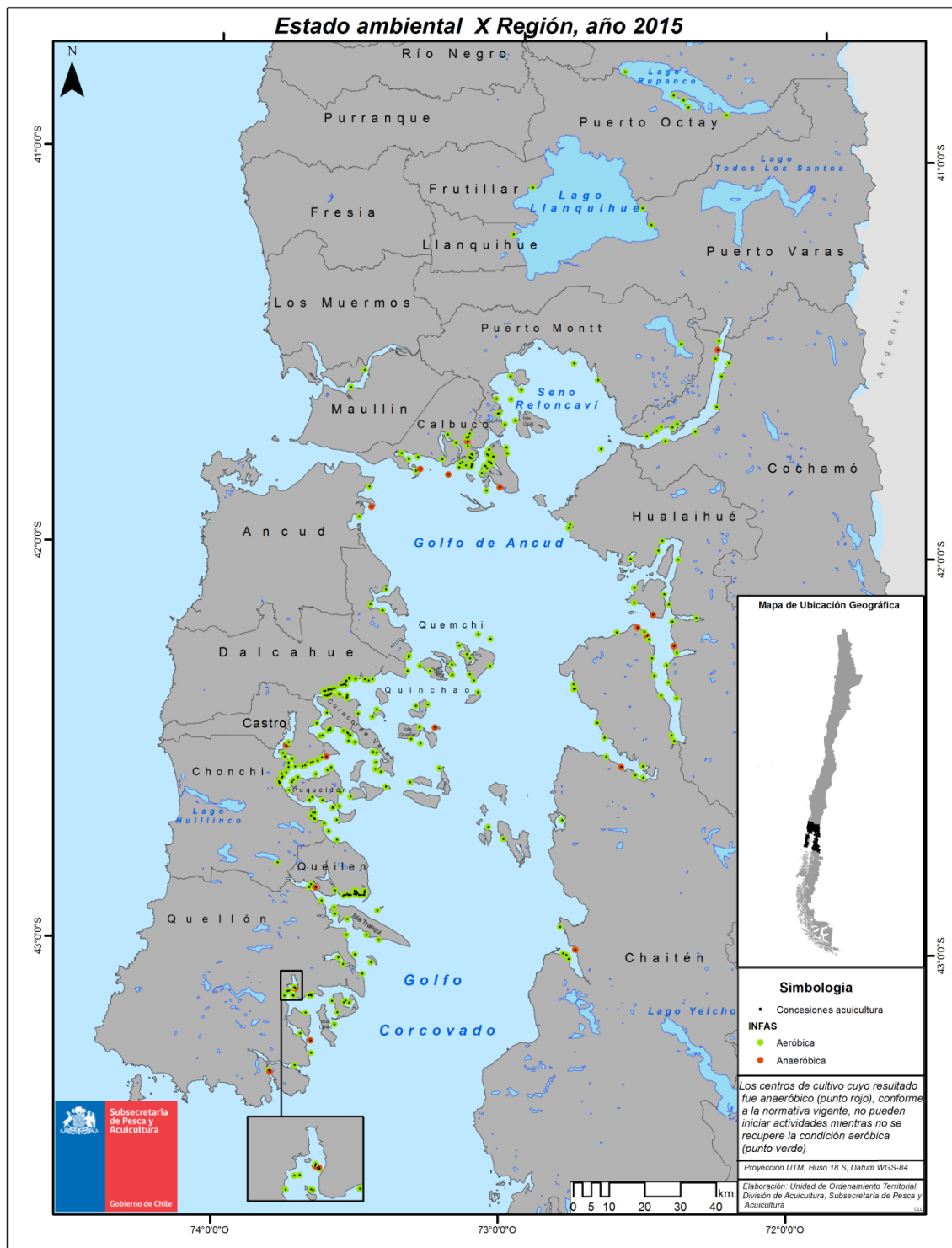
Tabla 16. Total de especies cultivadas por grupo y su producción entre los años 2009 a 2014.

Especie	2015	2016
ALGAS	14.806,28	16.453,90
HUIRO	247,10	240,00
PELILLO	14.559,18	16.213,90
MOLUSCOS	1.107.691,64	1.026.440,00
ABALON ROJO	2.384,25	3.284,00
CHOCHA	57,50	0,00
CHOLGA	43.886,40	75.041,05
CHORITO	1.052.974,61	939.675,74
CHORO	1.871,90	1.278,22
OSTION DEL NORTE	6.012,08	6.696,04
OSTRA CHILENA	450,90	413,28
OSTRA DEL PACIFICO	54,00	51,68
PECES	1.324.849,21	1.173.560,46
SALMON DEL ATLANTICO	1.016.624,99	887.368,92
SALMON KETA	0,04	0,00
SALMON PLATEADO O COHO	167.640,46	165.543,04
SALMON ROSADO	0,00	0,02
TRUCHA ARCOIRIS	140.583,67	120.648,48
TRUCHA CAFE	0,05	0,00
OTROS	381,00	0,00
ERIZO	381,00	0,00
Total	2.447.728,13	2.216.454,36

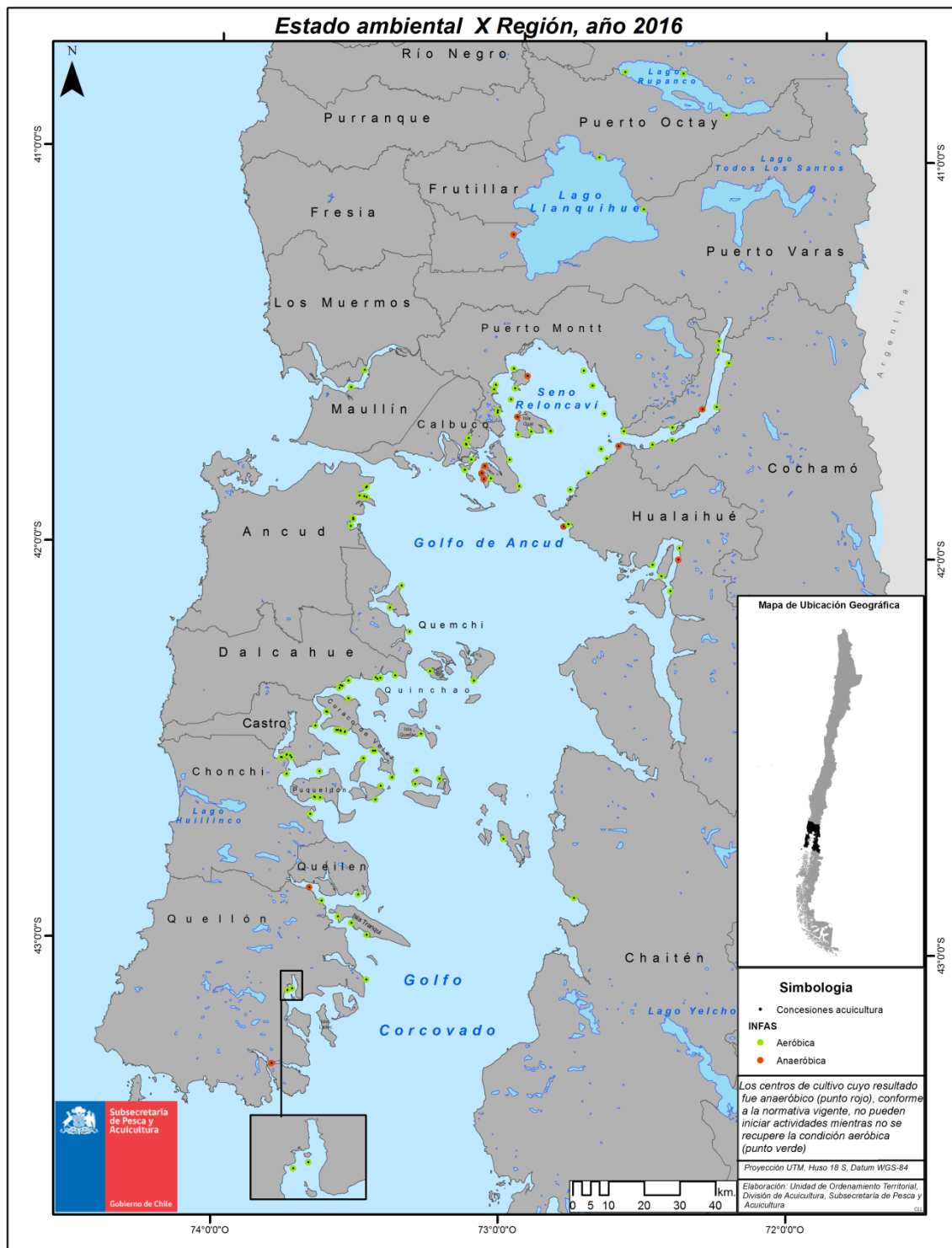
ANEXO II

Condición Ambiental por Región

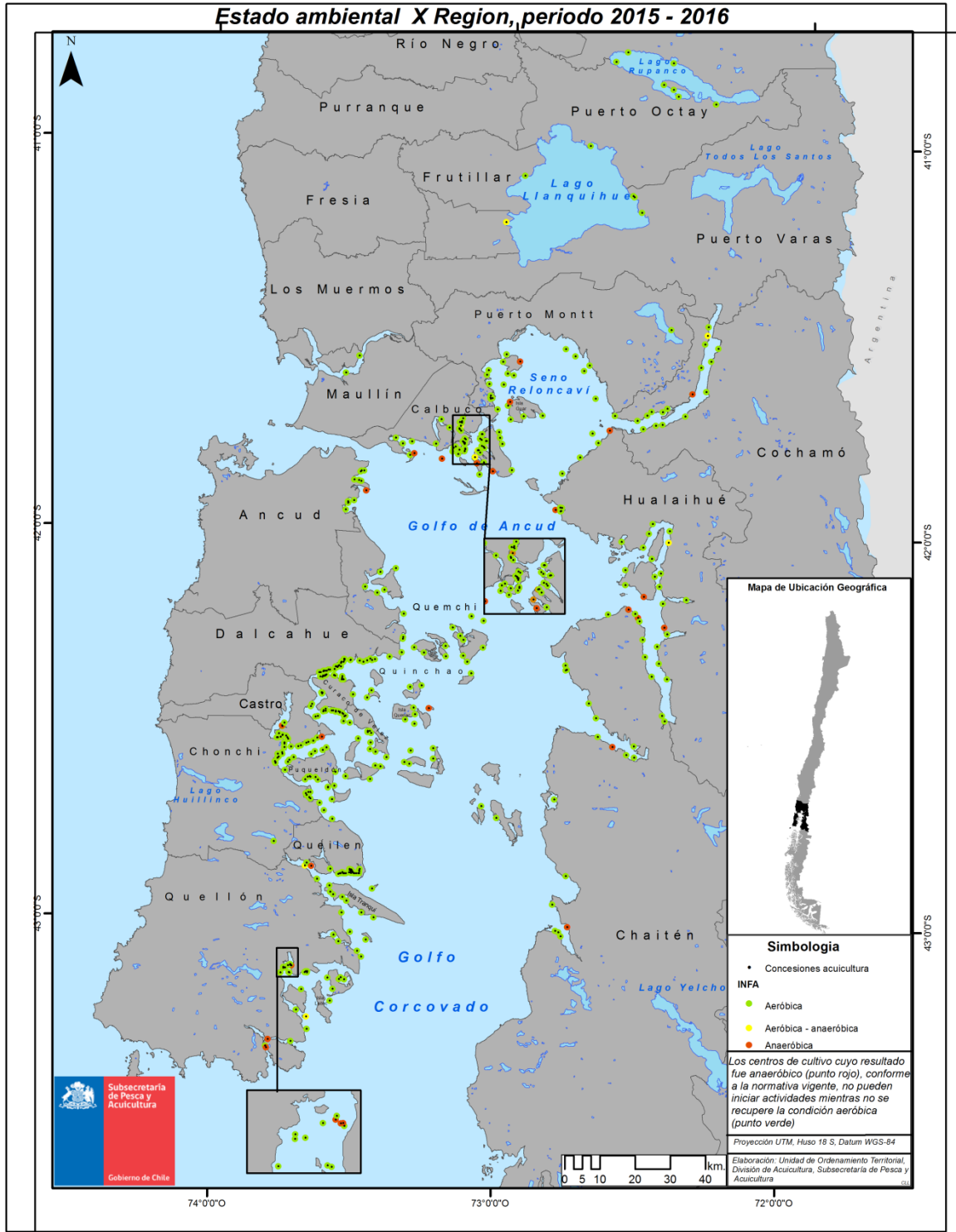
(X, XI, XII y XIV Región)



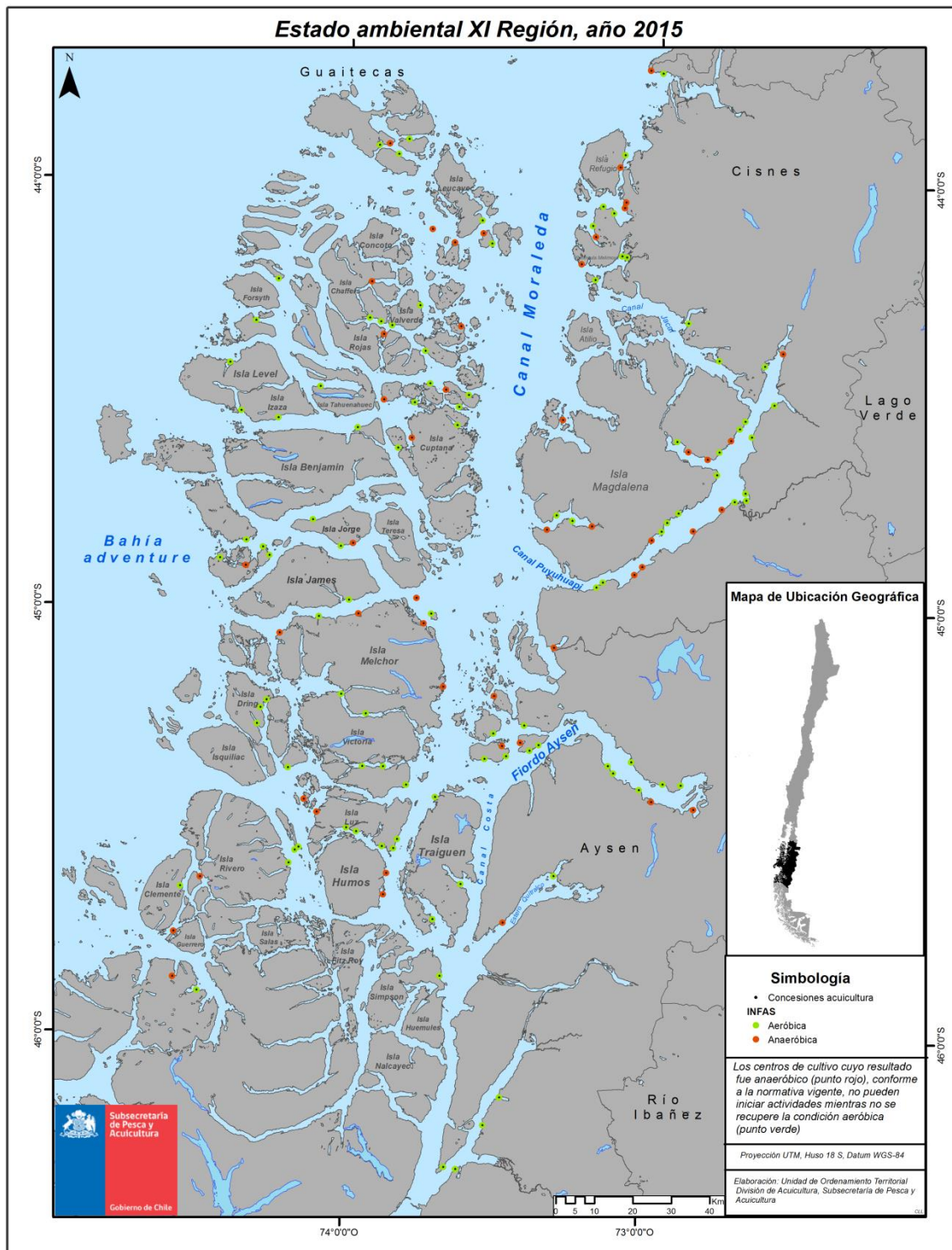
Mapa 22. Condición ambiental en la X Región según los resultados de la INFAS, año 2015.



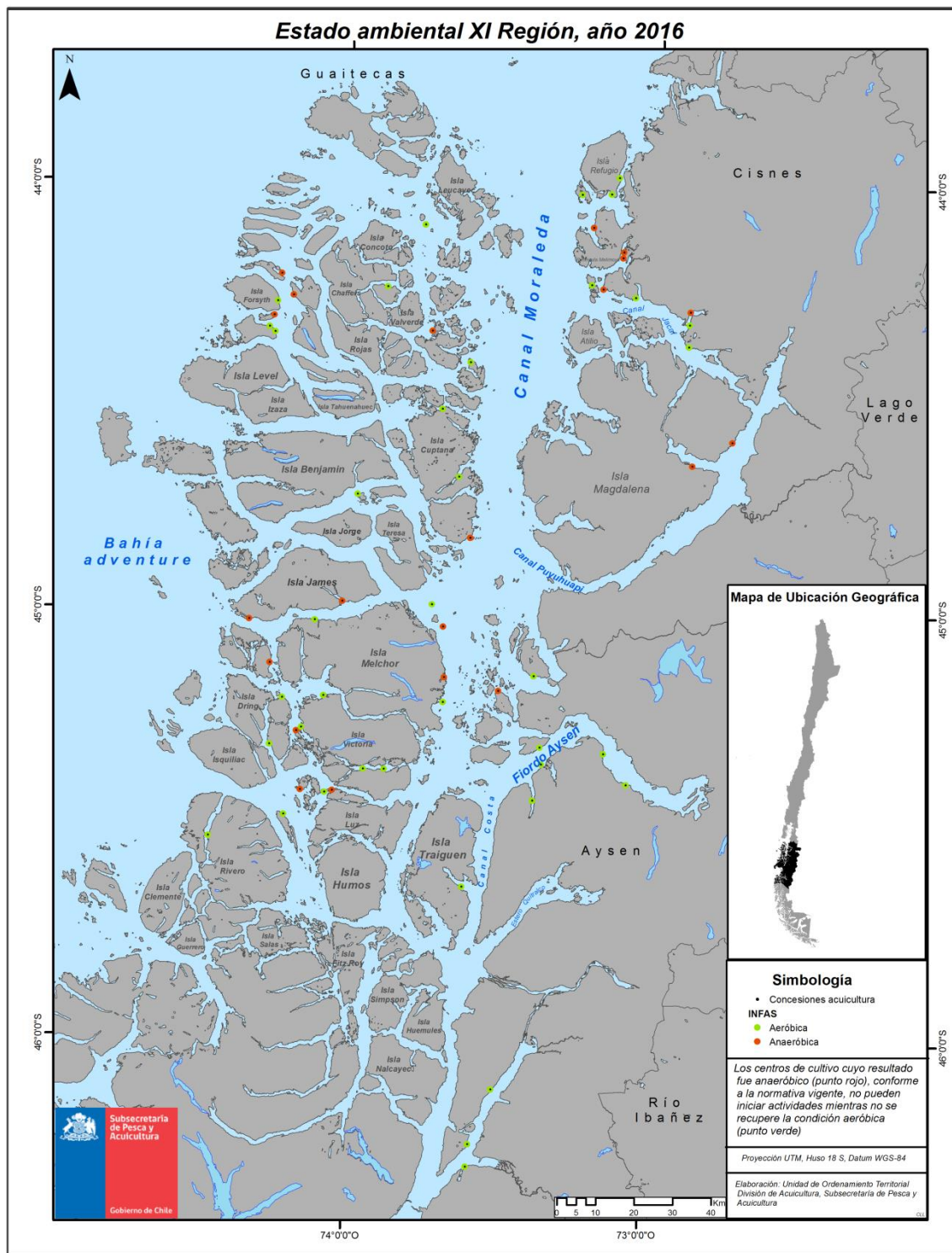
Mapa 23. Condición ambiental en la X Región según los resultados de la INFAS, año 2016.



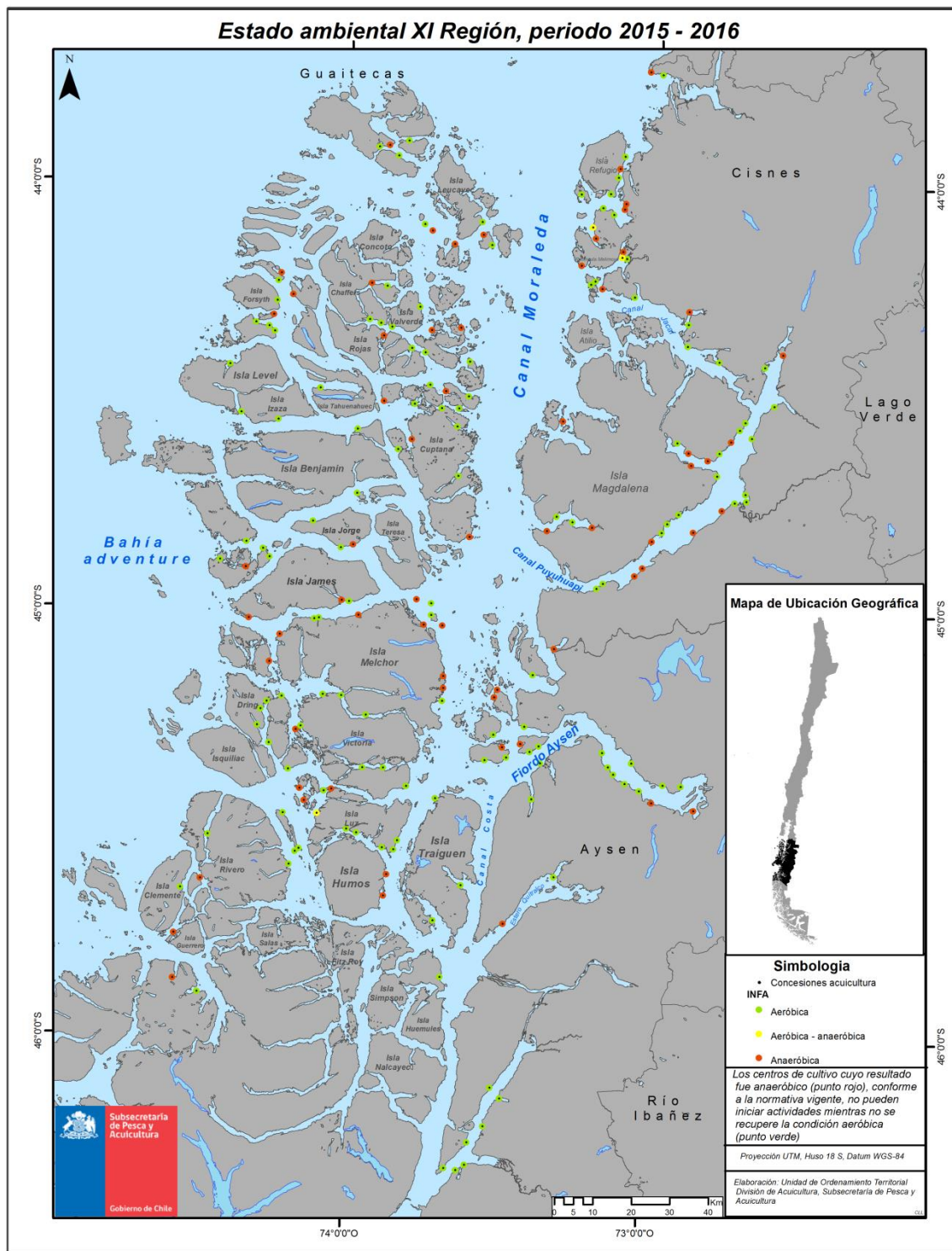
Mapa 24. Condición ambiental en la X Región según los resultados de la INFA, periodo 2015 a 2016.



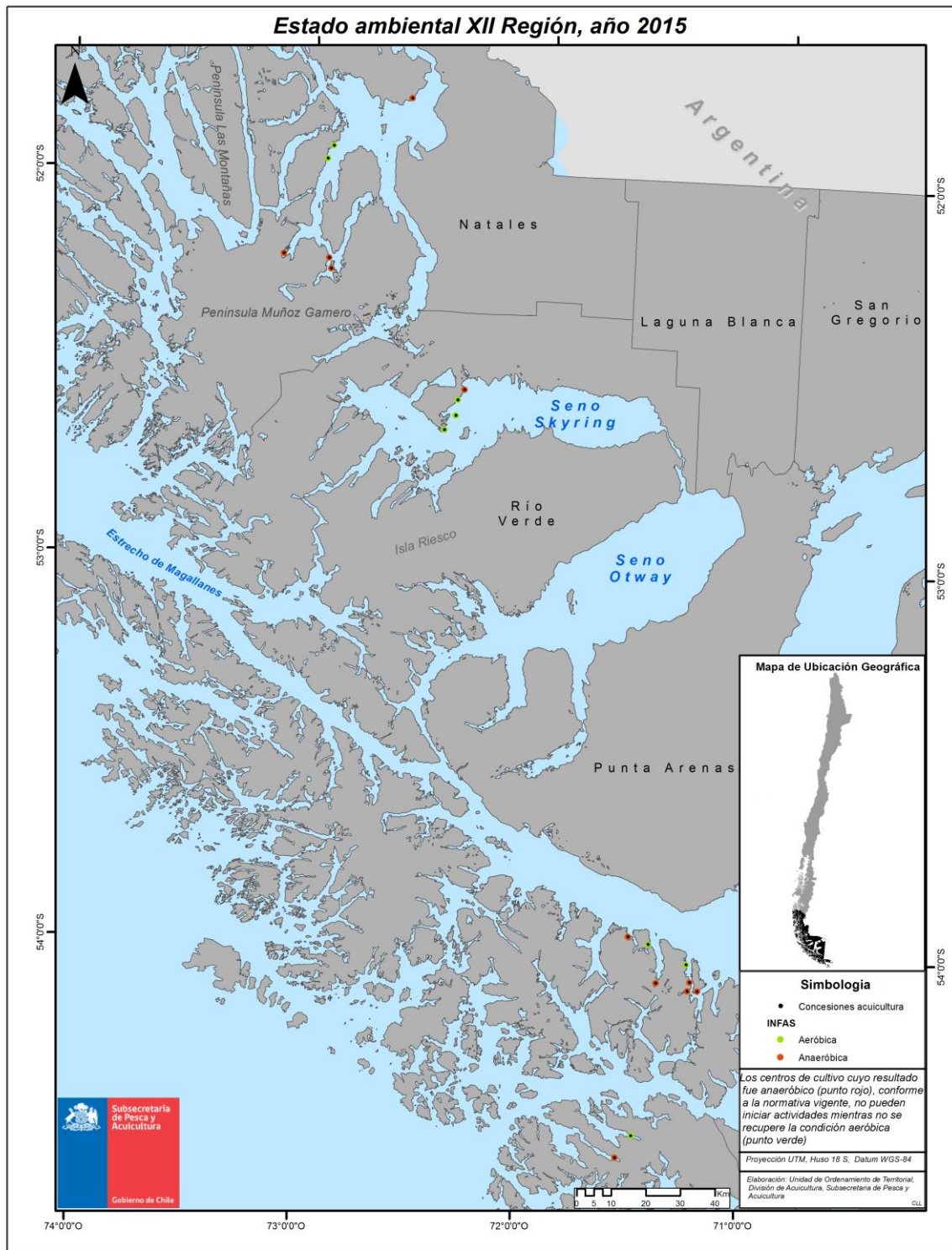
Mapa 25. Condición ambiental en la XI Región según los resultados de la INFA, año 2015.



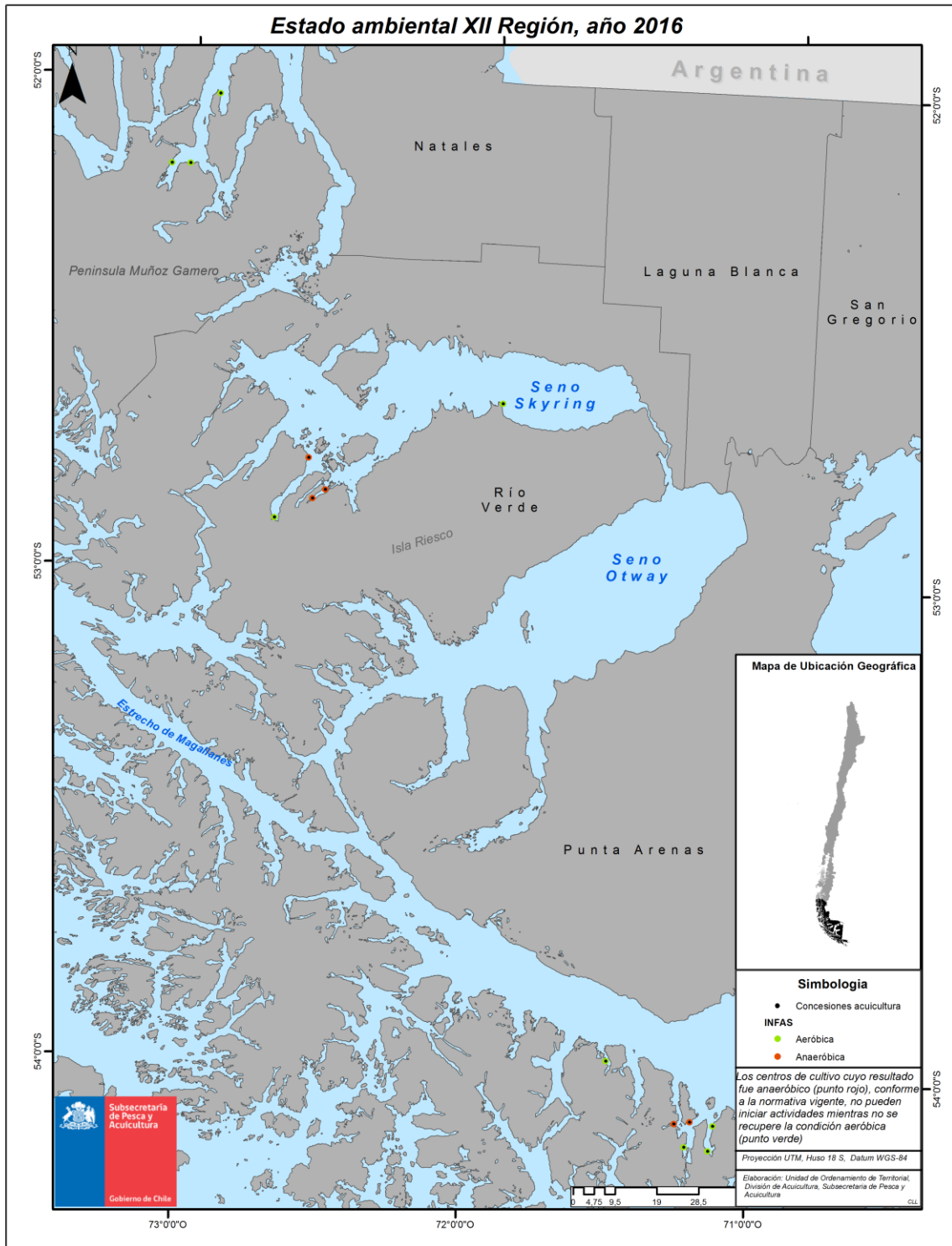
Mapa 26. Condición ambiental en la XI Región según los resultados de la INFA, año 2016.



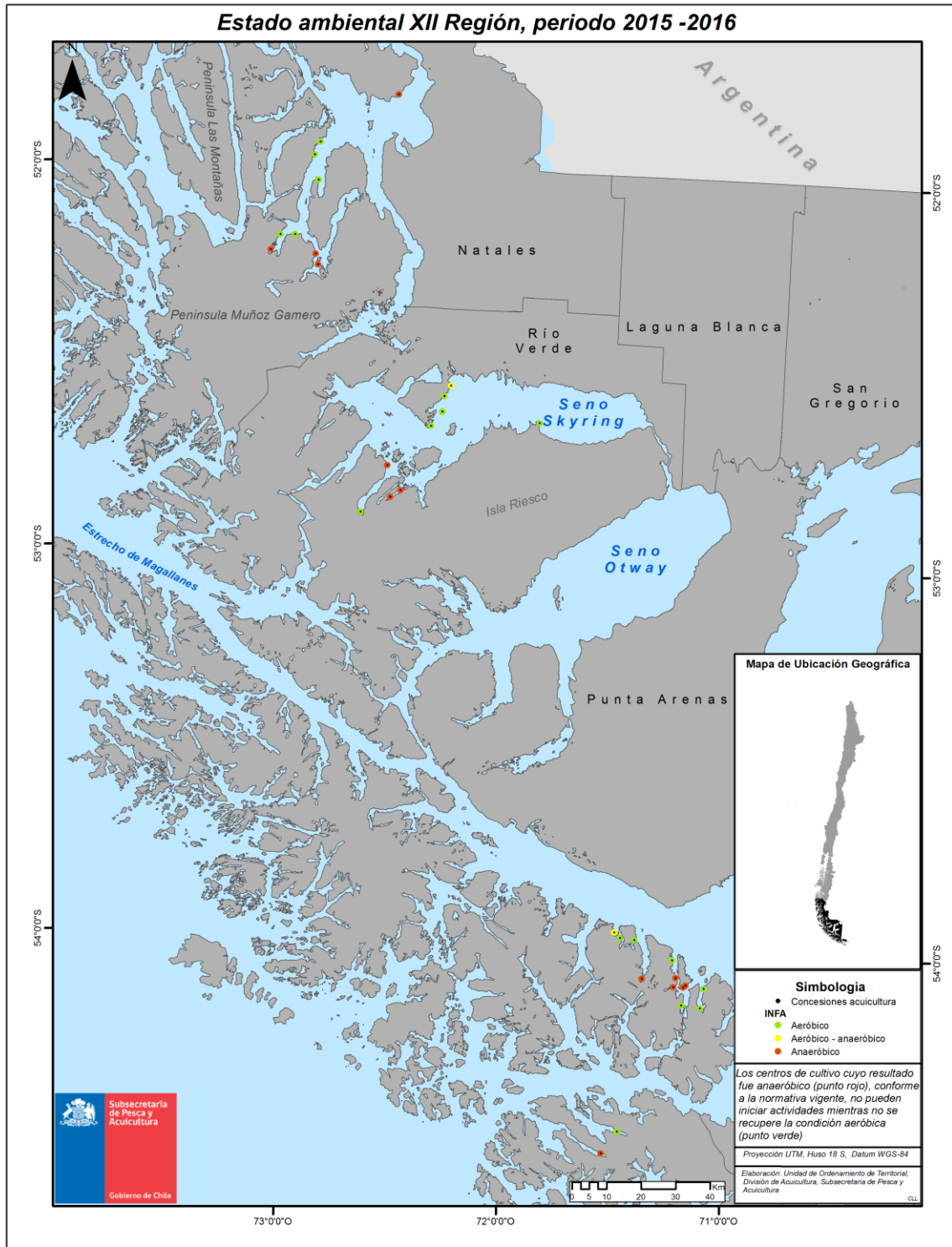
Mapa 27. Condición ambiental en la XI Región según los resultados de la INFA, periodo 2015 a 2016.



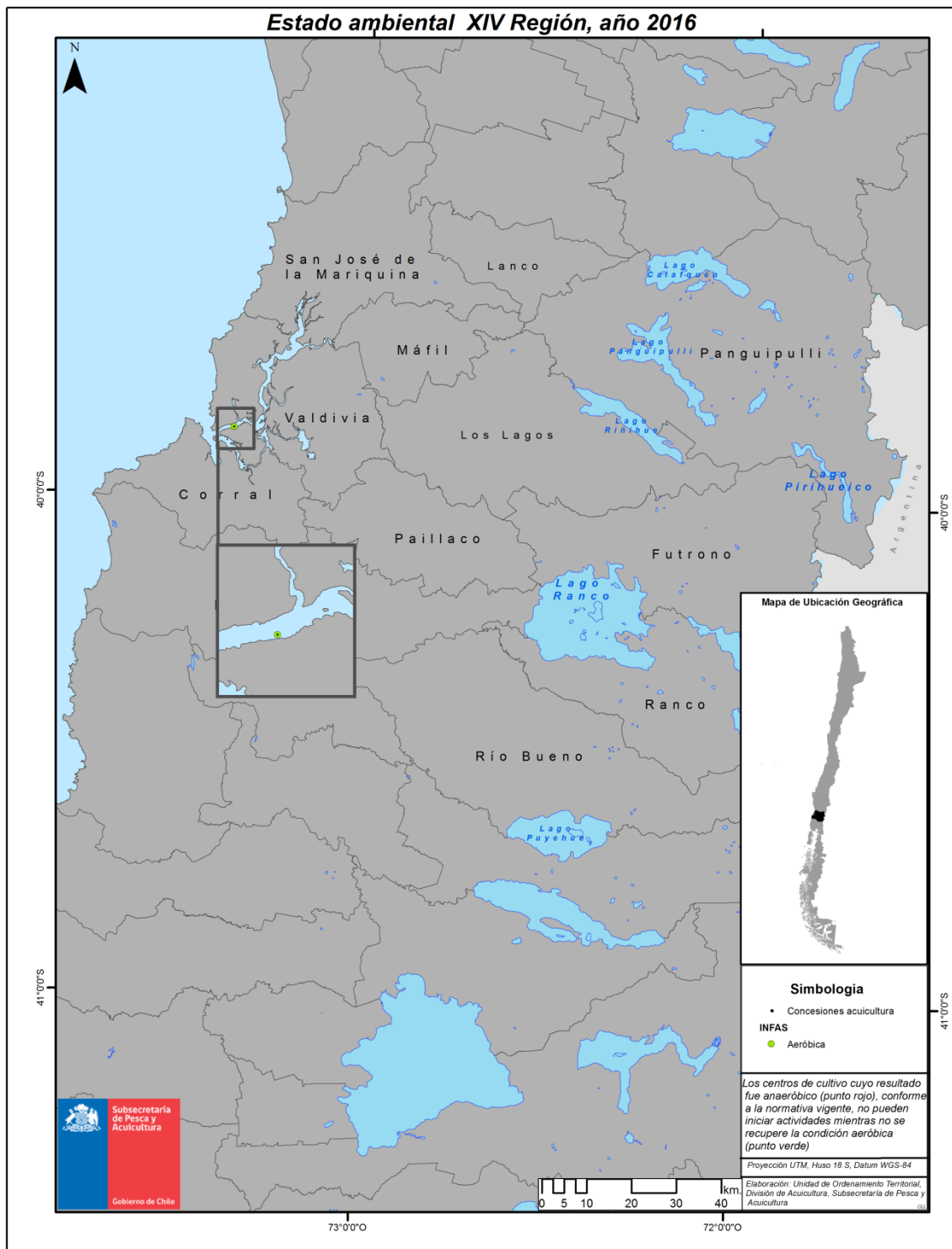
Mapa 28. Condición ambiental en la XII Región según los resultados de la INFA, año 2015.



Mapa 29. Condición ambiental en la XII Región según los resultados de la INFA, año 2016.



Mapa 30. Condición ambiental en la XII Región según los resultados de la INFA, periodo 2015 a 2016.

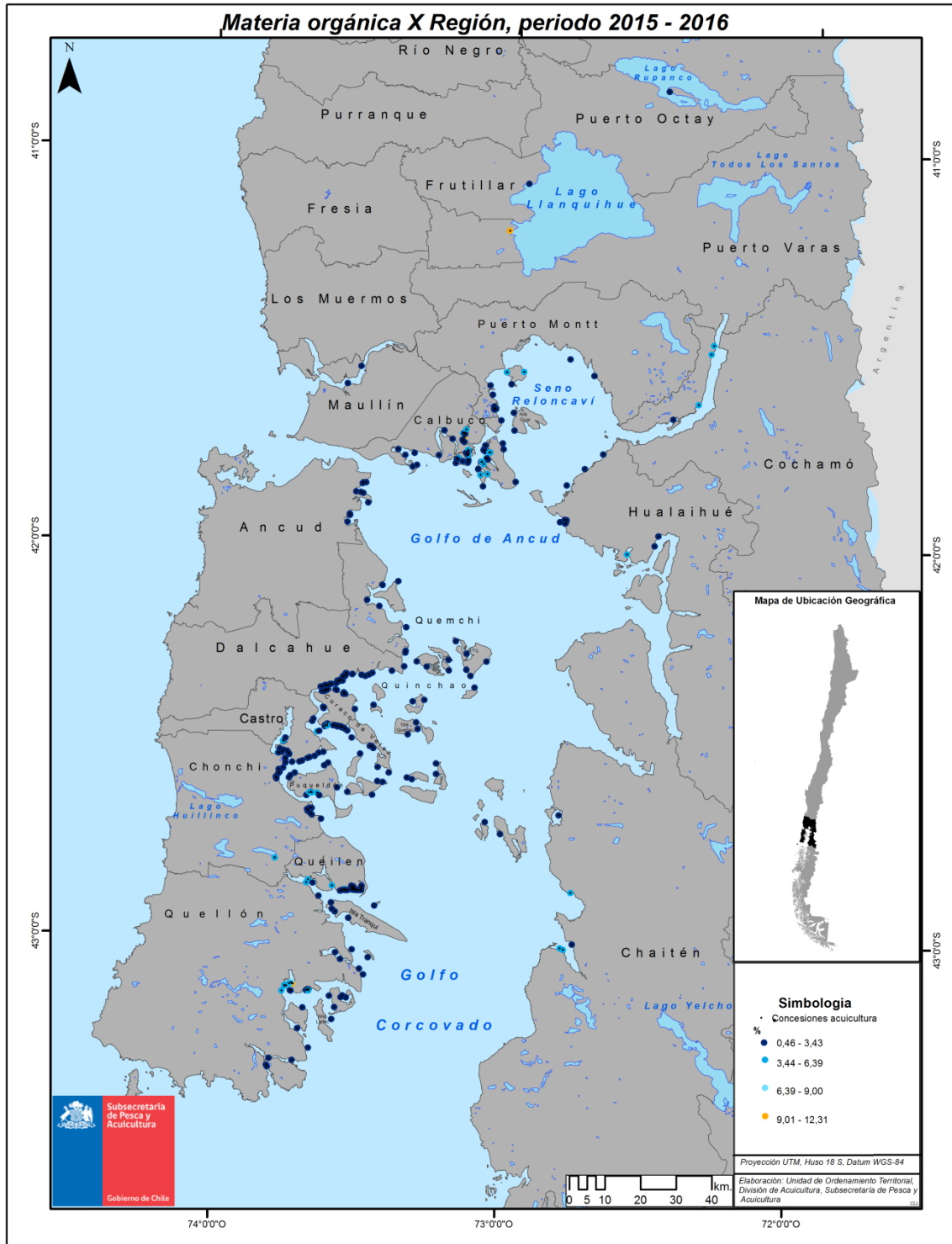


Mapa 31. Condición ambiental en la XIV Región según los resultados de la INFA, año 2016.

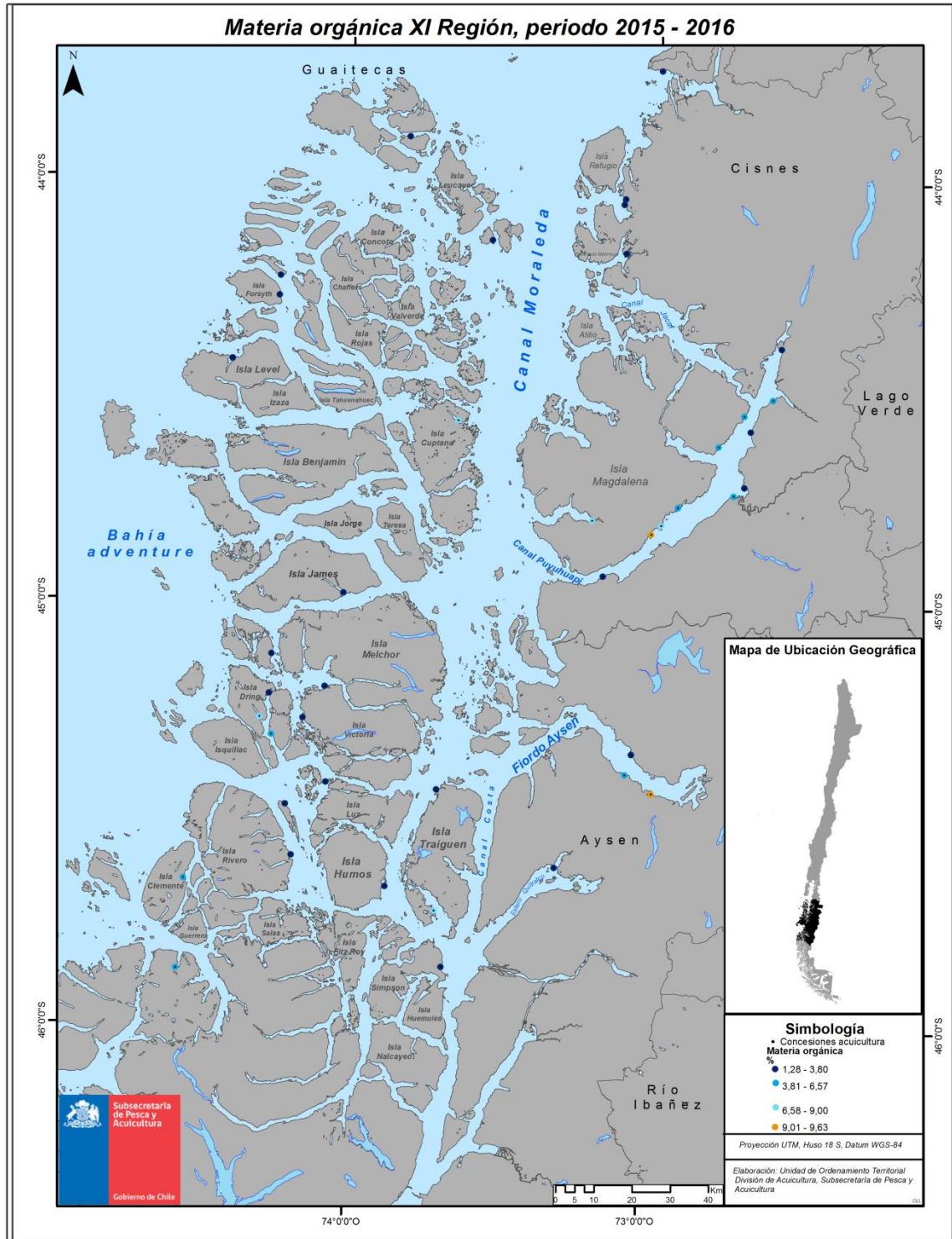
ANEXO III

Distribución de las Variables Ambientales por Región

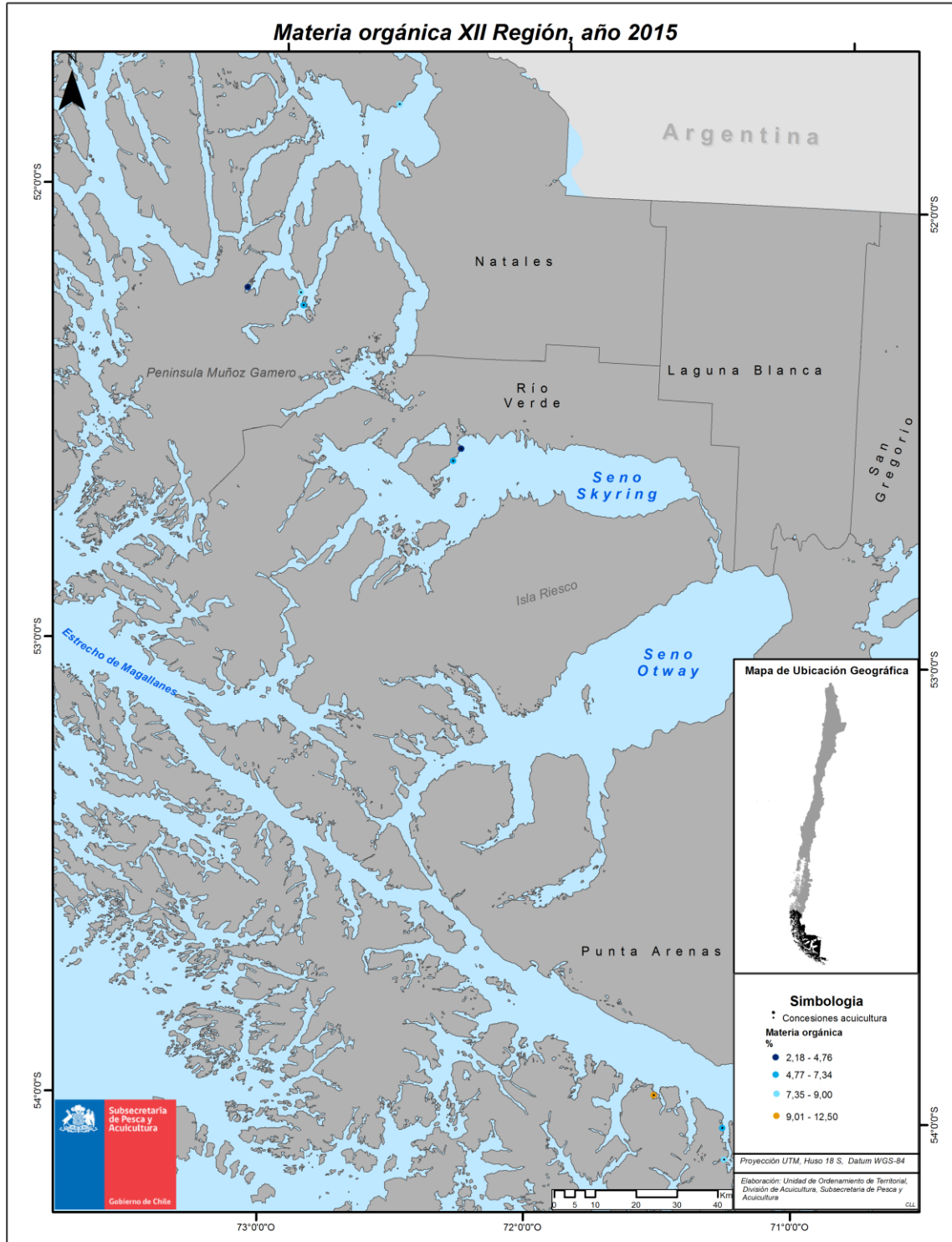
(X, XI, XII y XIV Región)



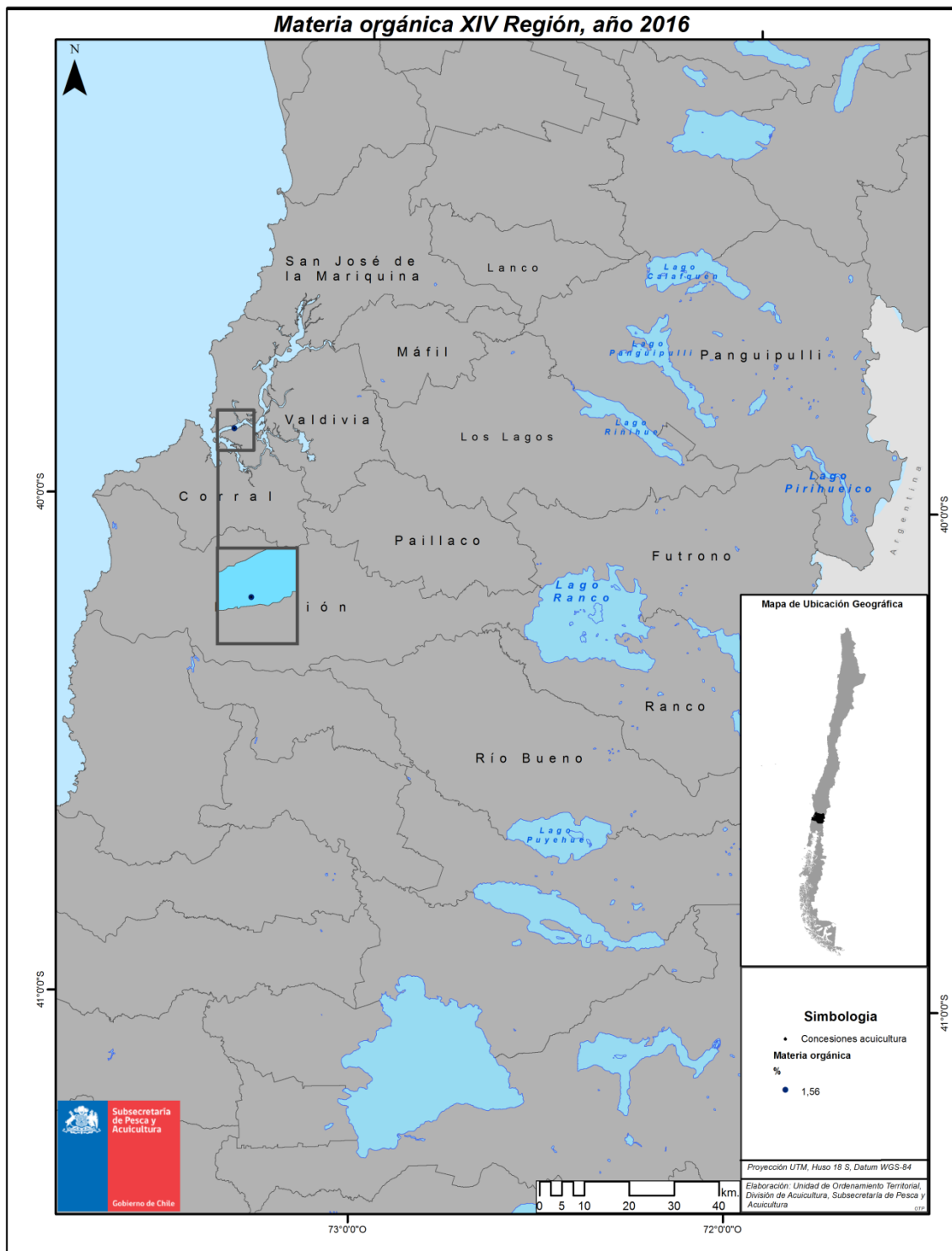
Mapa 32. Distribución y concentración de materia orgánica en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



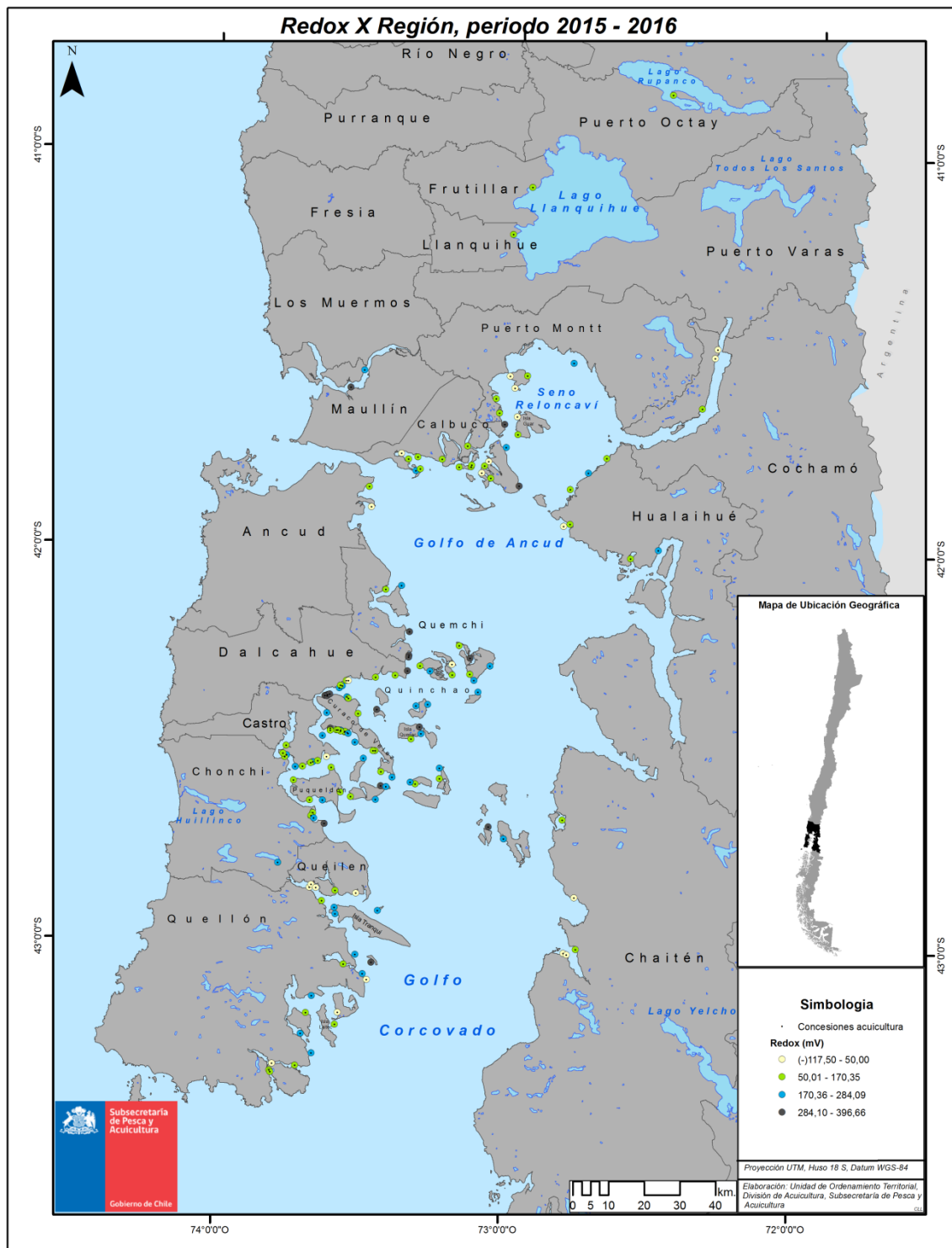
Mapa 33. Distribución y concentración de materia orgánica en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



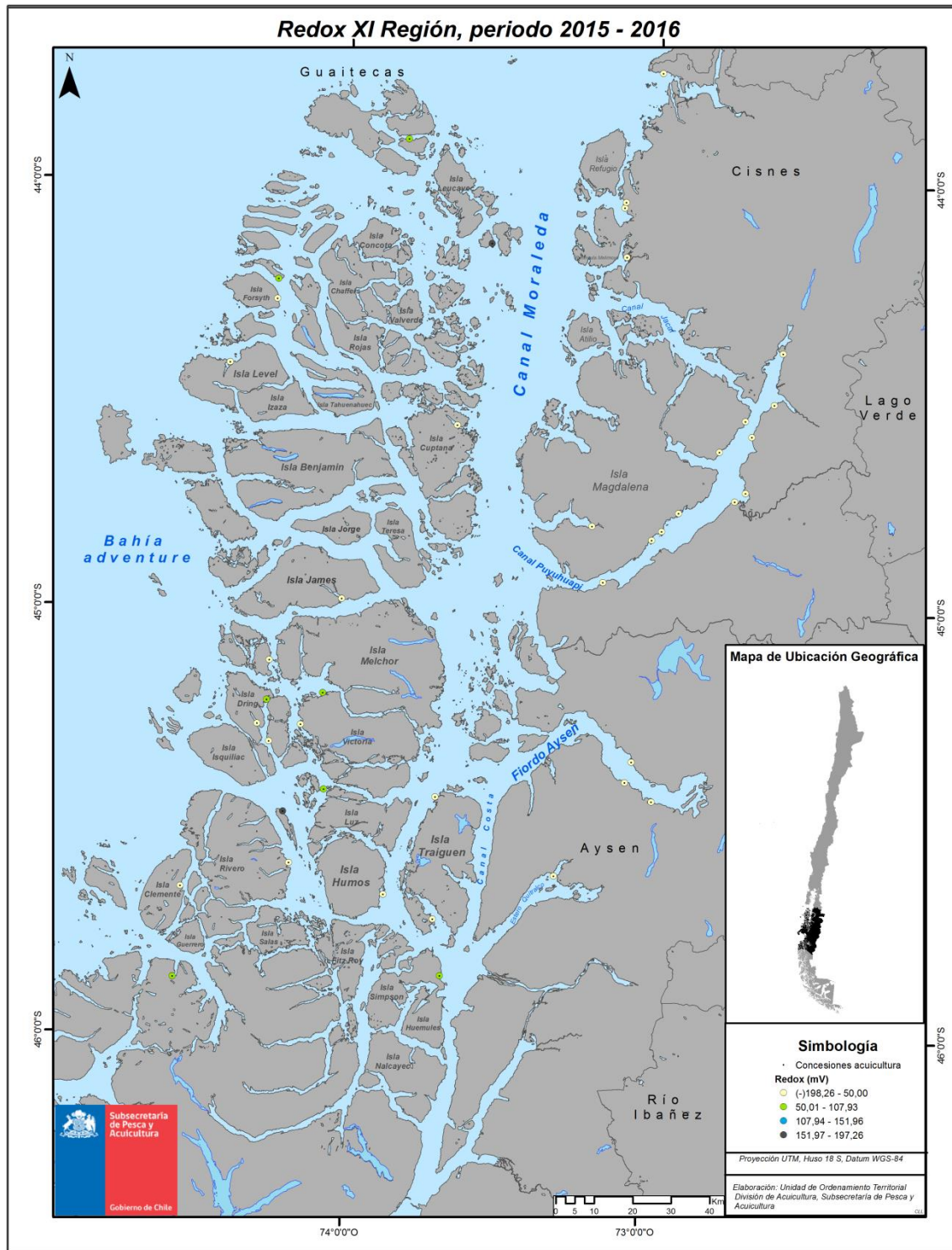
Mapa 34. Distribución y concentración de materia orgánica en la XII región, promedio anual del año 2015.



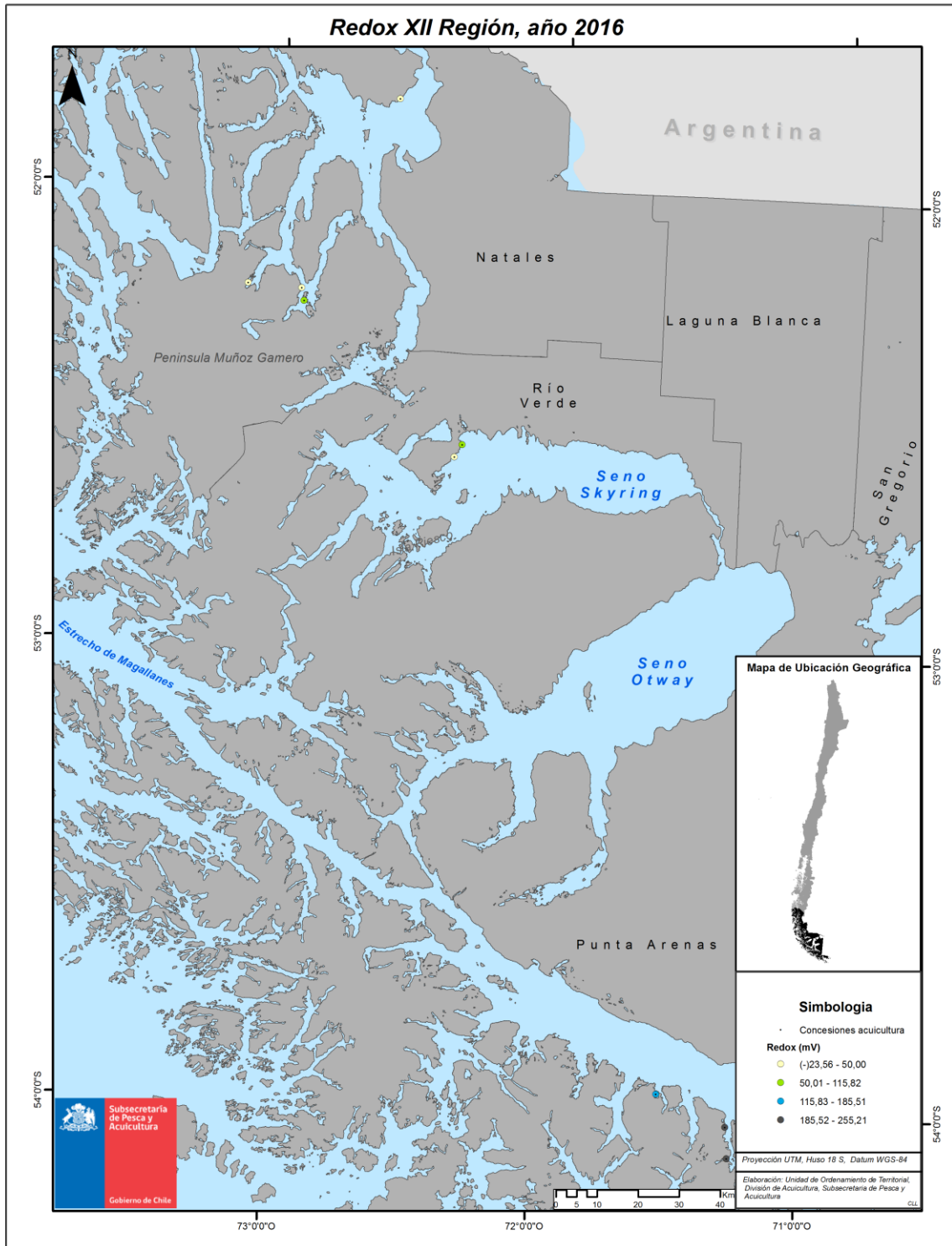
Mapa 35. Distribución y concentración de materia orgánica en la XIV región, promedio anual del año 2016.



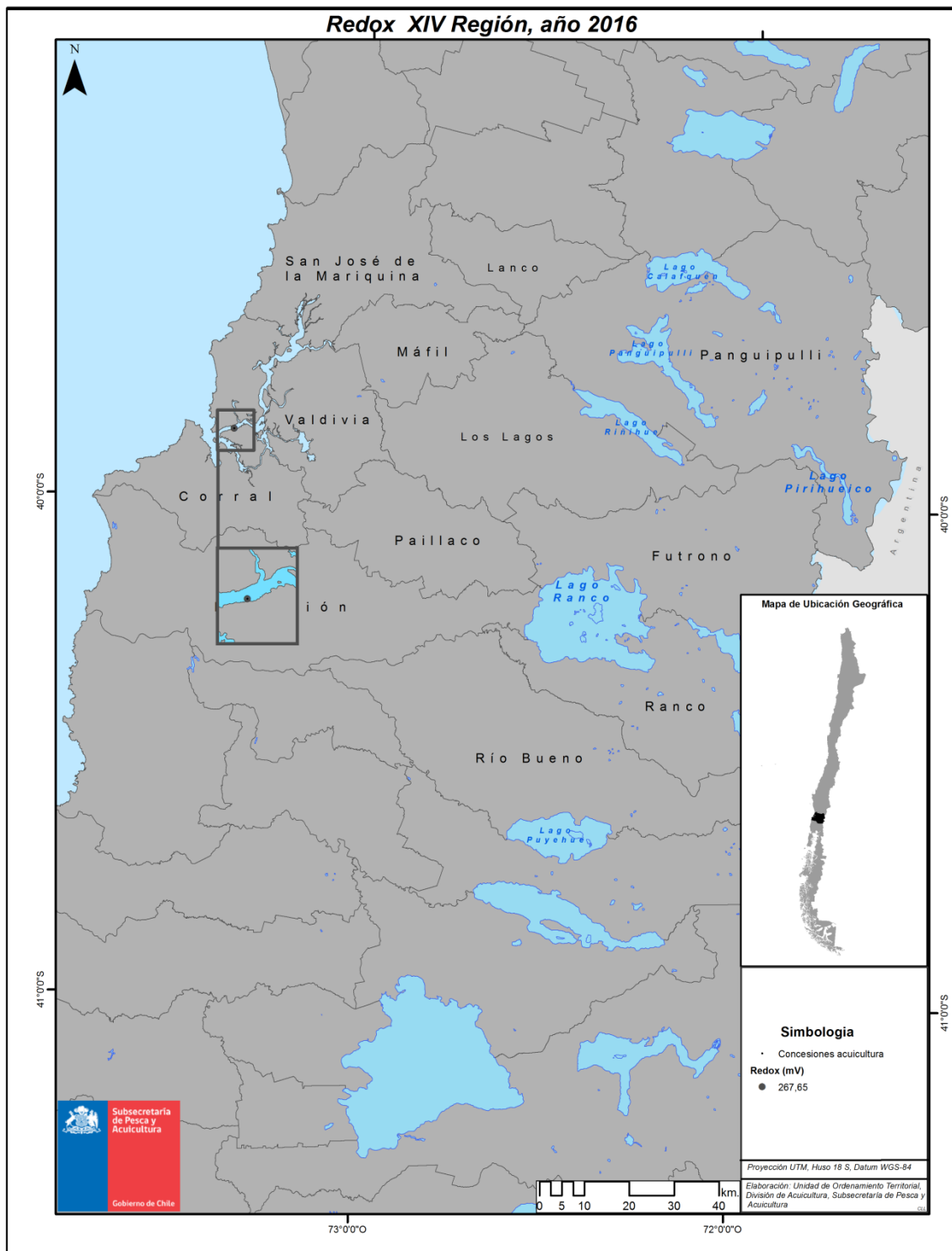
Mapa 36. Expresión del potencial de óxido reducción en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



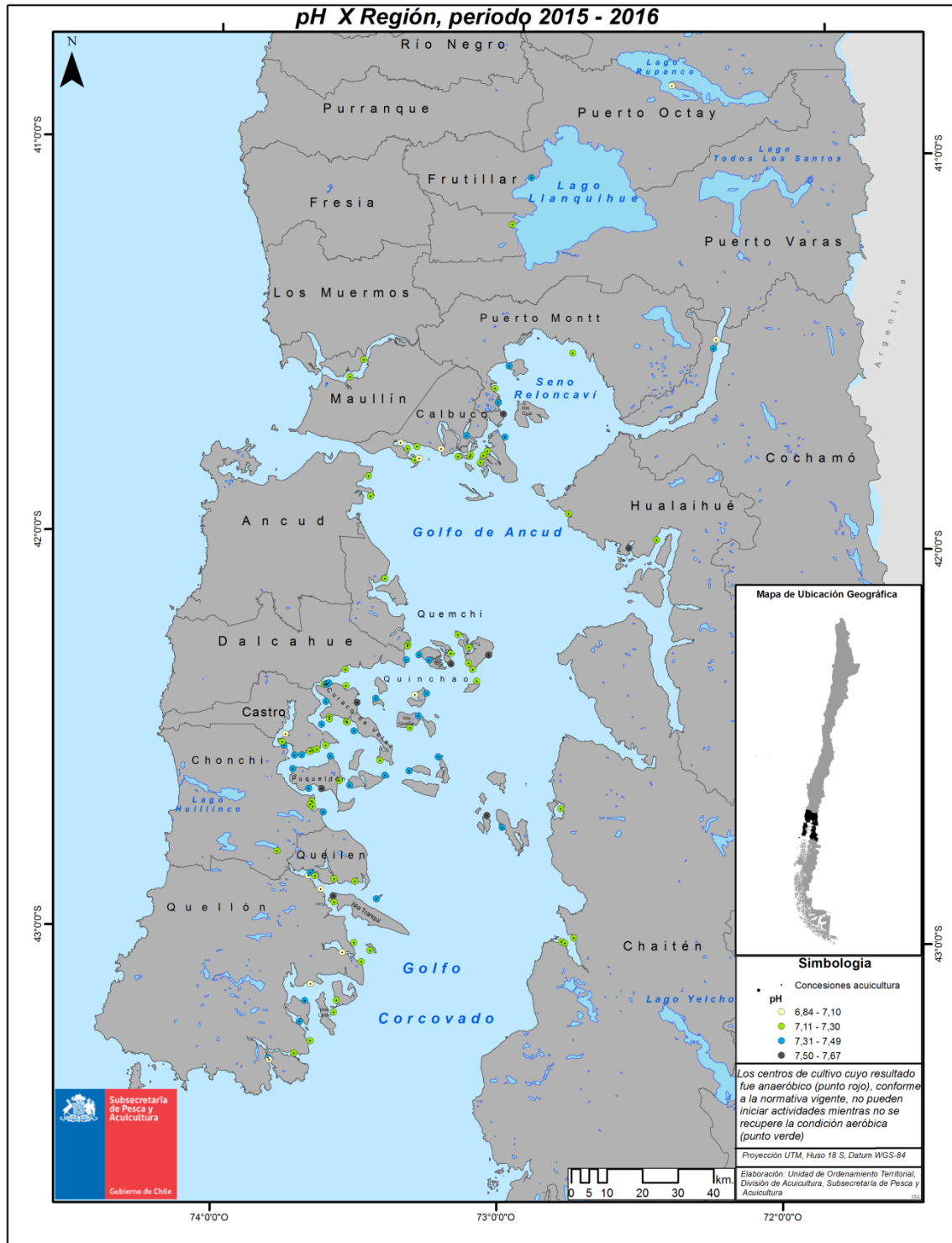
Mapa 37. Expresión del potencial de óxido reducción en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



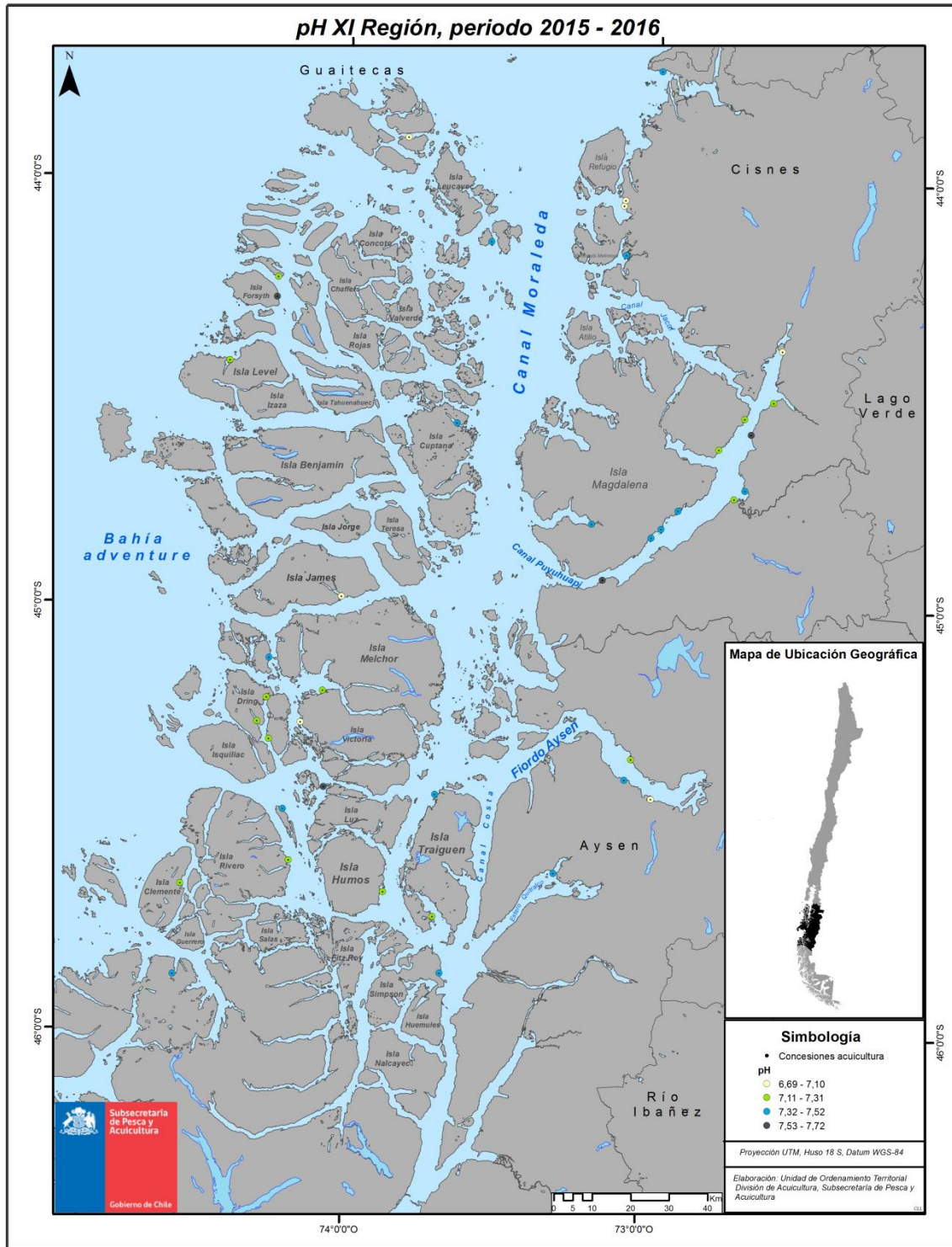
Mapa 38. Expresión del potencial de óxido reducción en la XII región, promedio anual del año 2015.



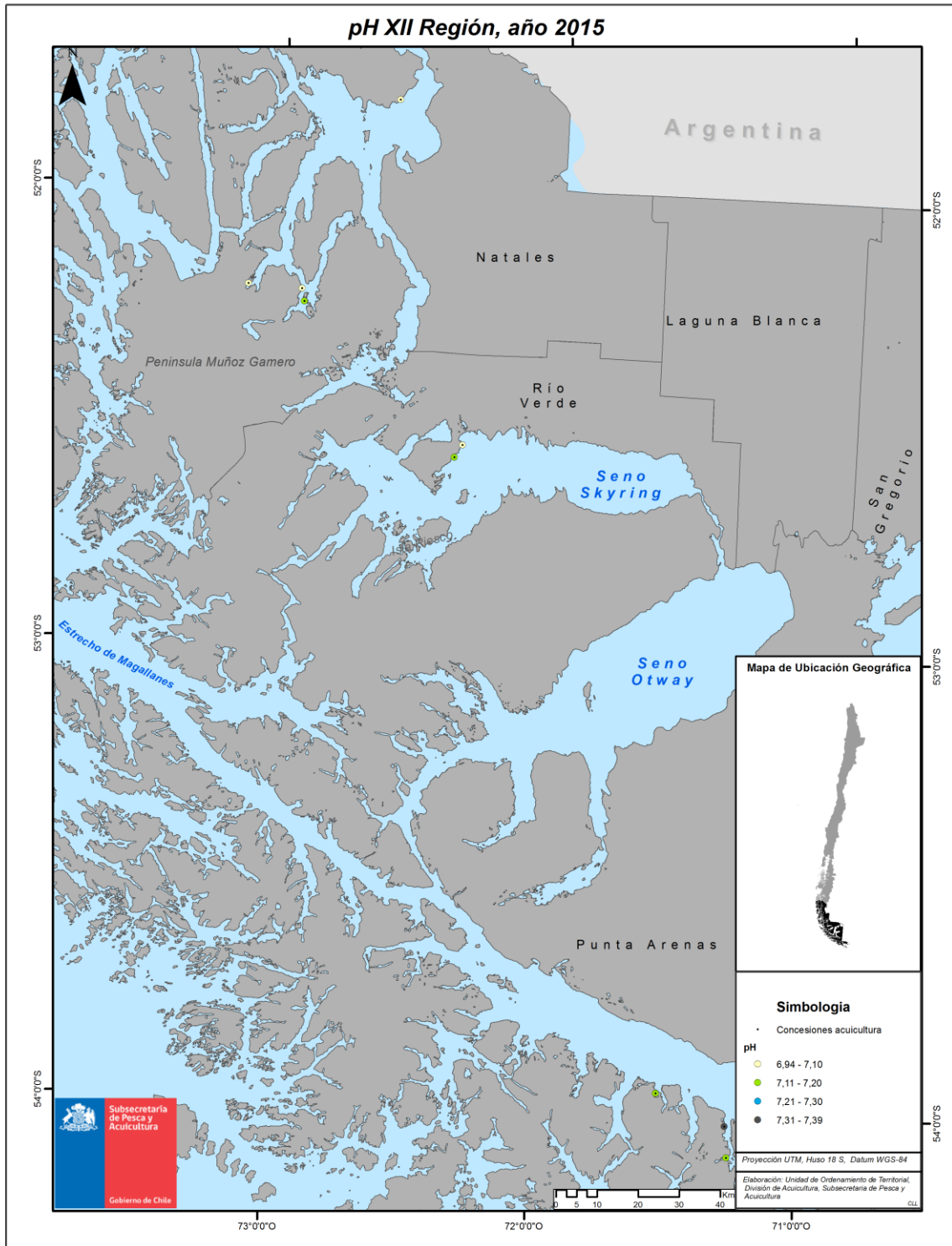
Mapa 39. Expresión del potencial de óxido reducción en la XIV región, promedio anual del año 2016.



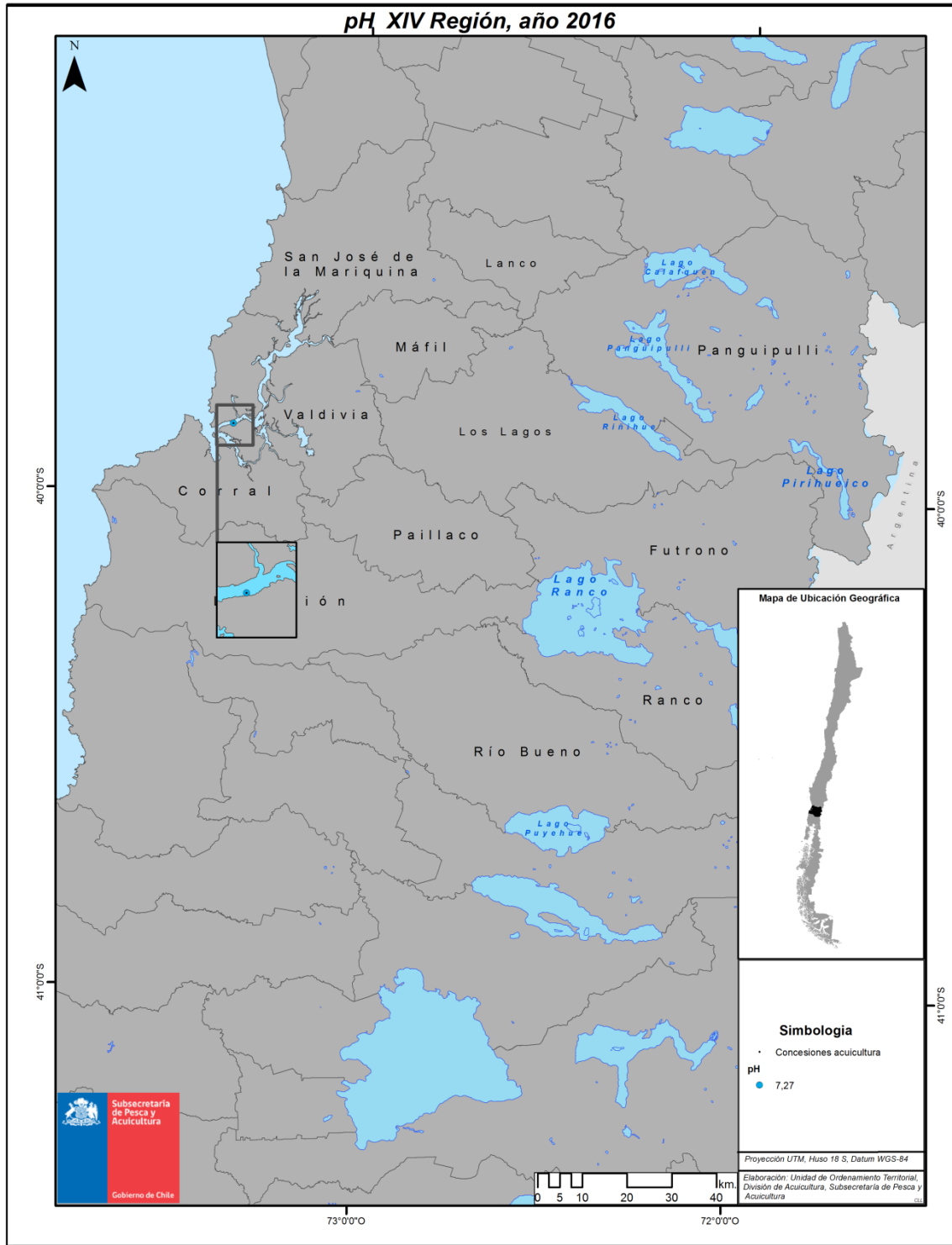
Mapa 40. Expresión del pH en centros de cultivo de X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



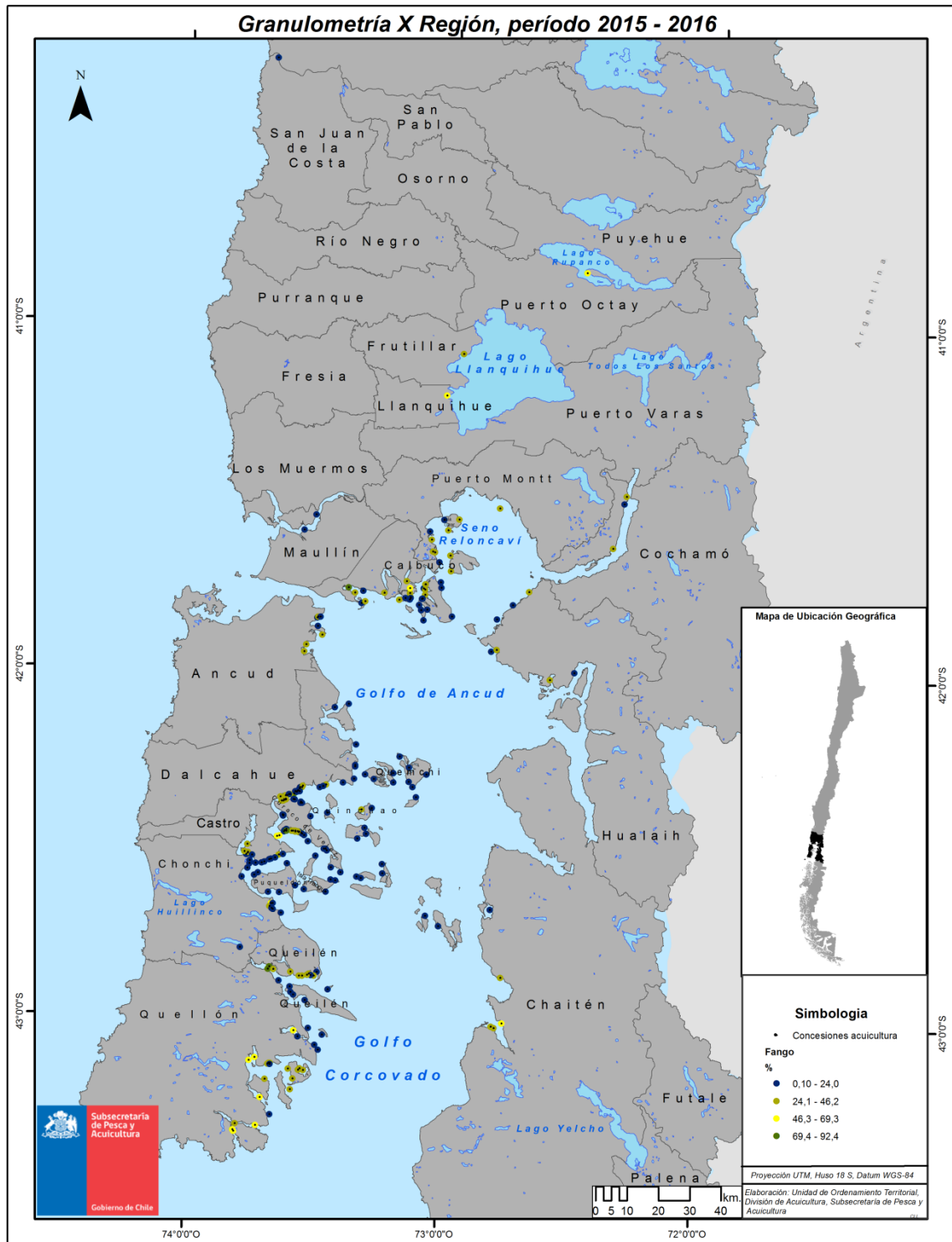
Mapa 41. Expresión del pH en centros de cultivo de XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



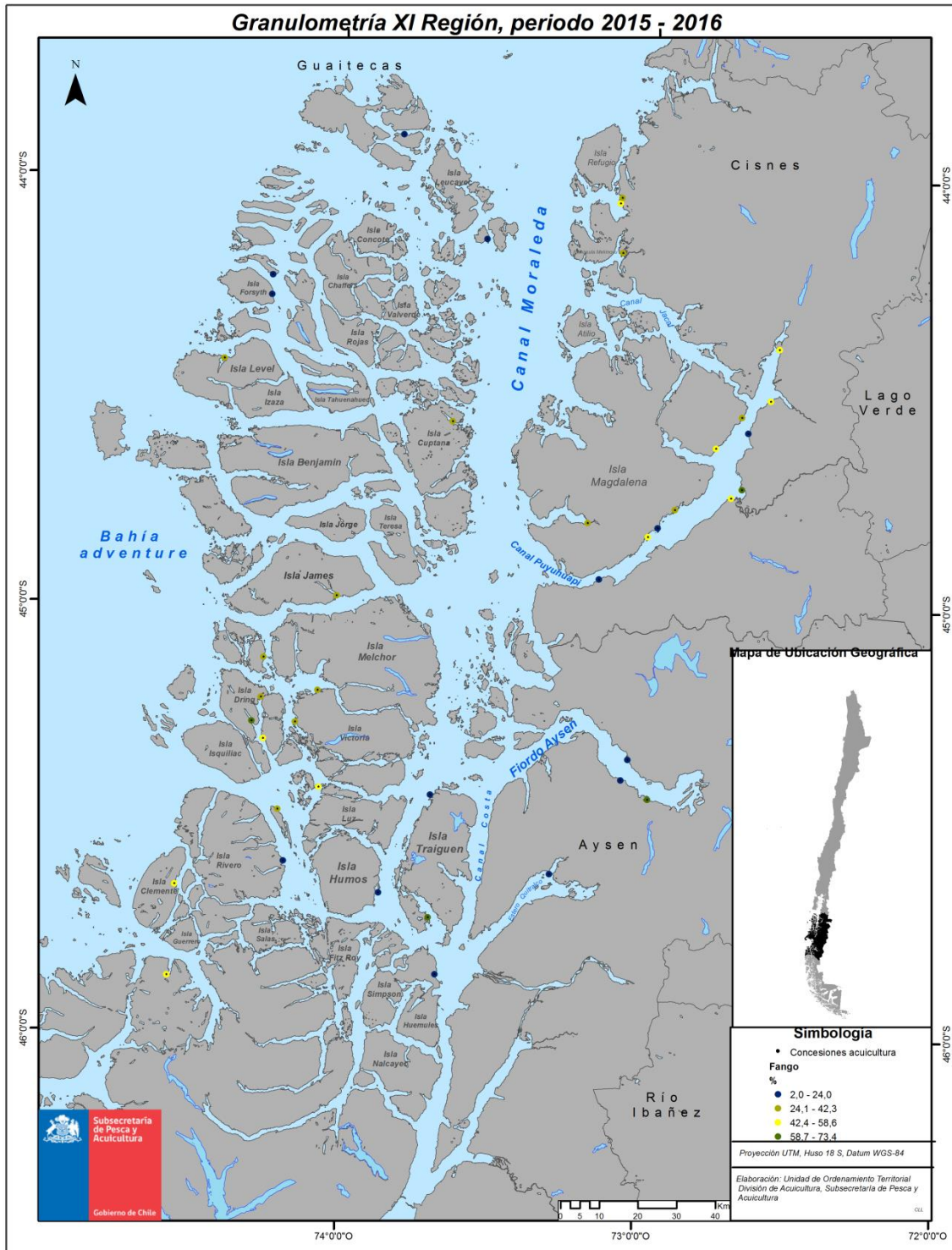
Mapa 42. Expresión del pH en centros de cultivo de XII Región, promedio anual del año 2015.



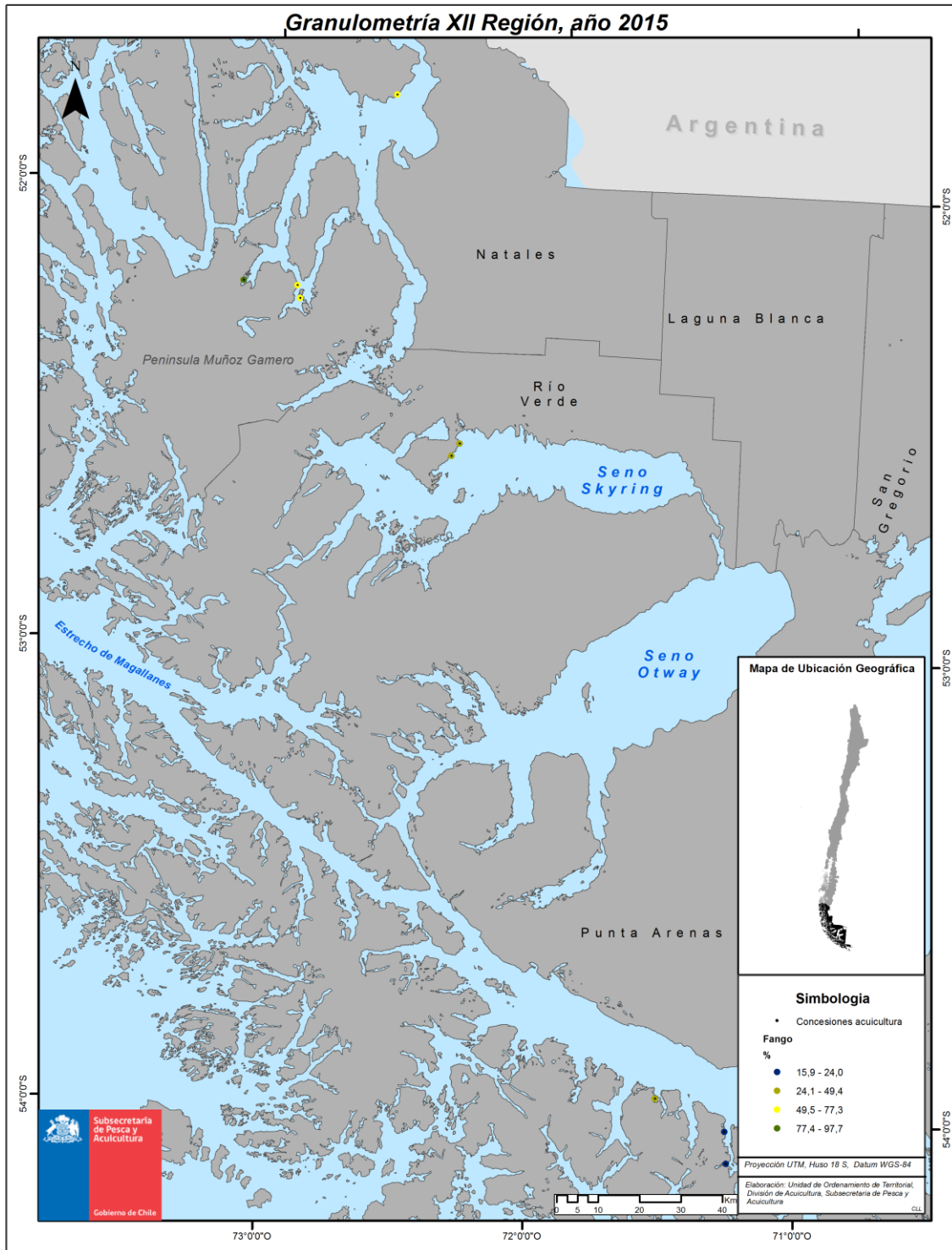
Mapa 43. Expresión del pH en centros de cultivo de XIV Región, promedio anual de los años 2016.



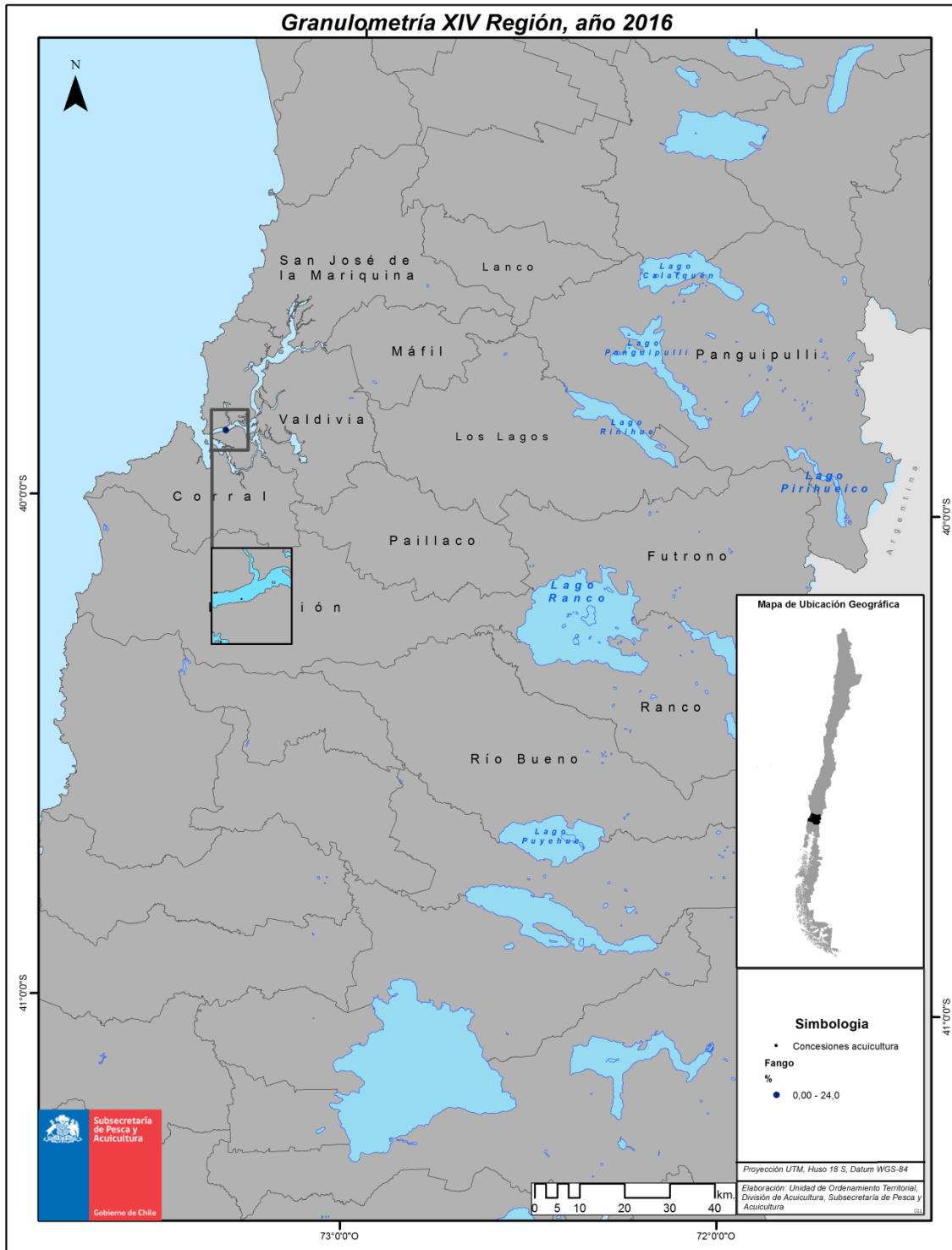
Mapa 44. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la X Región, promedio de los años 2015 a 2016.



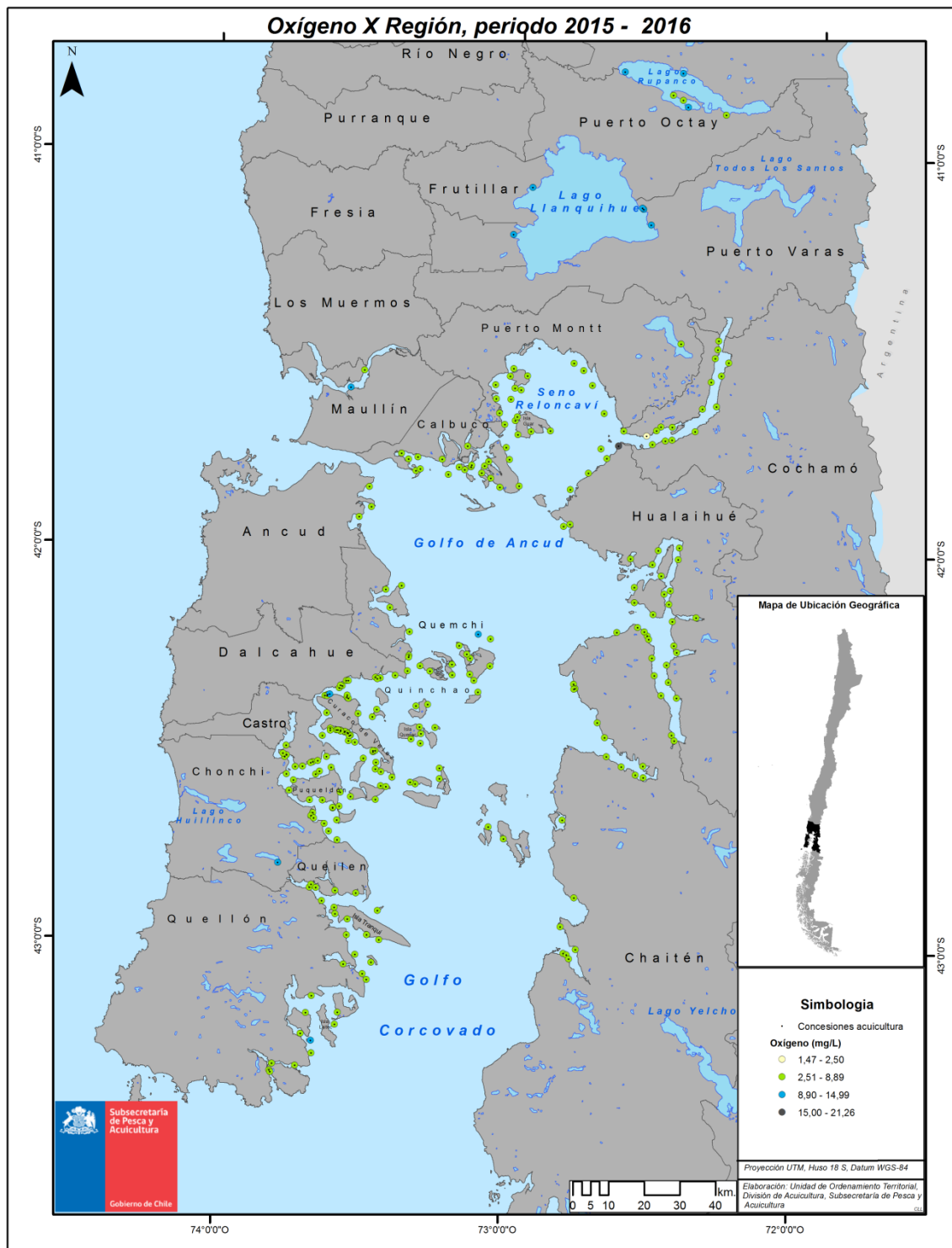
Mapa 45. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la XI región, promedio de los años 2015 a 2016.



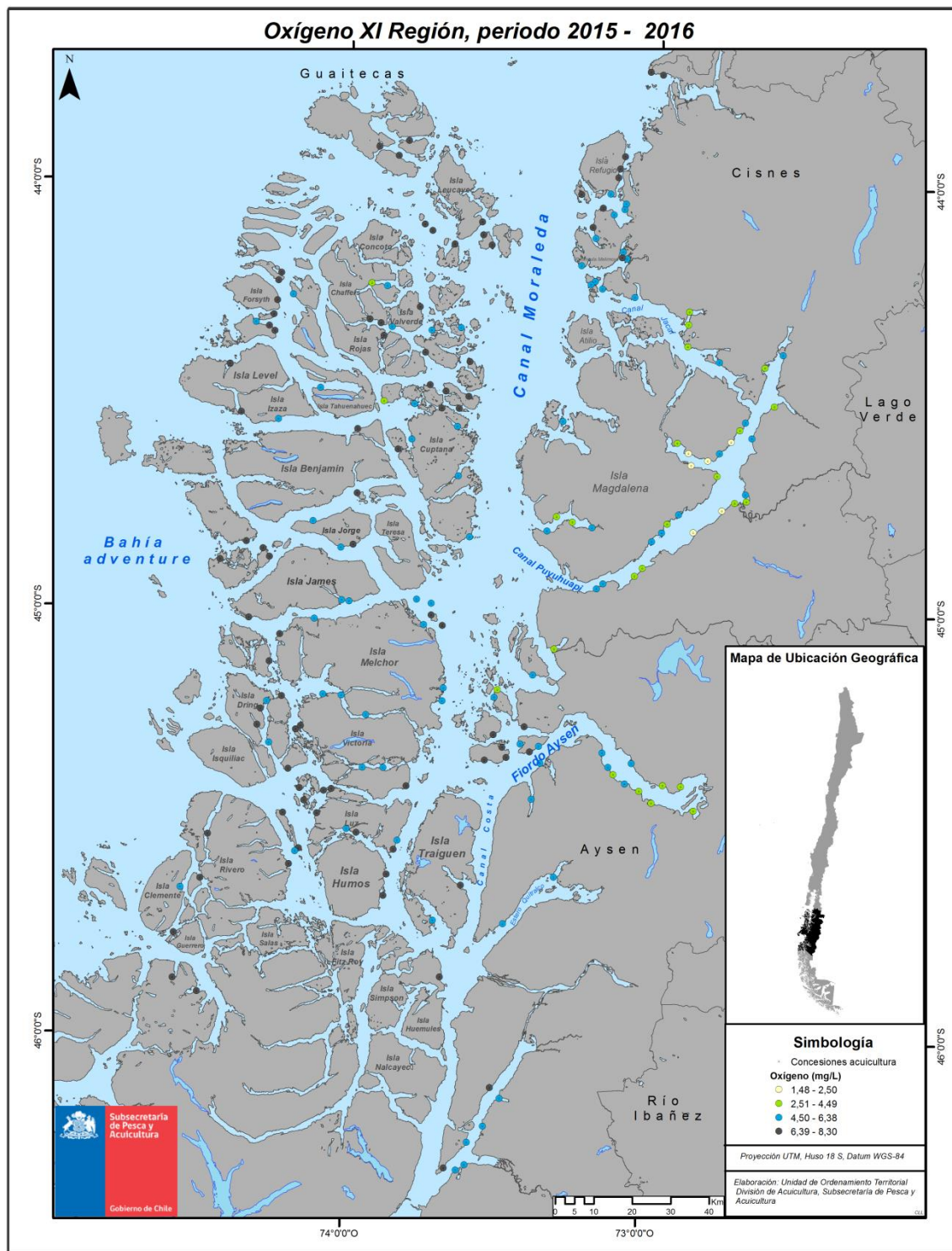
Mapa 46. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la XII Región, promedio del año 2015.



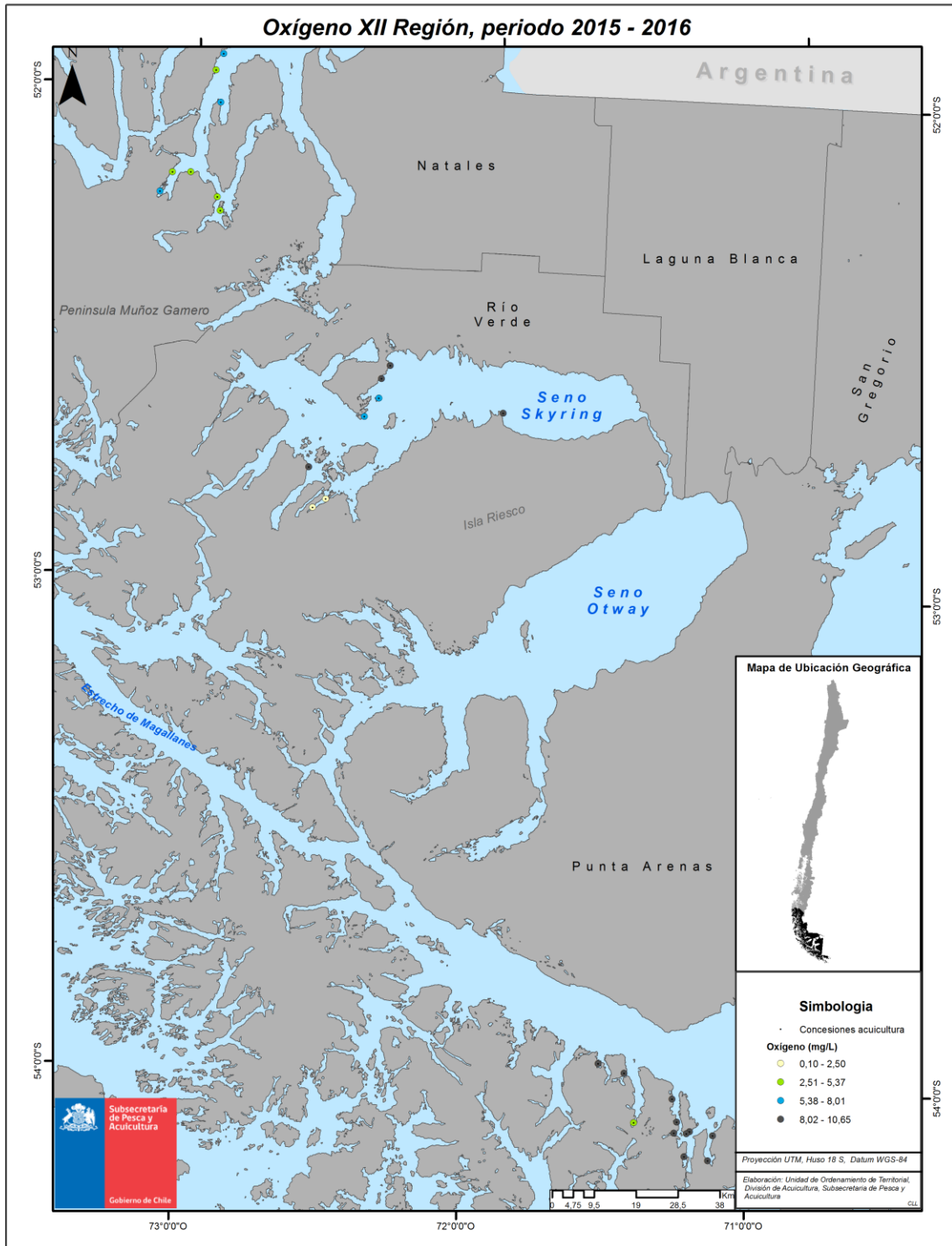
Mapa 47. Porcentaje de fango en centros de cultivo de la XIV Región, promedio del año 2016.



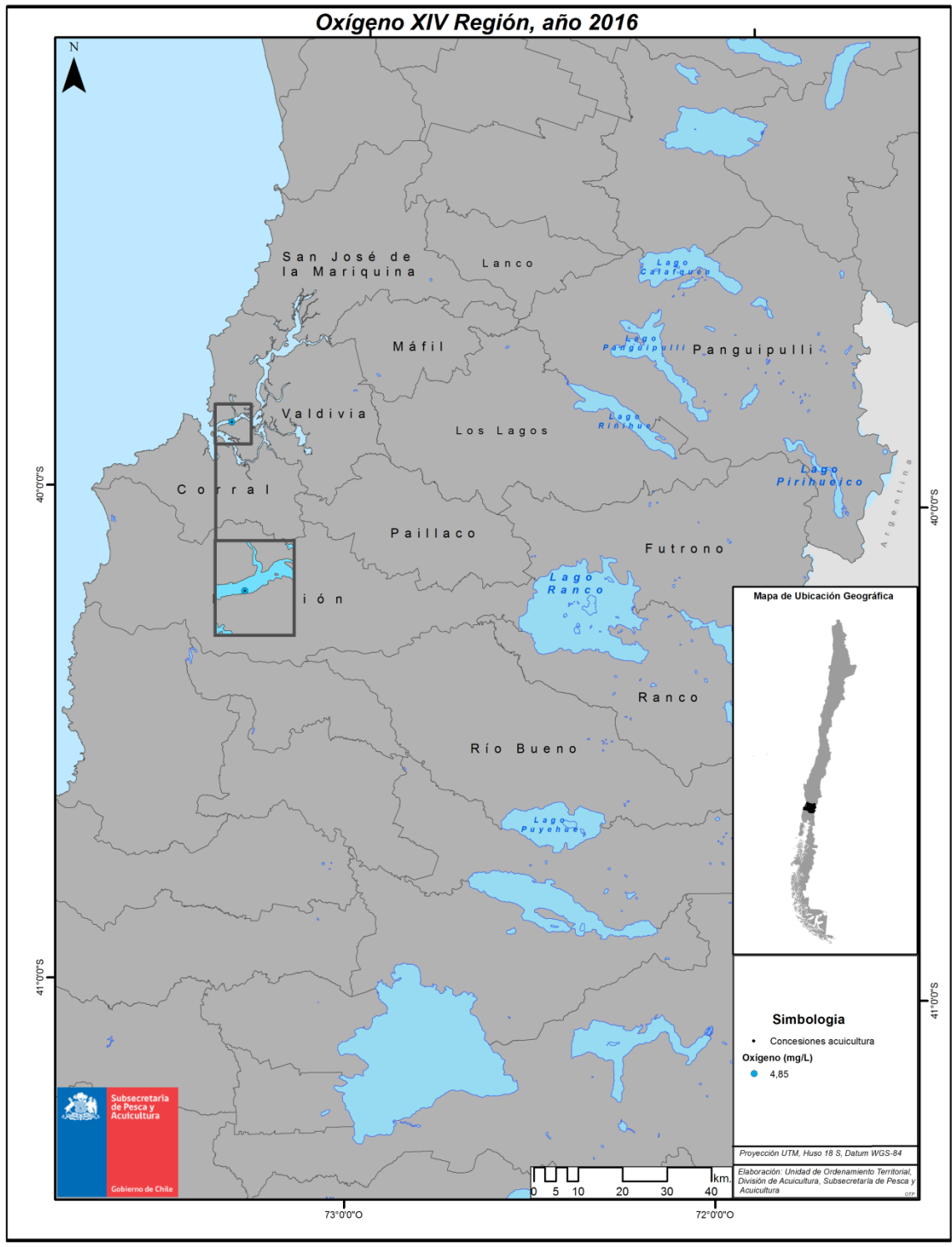
Mapa 48. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la X Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



Mapa 49. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la XI Región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



Mapa 50. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la XII región, promedio anual de los años 2015 a 2016.



Mapa 51. Concentración de oxígeno a un metro del fondo en la XIV Región, promedio anual del año 2016.