

“BAHÍAS EN CHILE: NUEVOS DESAFÍOS  
PARA SU GESTIÓN”

Orientado a profesionales del sector público y privado  
y estudiantes de post grado.

24-25  
JULIO  
2023

# Programa de Monitoreo Bahía Mejillones

Análisis y diagnóstico para una Norma Secundaria de  
Calidad Ambiental en Bahía Mejillones del Sur

Ph.D (c) Franko Arenas Díaz  
25/07/2023

# SURGENCIA COSTERA

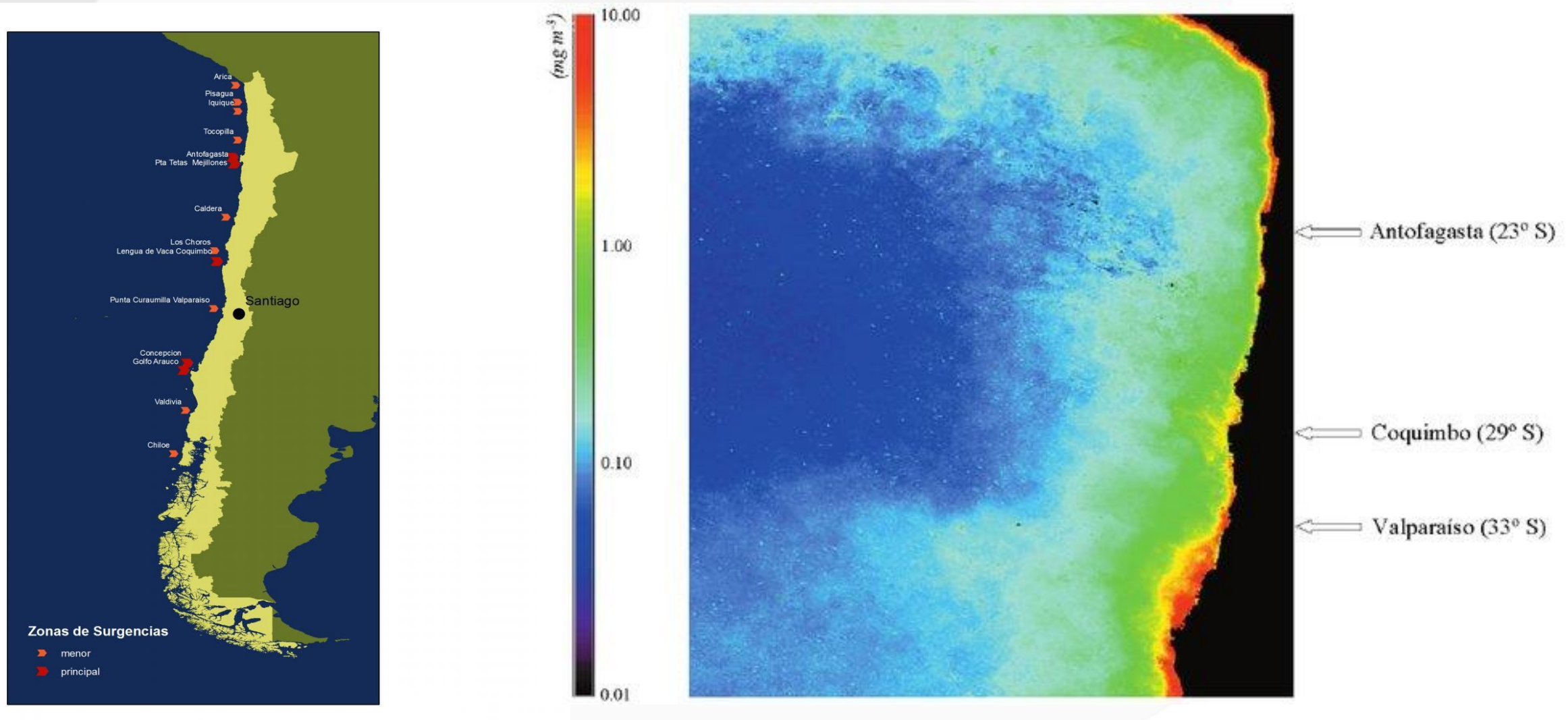


Figura 1. Zonas de surgencia en Chile (izquierda) (ONG Oceana (2020) a partir de Thiel et al. (2007) y Barahona & Gallegos (2000) y biomasa de fitoplancton (clorofila-a) en la costa norte de Chile (Montecino et al., 2006)

# ZMO

- En condiciones estándar la Zona Mínima de Oxígeno (ZMO)
  - Se define a profundidades > 100 m
  - Procesos biogeoquímicos y microbiológicos activan el océano oxigenado y la zona mínima de oxígeno
- Profundidad de la zona eufótica (amarilla)
- Profundidad de la zona limitada de oxígeno (OLZ, gris claro) y
- Profundidad de la ZMO (gris oscuro)

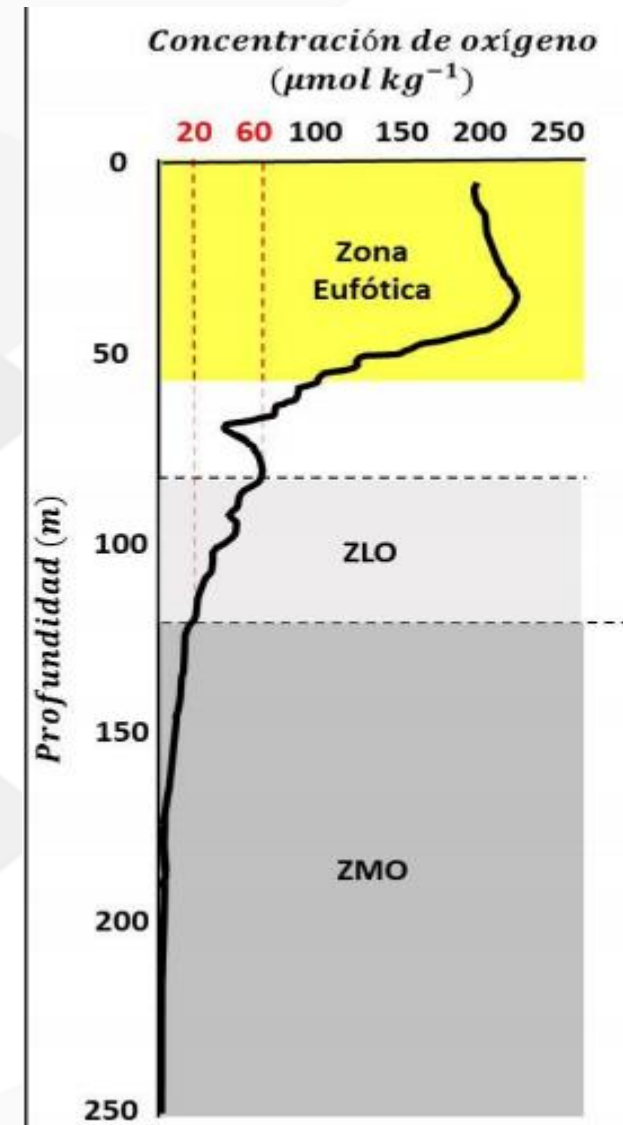


Figura 3. Perfil característico de profundidad para el oxígeno disuelto en el Pacífico Norte Oriental (CEA, 2019)

# PENÍNSULA DE MEJILLONES

- Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad (CONAMA, 2003)
    - Estrategia Regional de Biodiversidad (2002), reconoció tres ecosistemas regionales de alta importancia: la cuenca del río Loa, la red de lagunas y salares altoandinos, y los sitios costeros de concentración de surgencias marinas
  - Bahía San Jorge al sur de la península
  - Bahía Mejillones del Sur (BMS) al norte de la península
  - Ecosistemas de surgencia más importantes del territorio
    - Alta concentración de nutrientes
    - Baja concentración de oxígeno en la columna de agua
- => Alta productividad primaria

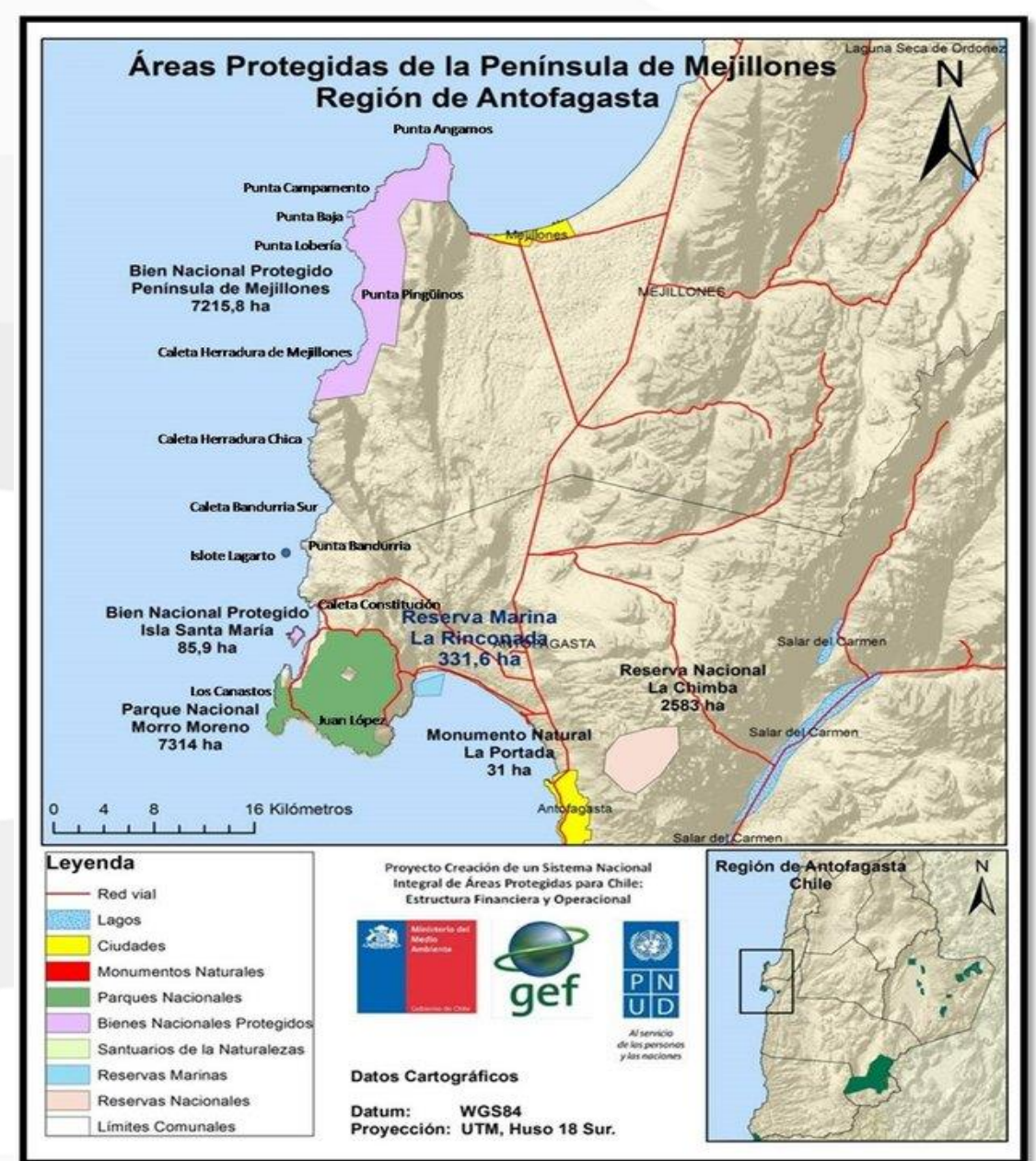


Figura 2. Contexto territorial y áreas protegidas de la Península de Mejillones (Ramírez & Villablanca, 2015)

# ÁREA DE ESTUDIO: BAHÍA MEJILLONES DEL SUR

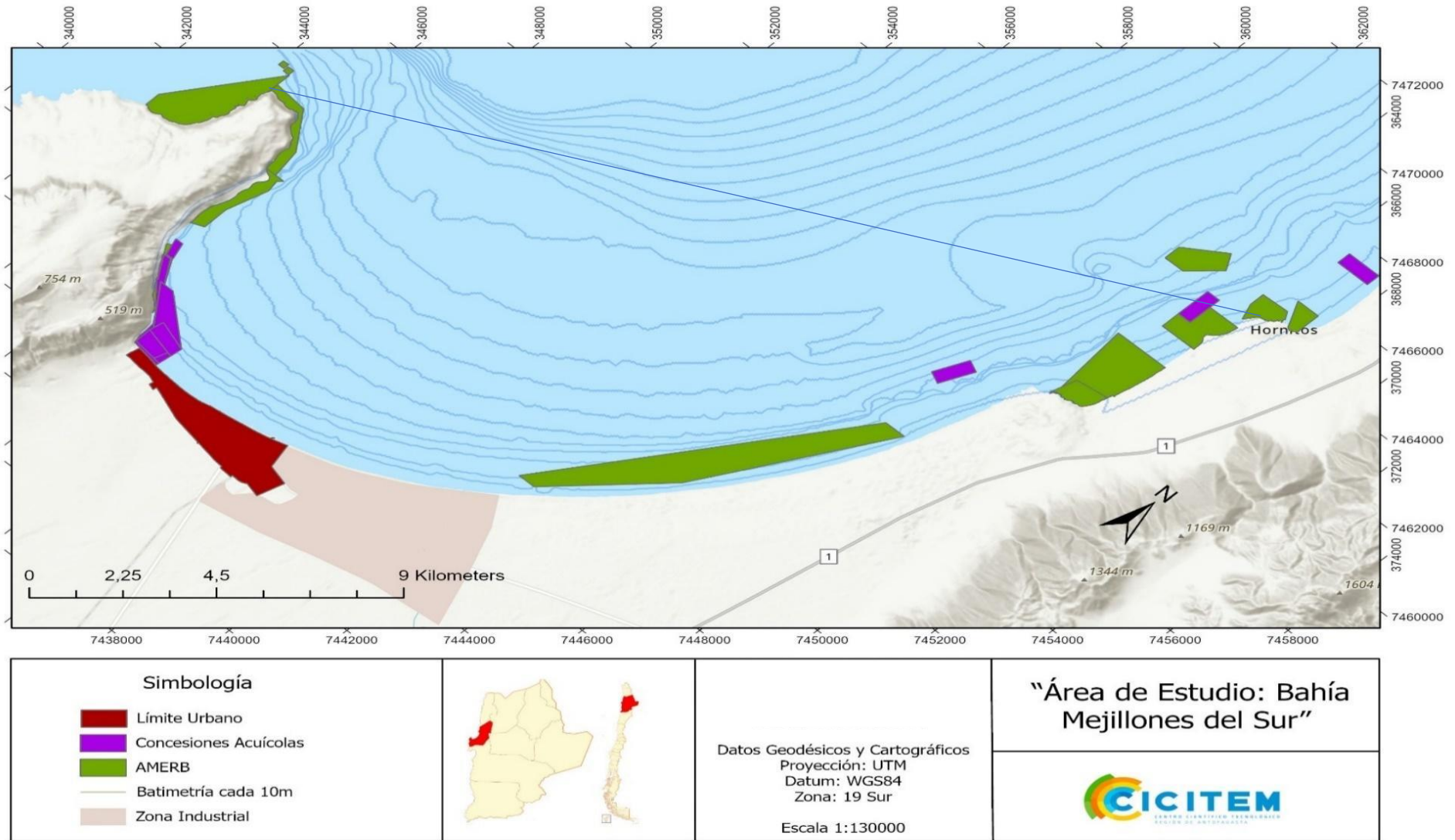


Figura 3. Cartografía del área de estudio: Bahía Mejillones del Sur y sus usos (CICITEM, 2023)

# BAHÍA MEJILLONES DEL SUR

- Se caracteriza por tener forma de herradura abierta en el norte. Con una batimetría somera, tiene una profundidad media de 85 m, y una profundidad máxima de 150 m
- Existe una zona de surgencia cercana a la costa, localizada cerca de Punta Angamos
- Es una de las zonas más productivas de la costa norte de Chile.
- La alta producción primaria se expresa en una pronunciada producción secundaria bentónica
  - Es 4,5 veces más alta en la franja costera (0-20 m de profundidad) comparada con una profundidad de 20-60 m
  - y 60 veces mayor en áreas entre 60 y 120 m

(Laudien et al. 2007)

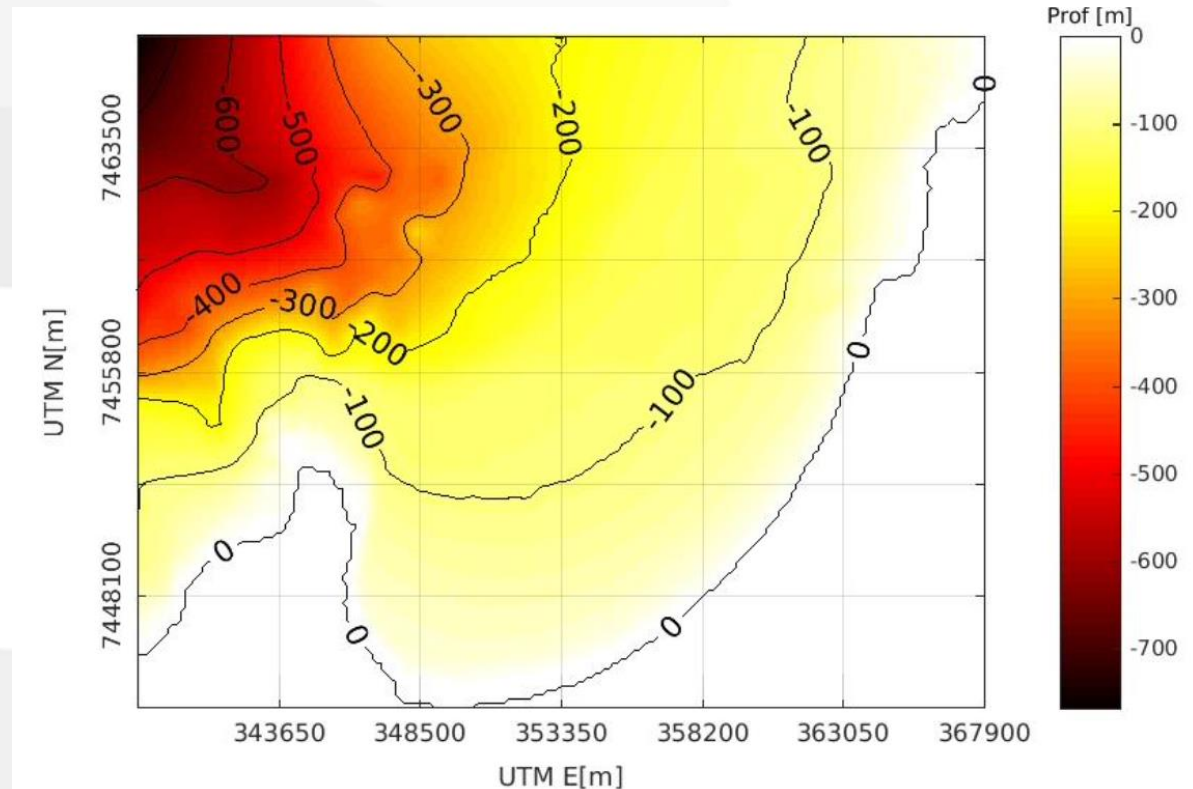


Figura 3. Batimetría de Bahía Mejillones del Sur (CEA, 2019)

# BAHÍA MEJILLONES DEL SUR

- La bahía Mejillones se encuentra protegida de la influencia directa de los vientos sur-suroeste por el sector de Punta Angamos
  - Constituye una cuenca somera de sedimentación marina
  - Altos niveles de productividad primaria induce altas tasas de acumulación de restos de materia orgánica, proveniente de las capas superficiales en el centro de la cuenca (Vargas et al., 2003).
  - La capacidad de degradación de la materia orgánica que se deposita sobre los sedimentos marinos y su potencial de conservación está influenciado principalmente por la profundidad y la concentración de oxígeno disuelto, tanto en la columna de agua como en la interfase con el fondo marino (Guiñez, 2015).
- La ZMO se extiende desde el sur de Perú hasta la zona central de Chile (38°S) ubicándose entre 50 y 300 m de profundidad frente a la costa de Mejillones (Thiel y otros, 2007).

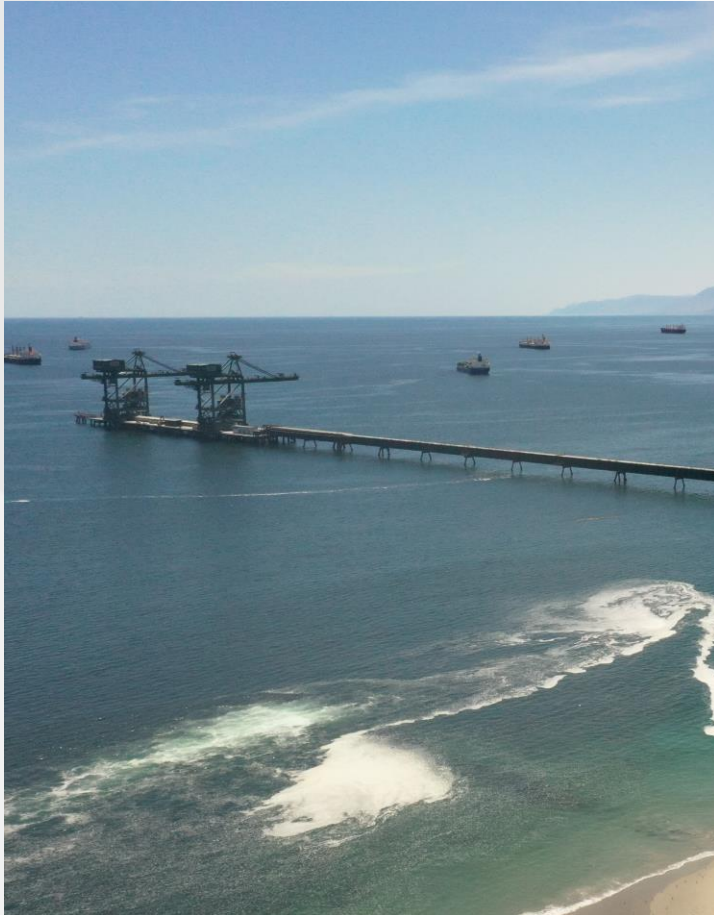


# DESARROLLO INDUSTRIAL

- Desde los 90' se observa un alza en la industrialización de la BMS haciendo uso de la zona costera en su operación
  - Instalaciones industriales como termoeléctricas y desalinizadoras, plantas de procesamiento de minerales, puertos, industria química, entre otras
- Contingencias ambientales de origen antrópico han sido informadas recurrentemente en los últimos años como:
  - Incendios industriales,
  - Derrames de hidrocarburos y
  - Derrames de sustancias orgánicas (ácidos)
- Descargas de RILes directas a la BMS:
  - Altas temperaturas
  - Hipersalinas
  - Alta carga orgánica
  - Removilización de metales desde los sedimentos



# ÁREA DE ESTUDIO: BAHÍA MEJILLONES DEL SUR



**BASE DE DATOS DE  
CALIDAD AMBIENTAL Y  
EMISIONES LÍQUIDAS A LA  
BAHÍA MEJILLONES DEL SUR**

# BASE DE DATOS ACTUALIZADA

POAL

SNIFA

"Catastro UF"

"Datos Abiertos"

Calidad ambiental (PVA/PSA/PASMAM)

Emisiones de RILes a BMS 2012-2016

Emisiones de RILes a BMS 2017-2022

Columna de agua

Sedimentos

Contenido de metales en tejido de biota

Columna de agua

Sedimentos

Contenido de metales en tejido de biota

Comunidades

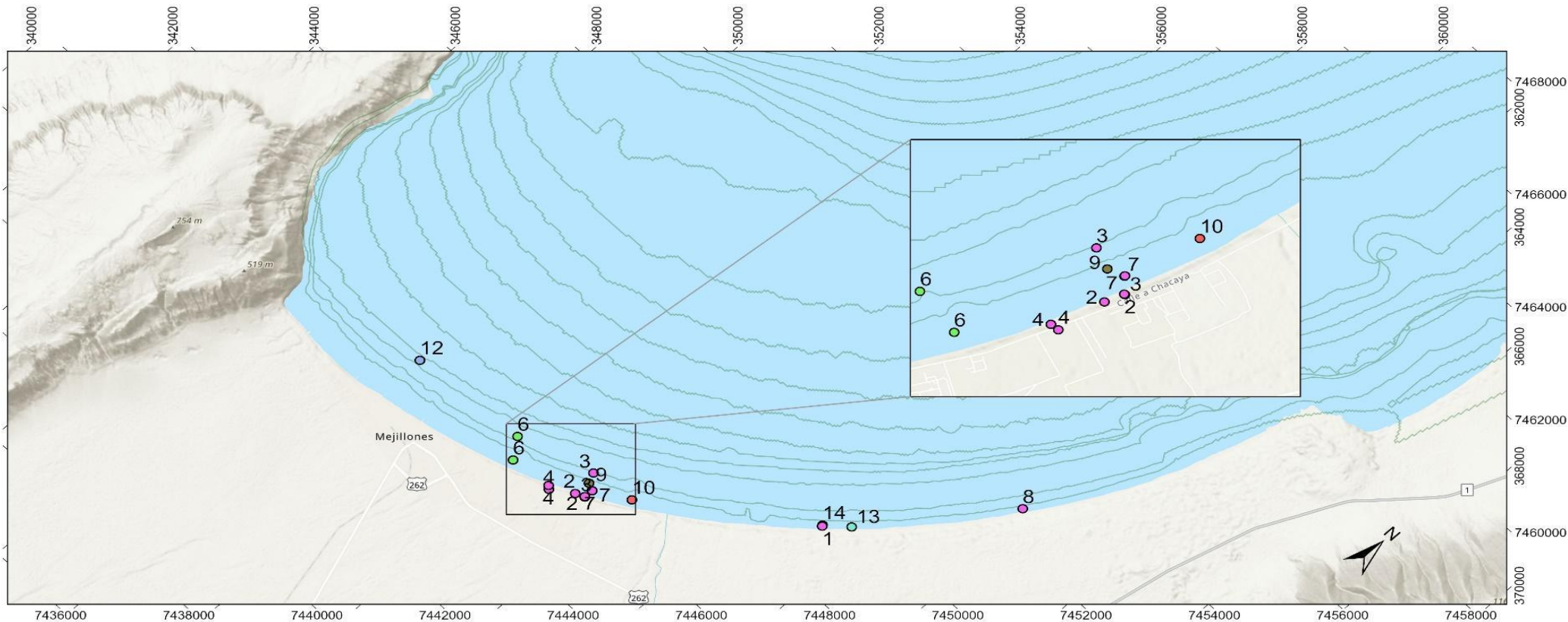
Fig. 1. Resumen esquemático de la composición de la base de datos actualizada de calidad ambiental y RILes



# **CATASTRO DE UNIDADES FISCALIZABLES Y RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR**

# CATASTRO DE UNIDADES FISCALIZABLES Y FUENTES DE EMISIÓN

ID	Unidad Fiscalizable	Razón Social	Ducto	Coordenadas Planta (UTM)		Coordenadas Descarga (UTM)		Número de Reporte	
				Norte	Este	Norte	Este	Calidad Ambiental	RLEs
1	Central Angamos	Empresa Eléctrica Angamos SPA. - Empresa Eléctrica Cochrane SPA.	T. Angamos	7453094	364734	7449357	359217	5574	3851
2	Central Mejillones	Engie Energía Chile	Unidad 7	7445943	355443	-	-	8785	8363
			Unidad 1			7446082	355175		
			Unidad 2 - Unidad 3			7446178	355365		
3	Central Térmica Andino	Central Térmica Andino S. A.	Andina	7446087	355781	7446730	355091	5135	21242
		Engie Energía Chile	Hornito			7446172	355371		
4	Central Térmica Atacama	Gasatagama Chile S. A. Enel Generación Chile	CC1 - CC2 - NORIAS	-	-	7445809	354667	3623	1453
5	Complejo Portuario Mejillones S. A.	Complejo Portuario Mejillones S. A.	Puerto Angamos	7446132	355136	-	-	15351	420
6	ENAEJ Mejillones	ENAEJ S.A.	PANNA.3	7445164	353227	7445705	353736	5003	3837
			PANNA.4			7446193	353405		
7	Infraestructura Energética Mejillones - Central Mejillones	Engie Energía Chile	Infraestructura Energética Mejillones - Central Mejillones	-	-	7446394	355365	6897	No reporta
						7446398	355369		
8	KELAR	Kelar S.A.	PUNTO 1 Emisario B. Mejillones	7449153	364208	7452791	361769	2292	4030
9	Planta de Ácido Sulfúrico Mejillones	NORACID S.A	PUNTO 1 Bahía Mejillones	-	-	7446480	355200	6310	5092
			PUNTO 1 Emisario B. Mejillones						
10	Planta Elaboradora de Bolas de Acero	Moly Cop Chile S. A.	MOLY COP	-	-	7446852	356083	3180	1380
11	Procesamiento Molibdeno Mejillones	Complejo Industrial MOLYNOR S.A.	MOLYNOR C. Mejillones	7447102	358488	7449183	358906	3078	3311
12	Construcción Prolongación Emisario Submarino de Mejillones	Aguas de Antofagasta S. A.	Construcción Prolongación Emisario Submarino de Mejillones	-	-	7446019	350747	612	224
13	Terminal GNL - Mejillones	Sociedad GNL Mejillones S.A.	Terminal GNL - Mejillones	-	-	7449800	359650	4539	220
14	Termoeléctrica Cochrane	Empresa Eléctrica Cochrane SPA.	PUNTO 1 Bahía Mejillones	7448737	359626	7449378	359205	8214	16022
15	Terminal de Graneles Líquidos Mejillones	Terquim S.A.	Terquim	-	-	7447264	356769	3102	No reporta
16	Michilla	Michilla Costa SPA	MICHILLA	7380555	377828	7486960	367366	1143	1116
		Minera Michilla SPA							
17	Puerto de Mejillones	Puerto de Mejillones S.A.	Puerto de Mejillones	-	-	-	-	6599	No reporta
18	Terminal Marítimo OXIQUM S. A. Mejillones	OXIQUM S.A	Oxiquim	-	-	-	-	4005	No reporta
19	Caitán	Minera Spencer S. A.	CAITAN	-	-	7452423	361229	1728	3907
20	Terminal Marítimo de INTERACID	Interacid Trading (Chile) S. A.	INTER.MEJILLONES	7447302	357307	7447466	357178	2369	365
21	POAL	-	-	-	-	-	-	11344	-
24	CORPESCA	CORPESCA S. A.	C.MEJILLONES	7445836	354955	7446330	354012	No reporta	292

Elaboración propia



Simbología	Unidad Fiscalizable		<p><b>"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"</b></p> <p>Datos Geodésicos y Cartográficos            Proyección: UTM            Datum: WGS84            Zona: 19 Sur</p> <p>Escala 1:130000</p>	<p>Fuentes Fijas Emisoras (Unidades Fiscalizables)</p> 
<p><b>Clasificación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Captación, depuración y distribución de agua</li> <li><span style="color: green;">●</span> Fabricación de explosivos y productos de pirotecnia</li> <li><span style="color: red;">●</span> Fabricación de productos primarios de metales preciosos y de otros metales no ferrosos n.c.p.</li> <li><span style="color: brown;">●</span> Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos de nitrógeno; excepto carbón vegetal</li> <li><span style="color: purple;">●</span> Generación Centrales Termoeléctricas</li> <li><span style="color: cyan;">●</span> Venta al por mayor de combustibles gaseosos</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Central Angamos</li> <li>2. Central Mejillones</li> <li>3. Central Térmica Andino</li> <li>4. Central Térmica Atacama</li> <li>6. ENAEX Mejillones</li> <li>7. Infraestructura Energética Mejillones - Central Mejillones</li> <li>8. Kelar</li> <li>9. Planta de Ácido Sulfúrico Mejillones</li> <li>10. Planta Elaboradora de Bolas de Acero</li> <li>12. Construcción Prolongación Emisario Submarino de Mejillones</li> <li>13. Terminal GNL - Mejillones</li> <li>14. Termoeléctrica Cochrane</li> </ol>			

# CANTIDAD DE INFORMES DE MONITOREO DE RILES EN BMS

ID	UF	Fuente de Información (SNIFA)		
		Catastro UF (2012-2016)	Datos Abiertos (2017-2022)	Total
1	Central Angamos	306	3545	3851
2	Central Mejillones	182	8181	8363
3	Central Térmica Andino	5394	15848	21242
4	Central Termoeléctrica Atacama		1453	1453
5	Completo Portuario Mejillones	108	312	420
6	ENAEX Mejillones	675	3162	3837
7	Infraestructura Energética Mejillones			
8	KELAR	40	3990	4030
9	Planta de Ácido Sulfúrico Mejillones	73	5019	5092
10	Planta Elaboladora de Bolas de Acero		1380	1380
11	Procesamiento Molibdeno Mejillones	735	2576	3311
12	Construcción Prolongación Emisario Submarino de Mejillones	224		224
13	Terminal GNL - Mejillones	220		220
14	Termoeléctrica Cochrane	11	16011	16022
15	Terminal de Graneles Líquidos Mejillones			
16	Michilla		1116	1116
17	Puerto de Mejillones			
18	Terminal Marítimo OXIQUM S. A. Mejillones			
19	Caitán		3907	3907
20	Terminal Marítimo de INTERACID		365	365
24	CORPESCA		292	292
Total		7968	67157	75125

Sus descargas se ubican fuera del área de estudio

A pesar de que no es una UF, sí es una Fuente Fija de Emisión

## Cantidad de datos por parámetro (RILes) reportados desde 2012-2022

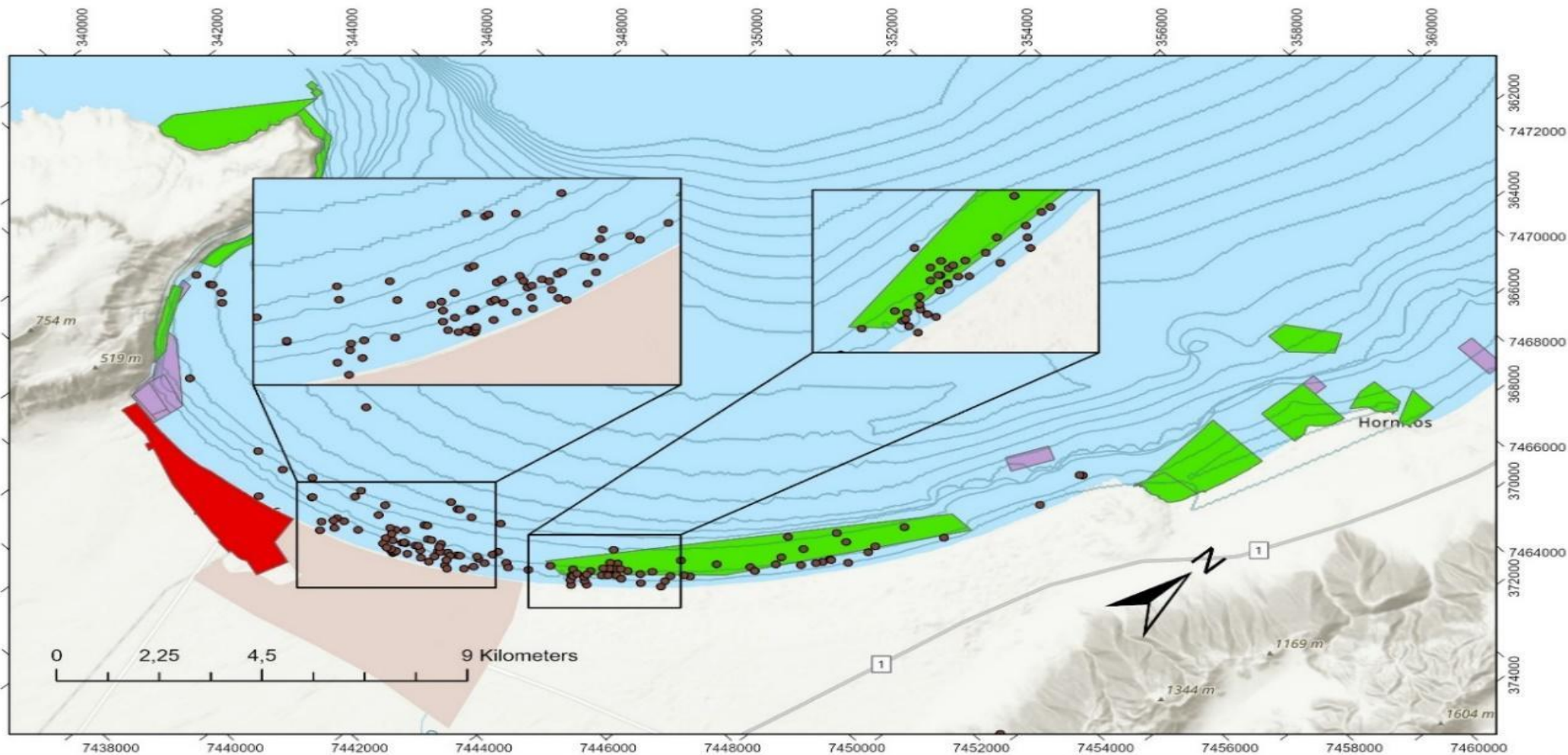
Parámetro	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Aluminio	Al											1326
Arsénico Disuelto	As <sub>D</sub>											1
Arsénico Total	As <sub>T</sub>											1563
Aceites y Grasas	AyG											789
Boro Total	B <sub>T</sub>											124
Caudal	Cau											4125
Cadmio Total	Cd <sub>T</sub>											613
Cloruro	Cl											124
Cloro Libre Residual	CLR											3276
Cianuro Total	CN <sub>T</sub>											37
Coliformes Fecales	Col Fec											854
Coliformes Totales	Col Tot											20
Conductividad	Cond											89
Cromo VI	Cr VI											380
Cromo Total	Cr <sub>T</sub>											406
Cobre Total	Cu <sub>T</sub>											945
DBO5	DBO <sub>5</sub>											1894
DQO	DQO											16
Fluoruro	F											2230
Hierro Disuelto	Fe <sub>D</sub>											1295
Hierro Total	Fe <sub>T</sub>											114
Hidrocarb. Aromáticos Policíclicos	HAP											21
Hidrocarb. Aromáticos Totales	HA T											332
Hidrocarburos Fijos	HF											17
Mercurio Total	Hg <sub>T</sub>											37
Hidrocarburos Totales	HT											514
Hidrocarburos Volátiles	HV											184
Índice Fenol	IF											110
Manganeso Total	Mn <sub>T</sub>											1401



## Cantidad de datos por parámetro (RILes) reportados desde 2012-2022

Parámetro		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Molibdeno Total	Mo <sub>T</sub>												994
Amonio	NH <sub>4</sub>												20
Níquel Total	Ni <sub>T</sub>												597
Nitrato	NO <sub>3</sub>												20
Nitrógeno Total	NT												92
Nitrógeno Total de Kjeldahl	NTK												1030
Oxígeno Disuelto	OD												5
Plomo Total	Pb <sub>T</sub>												132
pH	pH												21785
Fosfato	PO <sub>4</sub>												443
Fósforo Total	P <sub>T</sub>												967
Detergentes	SAAM												573
Salinidad	Sal												17
Sólidos Disueltos Totales	SDT												30
Selenio Total	Se <sub>T</sub>												157
Silice Total	Si <sub>T</sub>												2
Estaño Total	Sn <sub>T</sub>												694
Sulfato Disuelto	SO <sub>4D</sub>												1
Sulfato Total	SO <sub>4T</sub>												6
Sólidos Sedimentables	SS												1516
Sólidos Suspendidos Totales	SST												3275
Sulfuro Total	Sulf Tot												1541
Temperatura	Tem p												17016
Turbiedad	Turb												87
Zinc Total	Zn <sub>T</sub>												1288
<b>Total</b>		<b>102</b>	<b>2418</b>	<b>1594</b>	<b>1962</b>	<b>1892</b>	<b>6895</b>	<b>7891</b>	<b>6997</b>	<b>9359</b>	<b>16286</b>	<b>19729</b>	<b>75125</b>

# **MONITOREO DE CALIDAD DE MATRICES AMBIENTALES EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR**



### Simbología

- Puntos de Muestreo
- Batimetría cada 10 m
- Límite Urbano
- Zona Industrial
- AMERB
- Concesiones Acuícolas



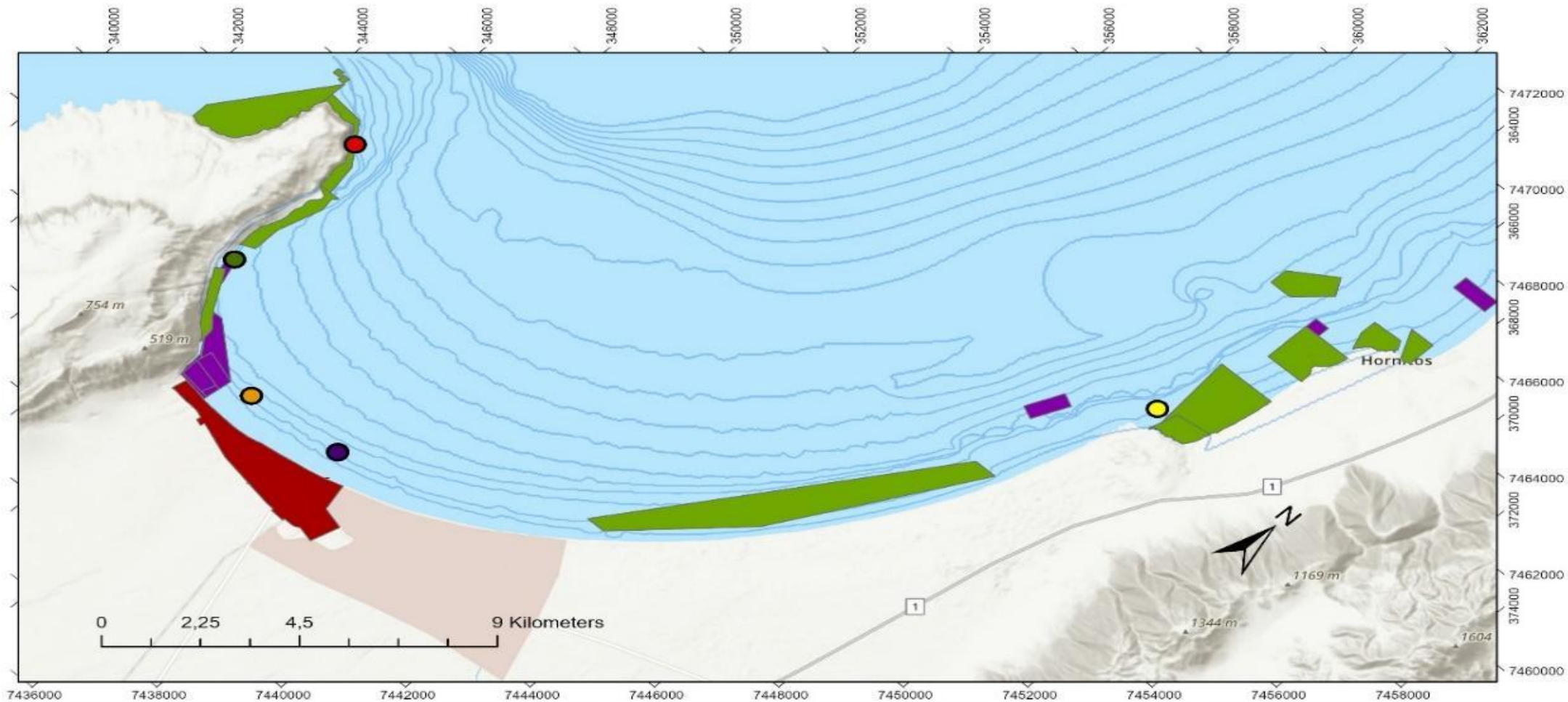
"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"

Datos Geodésicos y Cartográficos  
 Proyección: UTM  
 Datum: WGS84  
 Zona: 19 Sur

Escala 1:130000

Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)  
 Matriz Agua





Simbología	
Punta Chacaya	AMERB
Frente a Capitanía	Concesiones Acuícolas
Frente a Muelle Fertilizante	Batimetría cada 10m
Frente a La Caleta	Límite Urbano
Estacion Control Punta Angamos	Zona Industrial



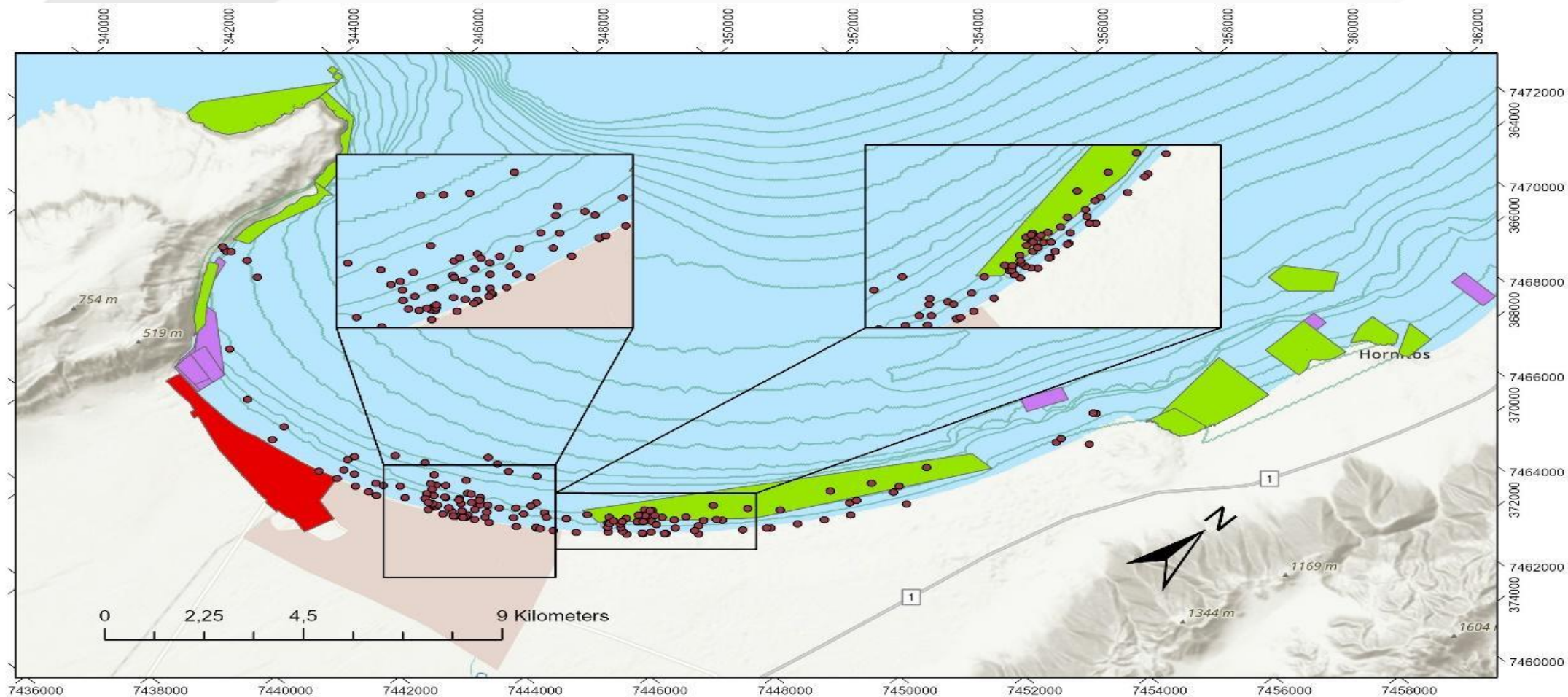
"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"

Datos Geodésicos y Cartográficos  
 Proyección: UTM  
 Datum: WGS84  
 Zona: 19 Sur

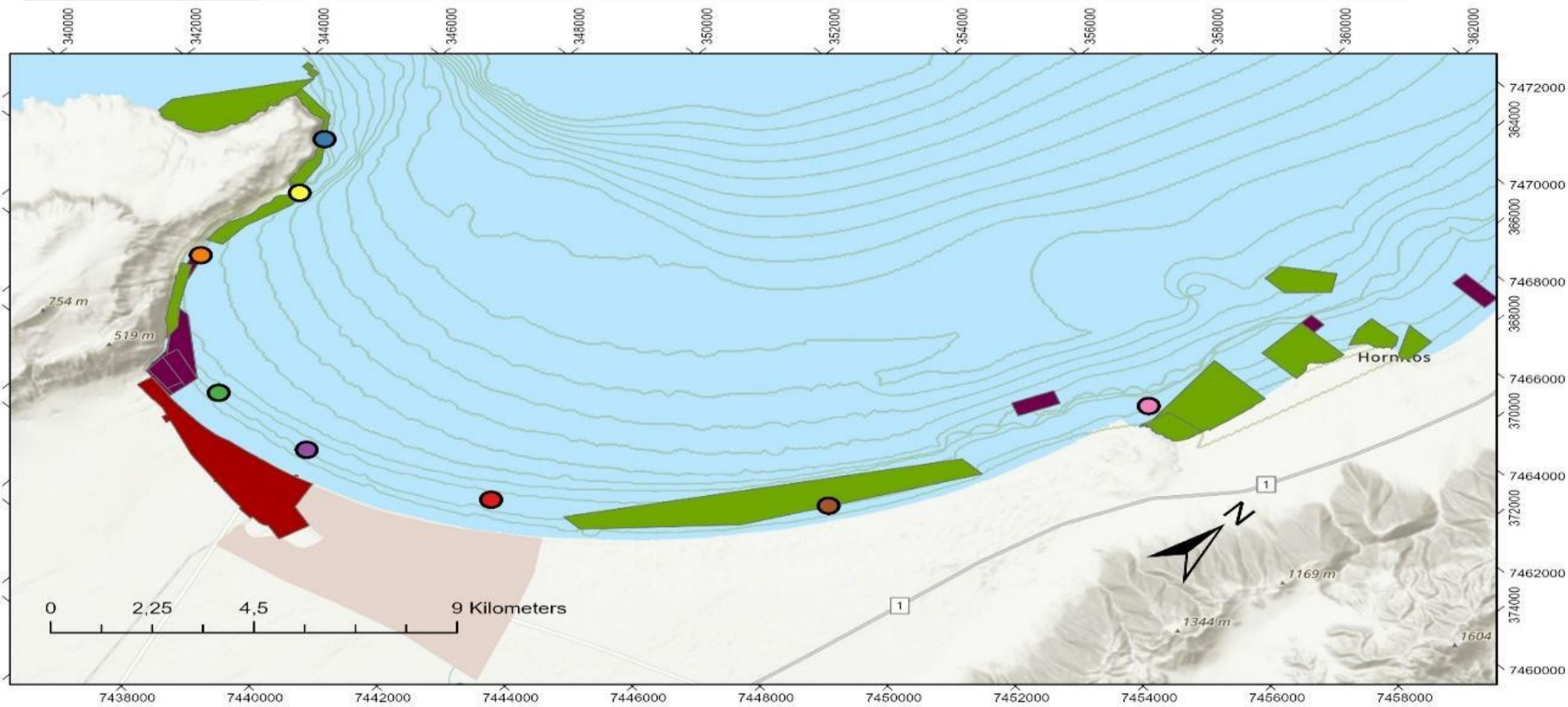
Escala 1:130000

Programa de Observación de Ambiente Litoral (POAL)  
 Matriz Agua

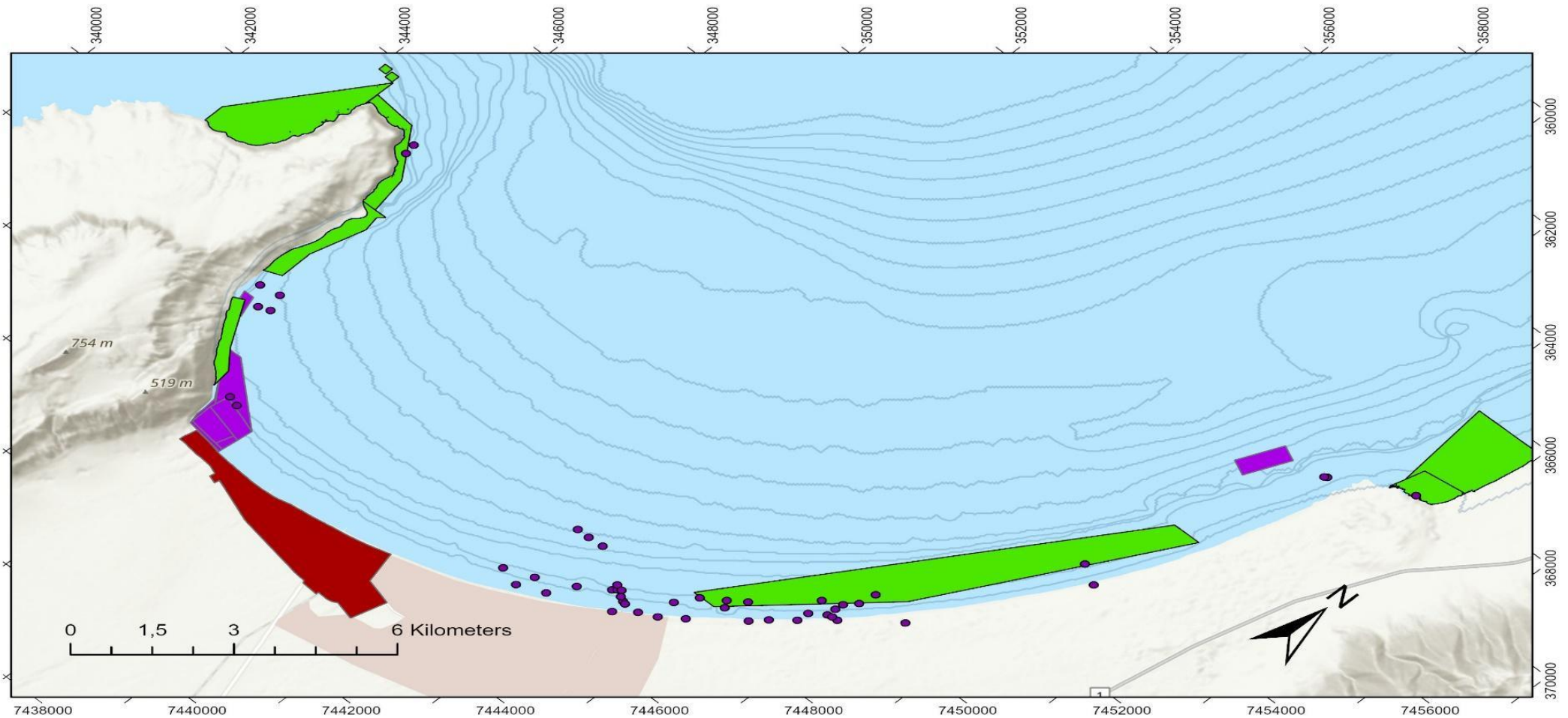
CICITEM  
 CENTRO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO  
 REGION DE ANTOFAGASTA



<p><b>Simbología</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">●</span> Puntos de muestreo</li> <li><span style="background-color: red; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Límite Urbano</li> <li><span style="background-color: brown; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Zona Industrial</li> <li><span style="background-color: green; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> AMERB</li> <li><span style="background-color: purple; width: 15px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Concesiones Acuícolas</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 15px; display: inline-block;"></span> Batimetría cada 10m</li> </ul>			<p><b>"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"</b></p> <p>Datos Geodésicos y Cartográficos          Proyección: UTM          Datum: WGS84          Zona: 19 Sur</p> <p>Escala 1:130000</p>	<p><b>Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)</b>  <b>Matriz Sedimentos</b></p>
--	--	--	---	--

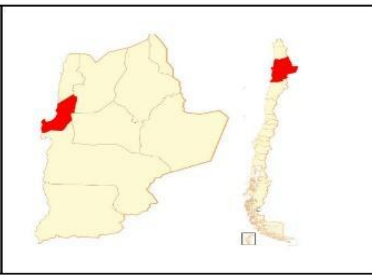


<p><b>Simbología</b></p> <p>Puntos de muestreo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: pink;">●</span> Punta Chacaya</li> <li><span style="color: brown;">●</span> Megapuerto</li> <li><span style="color: red;">●</span> Entre terminales Interacid y Mejillones</li> <li><span style="color: purple;">●</span> Frente a Capitania</li> <li><span style="color: green;">●</span> Frente Muelle Fertilizante</li> <li><span style="color: orange;">●</span> Frente a La Caleta</li> <li><span style="color: yellow;">●</span> Frente a Punta Chonos</li> <li><span style="color: blue;">●</span> Estacion Control Punta Angamos</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> Límite Urbano</li> <li><span style="color: lightbrown;">■</span> Zona Industrial</li> <li><span style="color: green;">■</span> AMERB</li> <li><span style="color: purple;">■</span> Concesiones Acuicolas</li> <li>— Batimetría cada 10m</li> </ul>			<p><b>"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"</b></p> <p>Datos Geodésicos y Cartográficos          Proyección: UTM          Datum: WGS84          Zona: 19 Sur</p> <p>Escala 1:130000</p>	<p><b>Programa de Observación de Ambiente Litoral (POAL) Matriz Sedimentos</b></p>
---	--	--	---	--



**Simbología**

 Puntos de Muestreo	 Batimetría
 AMERB	 Limite Urbano
 Concesiones Acuicolas	 Zona Industrial



**"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"**

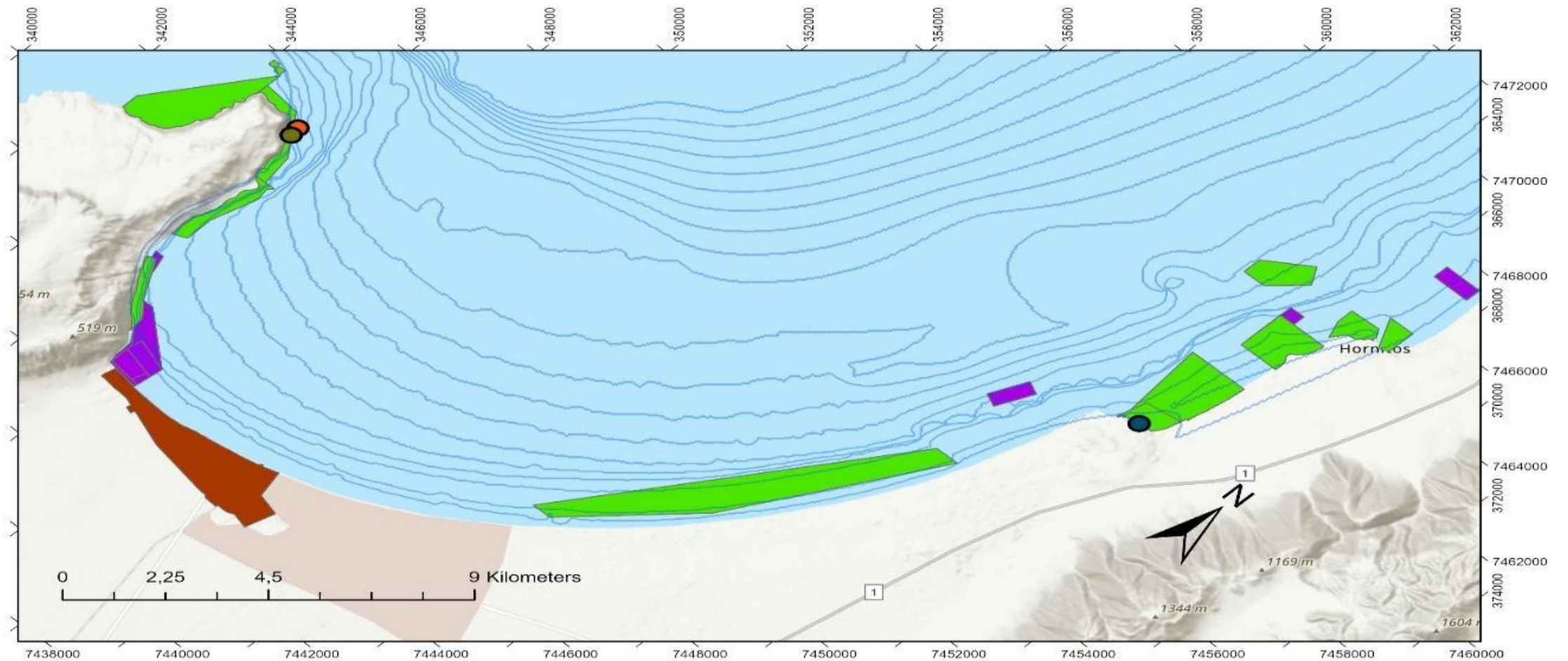
Datos Geodésicos y Cartográficos  
 Proyección: UTM  
 Datum: WGS84  
 Zona: 19 Sur

Escala 1:112000

**Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)**  
**Matriz Biota**



CENTRO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO  
 REGIÓN DE ANTOFAGASTA



### Simbología

#### Puntos de muestreo

-  Sector Caleta Chacaya
-  Estación Control Punta Angamos
-  Hornitos

-  Límite Urbano
-  Zona Industrial
-  Batimetría cada 10m
-  AMERB
-  Concesiones Acuícolas



"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"

Datos Geodésicos y Cartográficos  
 Proyección: UTM  
 Datum: WGS84  
 Zona: 19 Sur

Escala 1:130000

Programa de Observación de Ambiente Litoral (POAL)  
 Matriz Biota





# PARÁMETROS DE CALIDAD AMBIENTAL MONITOREADOS EN BMS

Parámetro	Unidad Fiscalizable (ID)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	24			
Al		104	4		44	184		125	7	83	134		9	351		86			104	91				
As <sub>D</sub>						1																		
As <sub>T</sub>	343	104	4		44	363		8	7	3	136		9	352		86			104					
AyG		22	4			43		125	7	2	136	16	9	351					1		73			
B <sub>T</sub>					1						45					78								
Cau	28		362		5	47		474		455	844	14		1186		21			689					
Cd <sub>T</sub>		2	5		44	183		8	7	3			9	351					1					
Cl					1						45					78								
CLR	10	586	2135	447				8						1					89					
CN <sub>T</sub>		2	4					8	7	3			9	3					1					
Col Fec		483	3		20									348										
Col Tot					20																			
Cond																				89				
Cr VI		2	4					8	7	3			4	351					1					
Cr <sub>T</sub>		2	3			275		8	102	3			9	3					1					
Cu <sub>T</sub>		104	4			276		8	102	3			9	352		86			1					
DBO <sub>5</sub>		576	923		10			8			6	16		355										
DQO												16												
F	346	104	560		44	180		125	7	83	136		9	355		86			104	91				
Fe <sub>D</sub>	343	92	818		39									3										
Fe <sub>T</sub>			103		5						6													
HAP	20													1										
HAT	331													1										
HF									1			16												
Hg <sub>T</sub>		2	4					8	7	3			9	3					1					
HT	18	2	4					125	7	3		16	9	329					1					
HV		2	4					125	7	3		16	9	17					1					
IF		2	4					8	7	3			9	3					1	73				
Mn <sub>T</sub>	343	2	4		44	312		8	102	3	136		9	351		86			1					
Mo <sub>T</sub>		2	4			184		125	103	83	45		9	352		86			1					

Número de registro por parámetro y UF

# PARÁMETROS DE CALIDAD AMBIENTAL MONITOREADOS EN BMS

Parámetro	Unidad Fisalizable (ID)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	24			
NH <sub>4</sub>		20																						
Ni <sub>T</sub>		2	4				8	102	3	117		9	351						1					
NO <sub>3</sub>		20																						
NT		92																						
NTK	296		366								16		352											
OD		5																						
Pb <sub>T</sub>		2	4				8	102	3			9	3							1				
pH	361	2470	6815			360	1927	2199	426	1006	16	9	3891		85				2220					
PO <sub>4</sub>				443																				
P <sub>T</sub>		92	366		44						6	16		351							92			
SAAM		2	3			275		125	7	3	26	16	9	3					104					
Sal		17																						
SDT		20			10																			
Se <sub>T</sub>		2	4				127	7	3				9	4						1				
Si <sub>T</sub>											2													
Sn <sub>T</sub>		2	4				125	7	83	26		9	351		86					1				
SO <sub>4D</sub>											1													
SO <sub>4T</sub>					1						5													
SS	353	2	560			44	124	7	3	45	16	9	352							1				
SST	353	606	922			207	133	102	85	136	16	9	352		86				104	91	73			
Sulf Tot		104	367			364	125	102	3	115		9	351							1				
Temp	362	2708	6863	563	44	356	8	1963	26	45	16		3891		80					91				
Turb																					87			
Zn <sub>T</sub>	344	2	4			183	8	7	3	114		9	351		86					104		73		
n° Parámetro	15	37	34	3	17	18	0	29	27	27	23	15	25	35	0	14	0	0	30	4	4			

Las UF que monitorean mayor cantidad de parámetros (> 30) fueron:

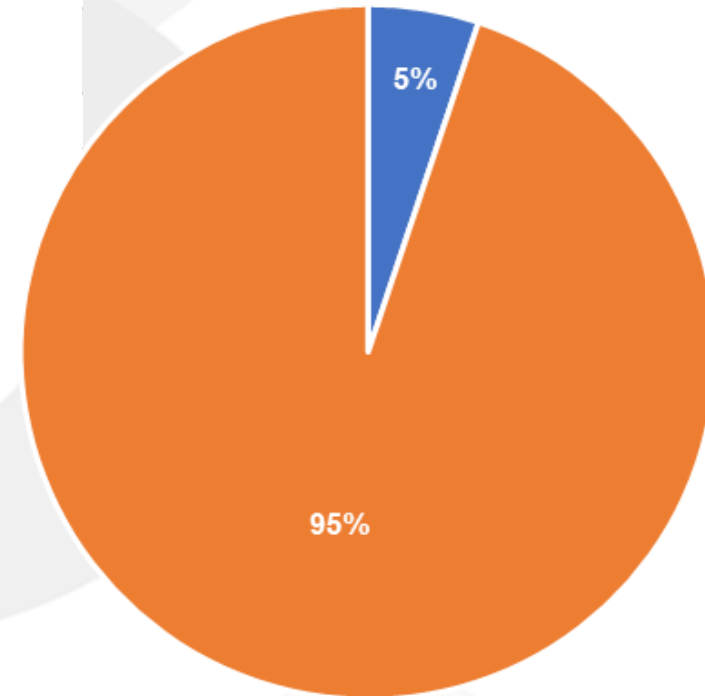
- Central Mejillones (UF 2) con 37 parámetros
- Termoeléctrica Cochrane (UF 14) con 35 parámetros
- Central Térmica Andino (UF 3) con 34 parámetros
- Caitán (UF 19) con 30 parámetros



Número de parámetro por UF

## CANTIDAD DE DATOS POR MATRIZ Y POR ORIGEN DE DATOS

FNDR	Columna de Agua	Sedimento	Biota	Total
2019	4234	1364	0	5598
2022	58238	39440	5607	103285
<b>Total</b>	62472	40804	5607	108883

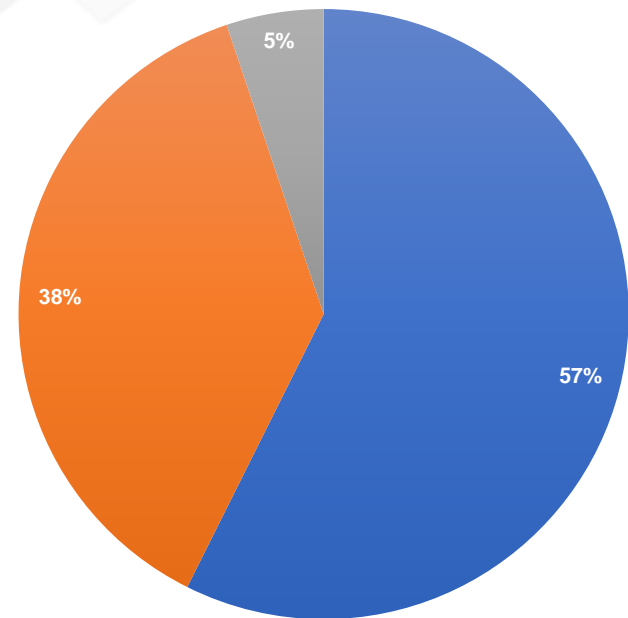


■ FNDR 2019 ■ FNDR 2022

# CANTIDAD DE DATOS POR MATRIZ Y UF

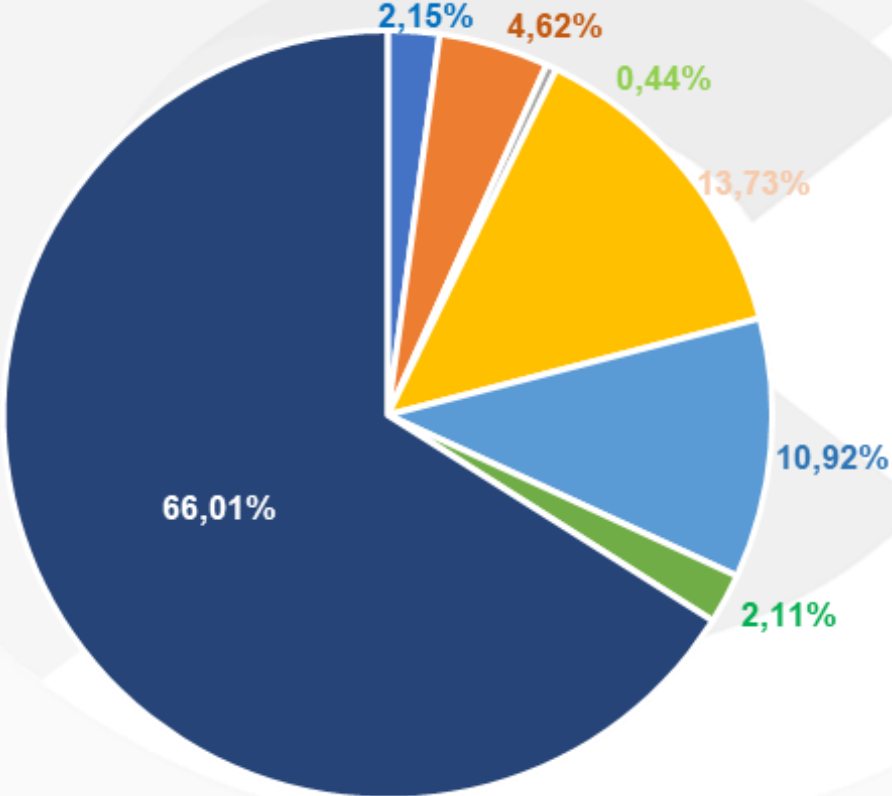
ID	Unidad Fiscalizable	CIU	Matriz			Total
			Columna de Agua	Sedimento	Biota	
1	Central Angamos	401013	3426	2148		5574
2	Central Mejillones	401011	3799	4406	580	8785
3	Central Térmica Andino	401013 - 401011	3200	1935		5135
4	Central Térmica Atacama	401012 - 401011	2418	1205		3623
5	Complejo Portuario Mejillones S. A.	452020	8744	4370	2237	15351
6	ENAEX Mejillones	242910	3499	1504		5003
7	Infraestructura Energética Mejillones	401011	324	3153		3477
	Infraestructura Energética Mejillones - Central Mejillones	401011	3360		60	3420
8	KELAR	401013	1858	434		2292
9	Planta de Ácido Sulfúrico Mejillones	241190	3972	2338		6310
10	Planta Elaboradora de Bolas de Acero	272090	2332	848		3180
11	Procesamiento Molibdeno Mejillones	272090	1431	1647		3078
12	Construcción Prolongación Emisario Submarino de Mejillones	410000	612			612
13	Terminal GNL - Mejillones	514130	2190	2147	202	4539
14	Termoeléctrica Cochrane	401013	3300	4914		8214
15	Terminal de Graneles Líquidos Mejillones	630200	1582	1421	99	3102
16	Michilla	133000	528	615		1143
17	Puerto de Mejillones	452020	2601	2170	1828	6599
18	Terminal Marítimo OXIQUM S. A. Mejillones	241190	2730	1254	21	4005
19	Caitán	-	1728			1728
20	Terminal Marítimo de INTERACID	519000	2013	192	164	2369
21	POAL	No Aplica	6825	4103	416	11344
<b>Total</b>			<b>62472</b>	<b>40804</b>	<b>5607</b>	<b>108883</b>

BBDD 2022



■ Columna de Agua ■ Sedimento ■ Biota

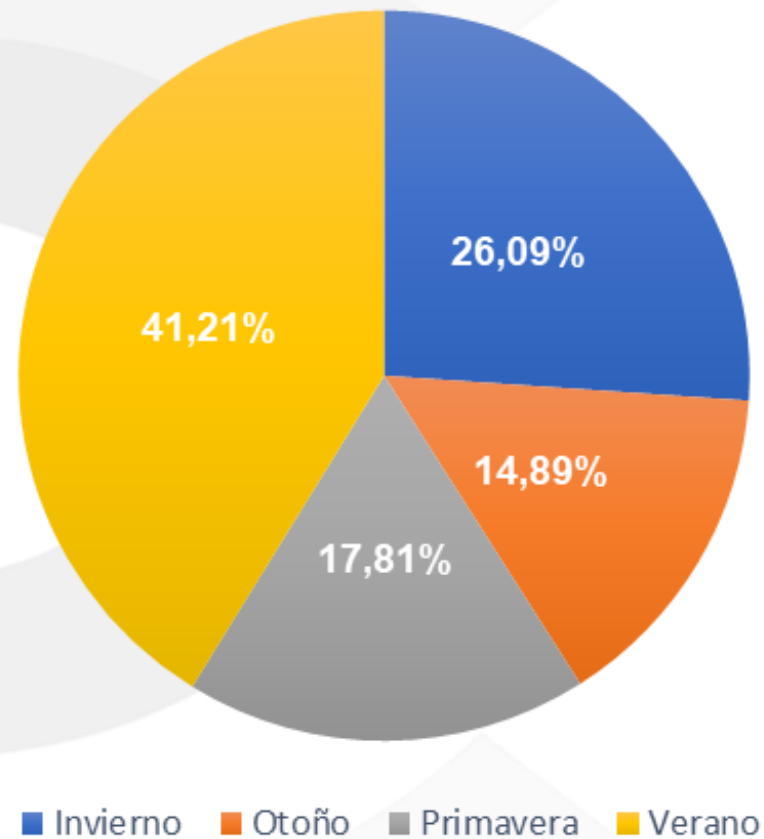
# Proporción de datos según tipo de informe



■ DIA ■ EIA ■ LB ■ PASMAM ■ POAL ■ PSA ■ PVA

## Cantidad de datos por época del año

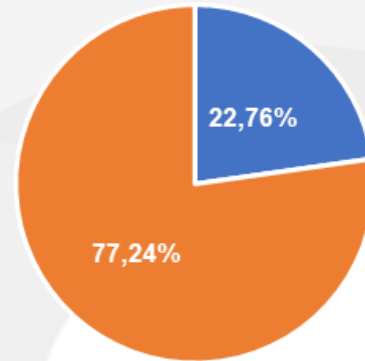
ID	Estaciones del Año				Total
	Invierno	Otoño	Primavera	Verano	
1	1512	324	1392	2346	5574
2	2913	2412	440	3020	8785
3		2388	2747		5135
4	1741	105	85	1692	3623
5		72	224	15055	15351
6	1882	80	784	2257	5003
7		2812	3830	255	6897
8	1016	120		1156	2292
9	2837	1022	385	2066	6310
10	1592			1588	3180
11	1431			1647	3078
12	143	183	143	143	612
13	802	430	1482	1825	4539
14	3384	834	834	3162	8214
15	1384		110	1608	3102
16			794	349	1143
17	2473	335	865	2926	6599
18	2141	299		1565	4005
19	432	432	432	432	1728
20	1137	200	12	1020	2369
21	1589	4168	4831	756	11344
<b>Total</b>	<b>28409</b>	<b>16216</b>	<b>19390</b>	<b>44868</b>	<b>108883</b>



## Ausencia o presencia de información asociada a los datos de la BBDD 2022

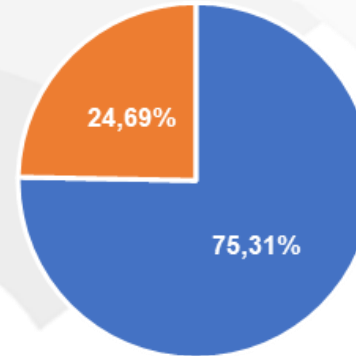
Información de BBDD	Ausencia	Presencia
Límite de Detección	23507	79778
Límite de Cuantificación	77780	25505
Metodología de Análisis	6773	96512
Laboratorio de Análisis	1927	101358
Acreditación ETFA	19209	84076

Límite de Detección



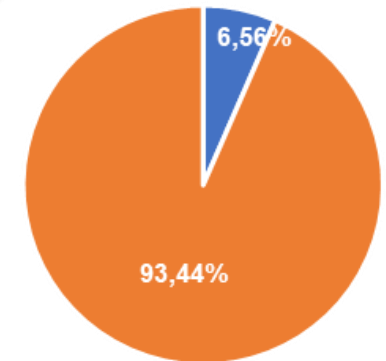
■ sin LD ■ con LD

Límite de Cuantificación



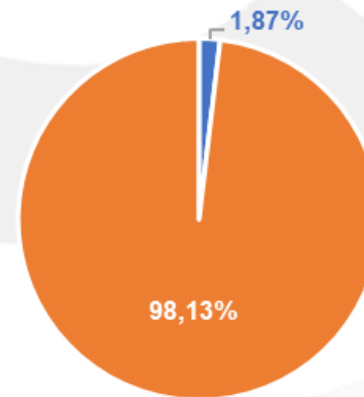
■ sin LC ■ con LC

Metodología de Análisis



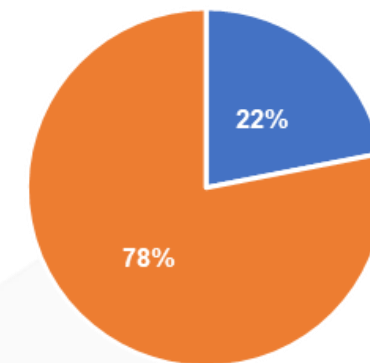
■ sin Método ■ con Método

Laboratorio de Análisis



■ sin Laboratorio ■ con Laboratorio

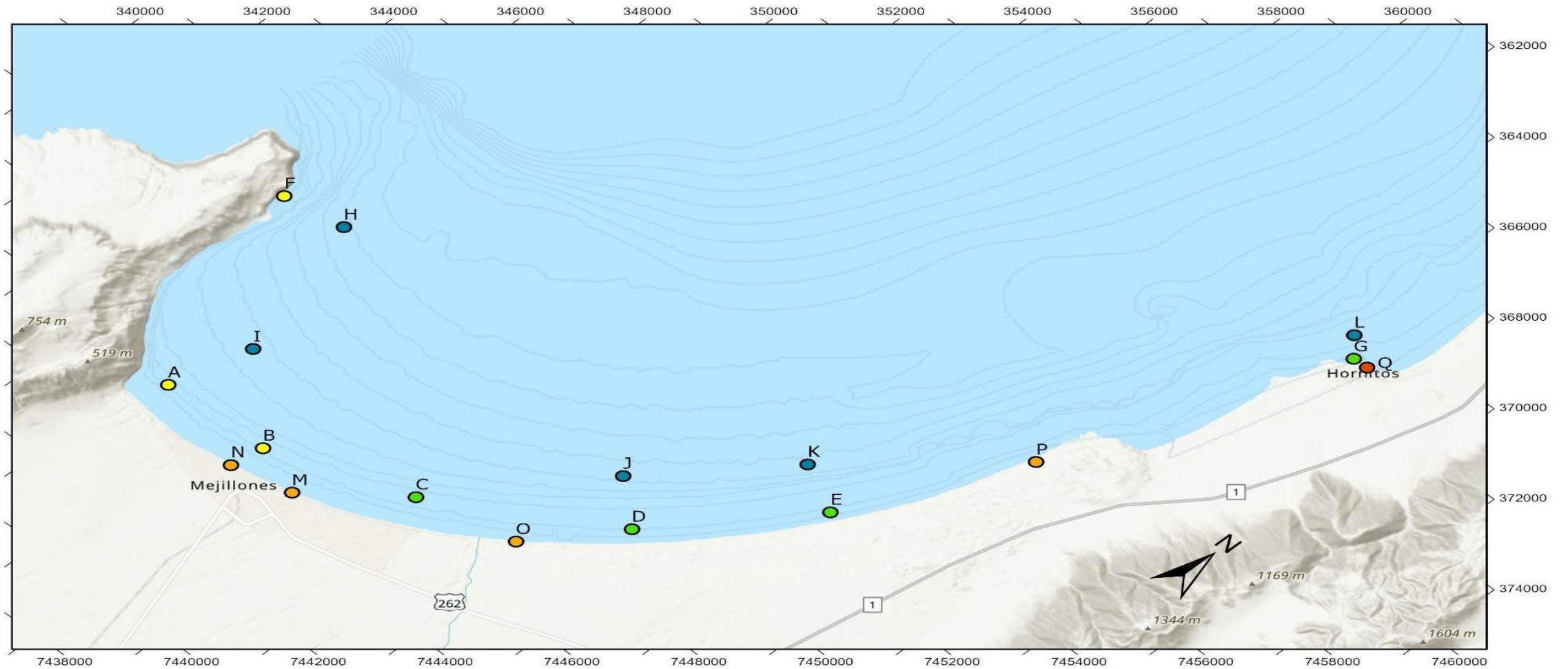
Acreditación ETFA



■ no ETFA ■ si ETFA

# RESULTADOS PROCESADOS DE LAS CAMPAÑAS COMPLEMENTARIAS DE MONITOREO



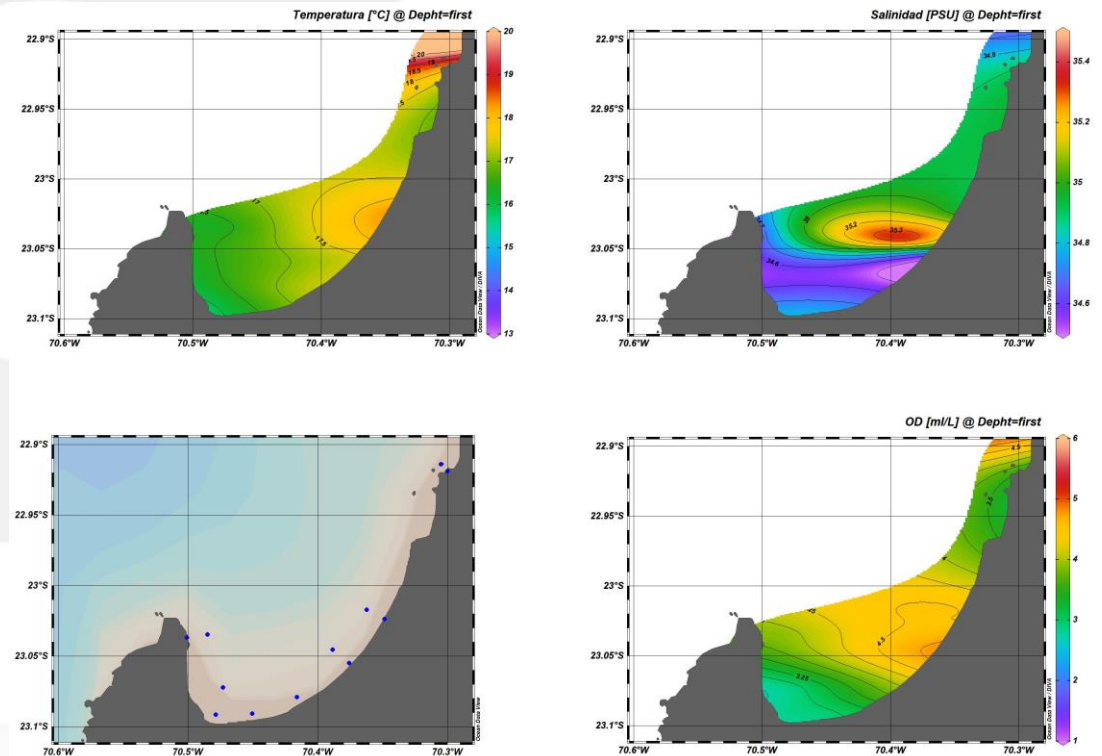
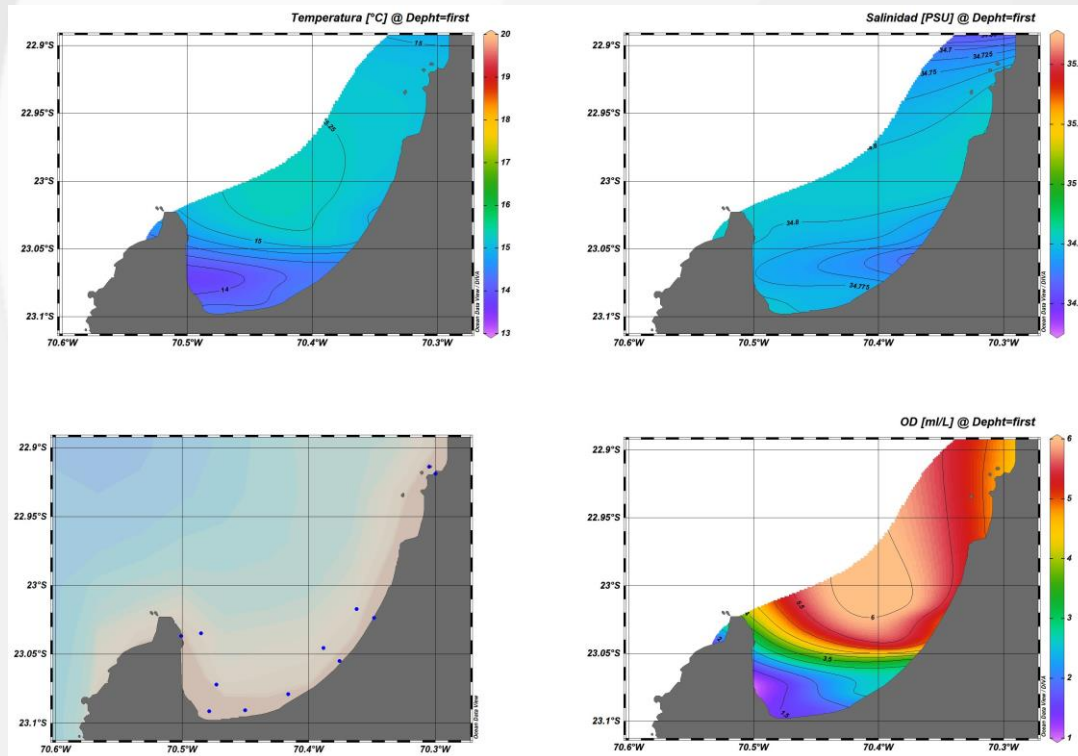


<p><b>Simbología</b></p> <p><b>Matriz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">●</span> Agua</li> <li><span style="color: yellow;">●</span> Agua - Sedimento</li> <li><span style="color: green;">●</span> Agua - Sedimento - Biota</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: orange;">●</span> Biota Intermareal</li> <li><span style="color: yellow;">●</span> Sedimento Intermareal</li> <li>A Estación de monitoreo</li> <li>— Batimetría cada 10m</li> </ul>		<p><b>"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"</b></p> <p>Datos Geodésicos y Cartográficos          Proyección: UTM          Datum: WGS84          Zona: 19 Sur</p> <p>Escala 1:130000</p>	<p><b>Campaña de Muestreo Invierno 2022</b></p>
--	--	---	---

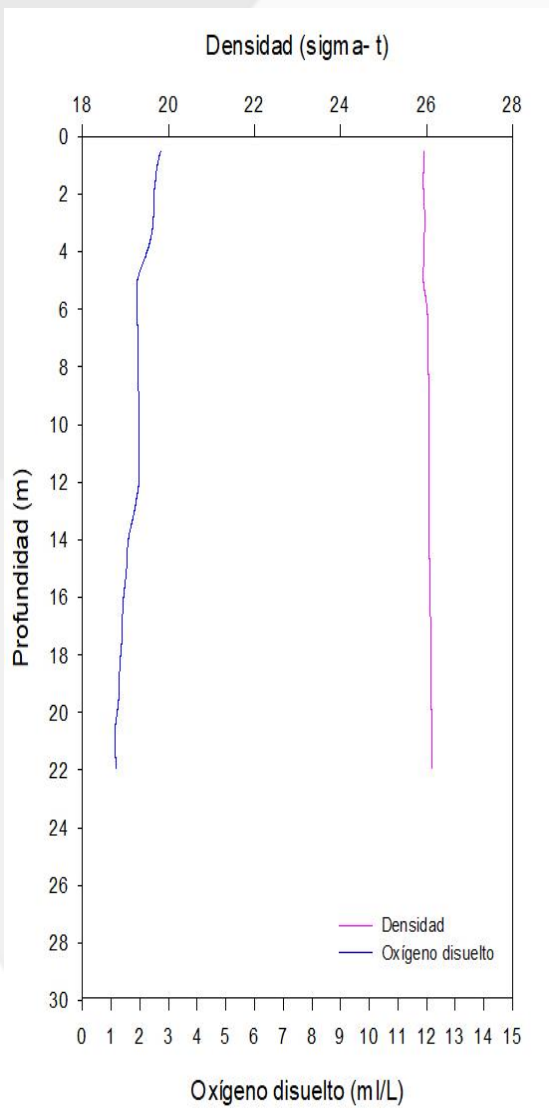
# Hidrografía: Estrato superficial (0,5 m)

Invierno 2022

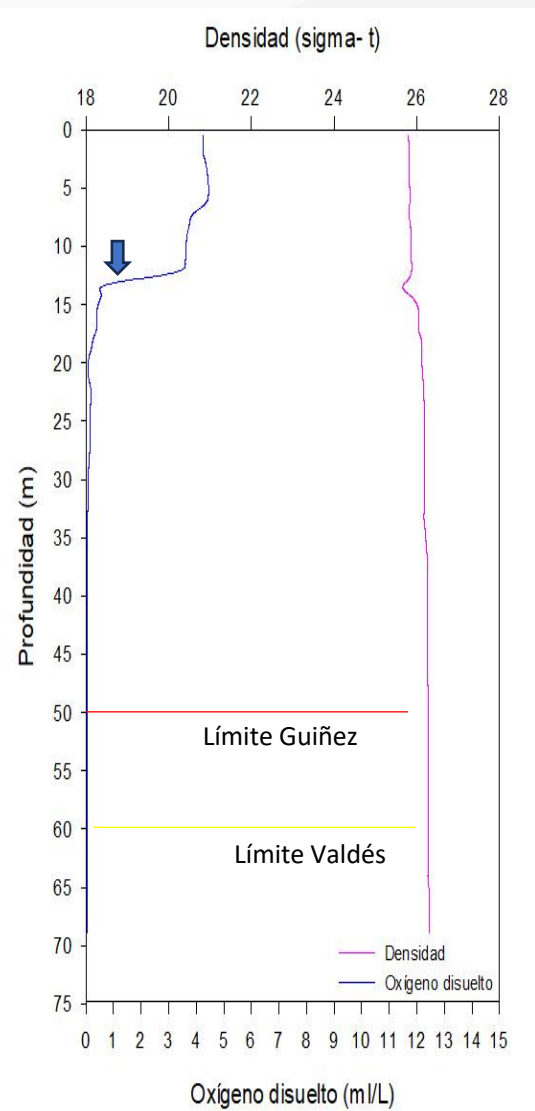
Verano 2023



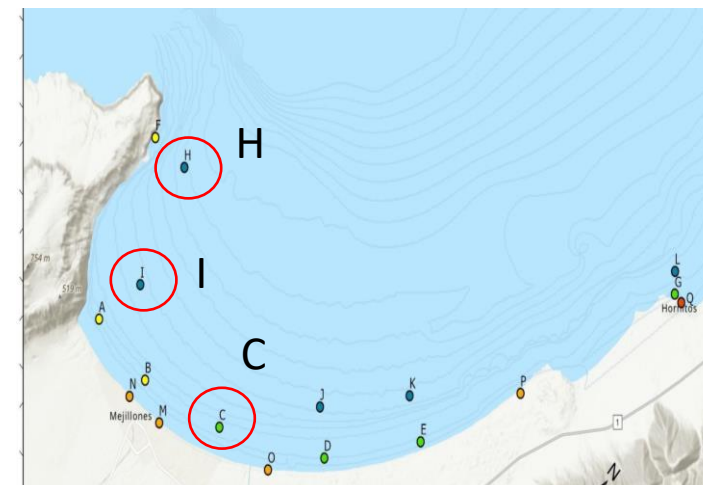
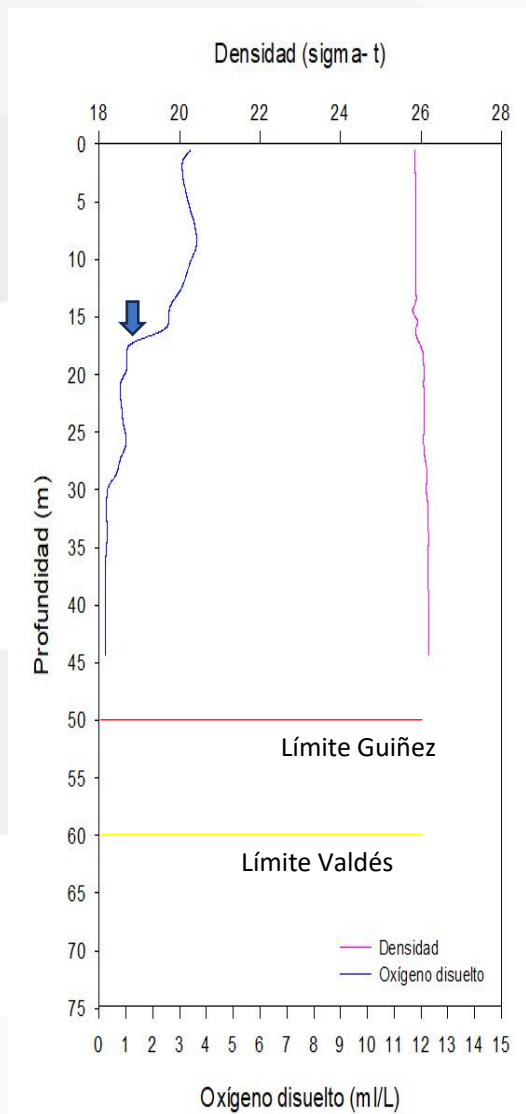
# C (MAR 3)



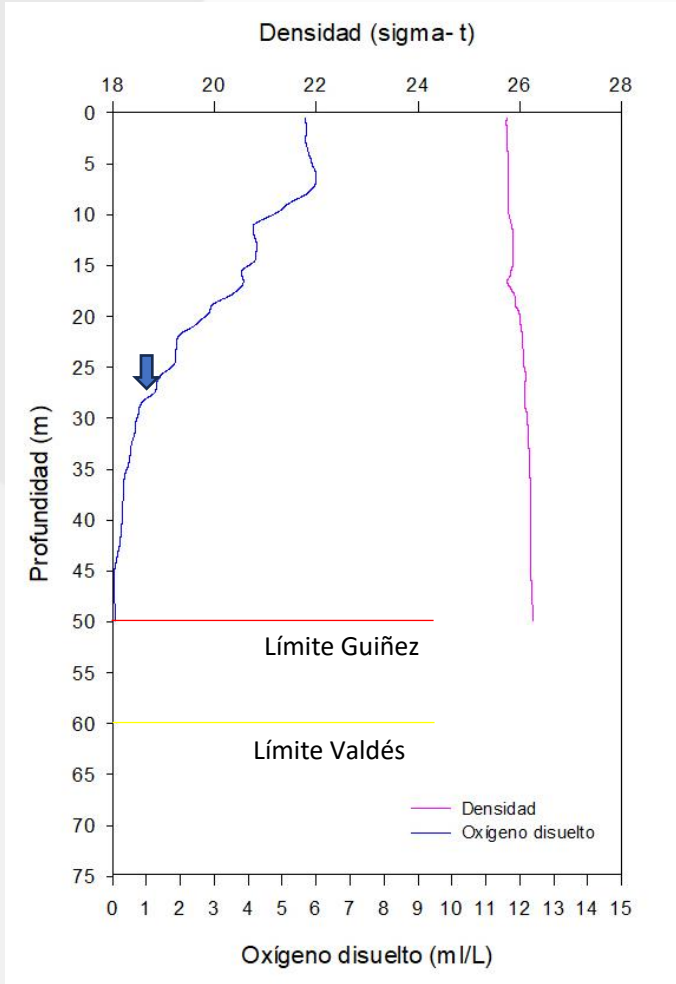
# H (MAR 8)



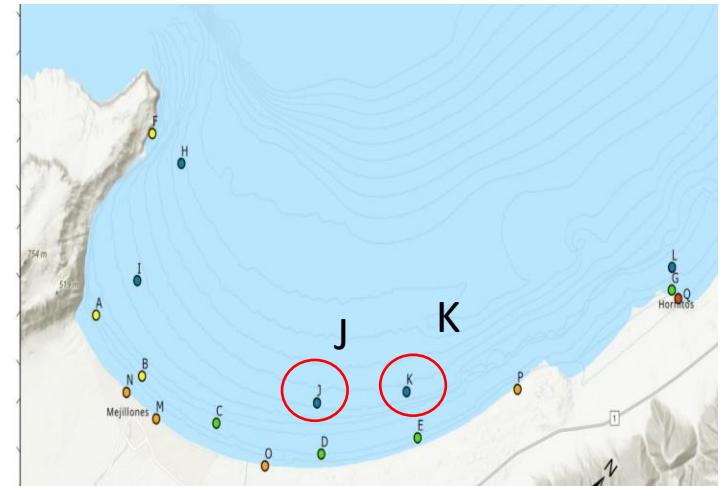
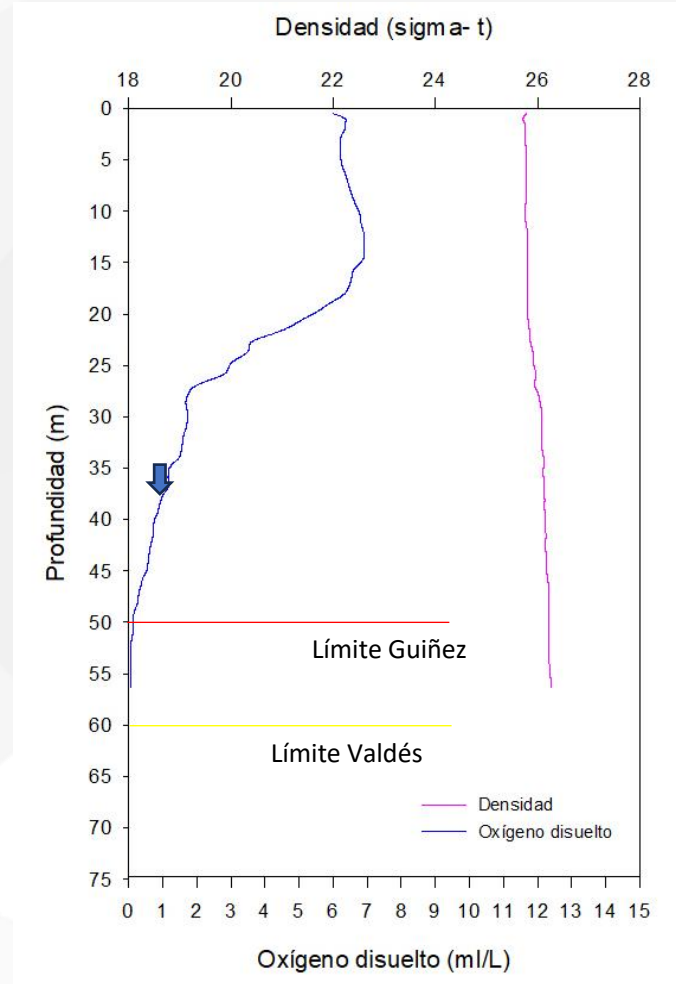
# I (MAR 9)



# J (MAR 10)



# K (MAR 11)

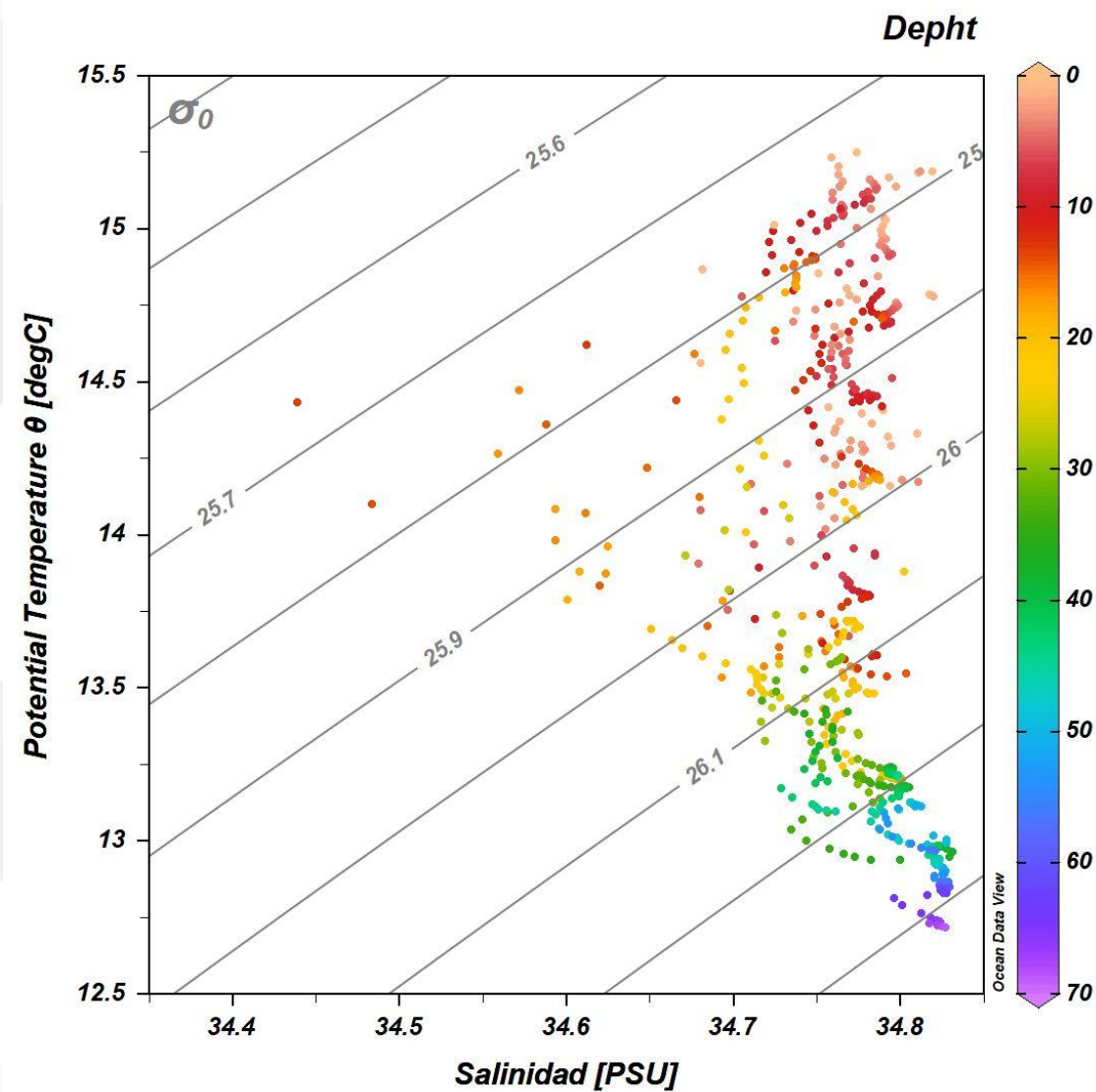


# ZMO en BMS

- Al interior de bahía Mejillones del Sur el límite de la ZMO ( $OD < 1$  mL/L) varía estacionalmente ubicándose a 20 m de profundidad en época estival y a 50 m en invierno (Guiñez, 2010).
- Valores menores a 0,1 mL/L se han registrado a 80 m profundidad, sin embargo, y debido a que la profundidad máxima de Bahía es de 120 m, gran parte del fondo se encuentra bajo la influencia de la ZMO afectando la composición del material orgánico que se deposita en los sedimentos
- A mayor profundidad mayor preservación de la materia orgánica producto del bajo contenido de oxígeno disuelto (Guiñez, 2015).
- Dentro del borde costero, la capa sedimentaria es más somera y con mayor contenido de oxígeno disuelto, favoreciendo la re-mineralización de la materia orgánica y generando un importante flujo de nutrientes que contribuye a la fertilización de la columna de agua (Thiel y otros, 2007).
- Los sedimentos marinos permiten registrar los cambios relevantes en las condiciones de mayor oxigenación a un estado menos oxigenado en el ecosistema marino, caracterizados por intensos eventos correspondientes a Evento del Niño Oscilación del Sur (ENOS), la exportación biológica y la oxidación del agua de fondo (Díaz-Ochoa y otros, 2011).

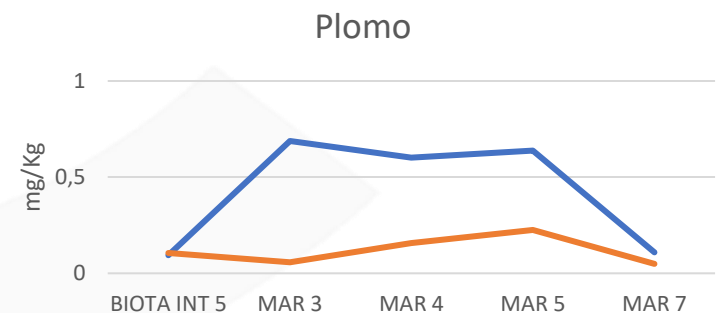
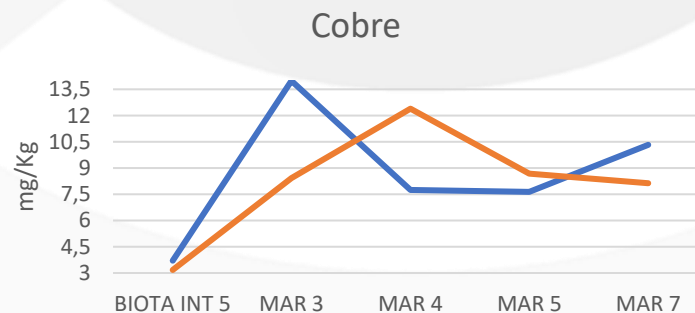
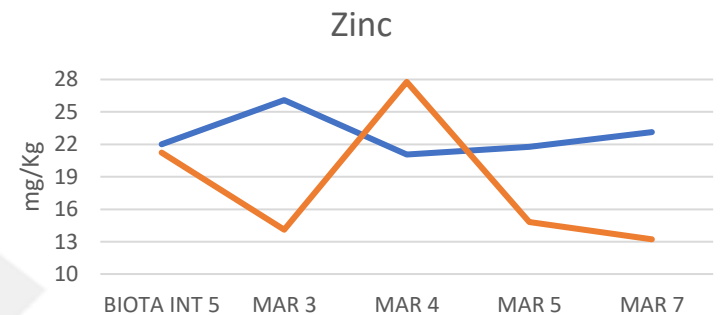
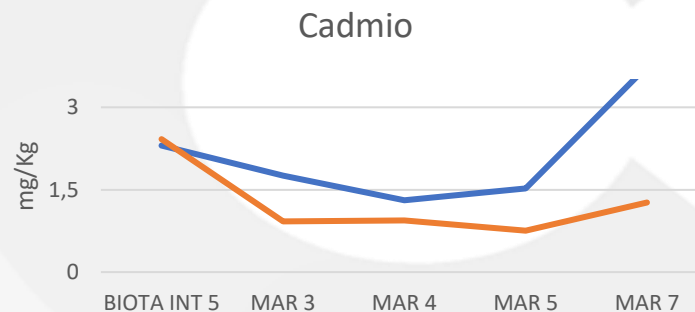
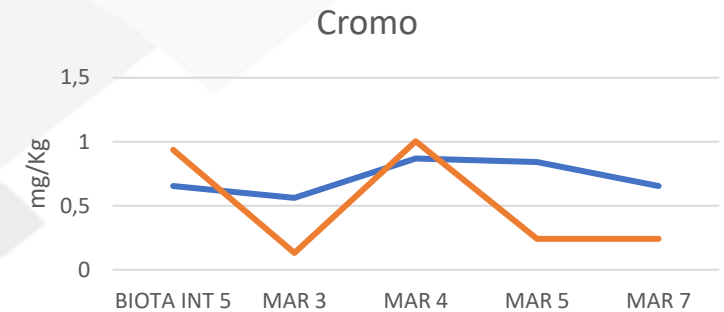
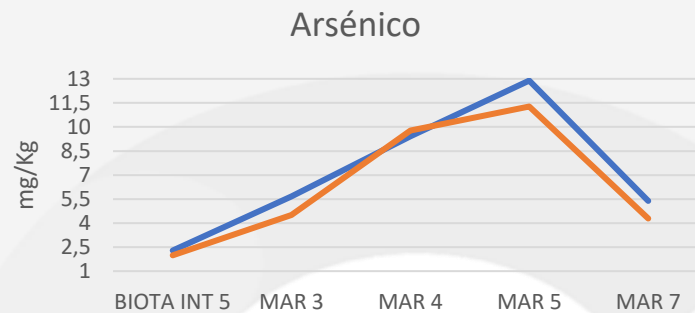
# Diagrama TS- Invierno 2022

Este tipo de diagrama representa la estratificación por densidad



# METALES EN TEJIDO DE BIOTA

Comparación de retención de metales en tejido de biota entre los años 2022 y 2023.



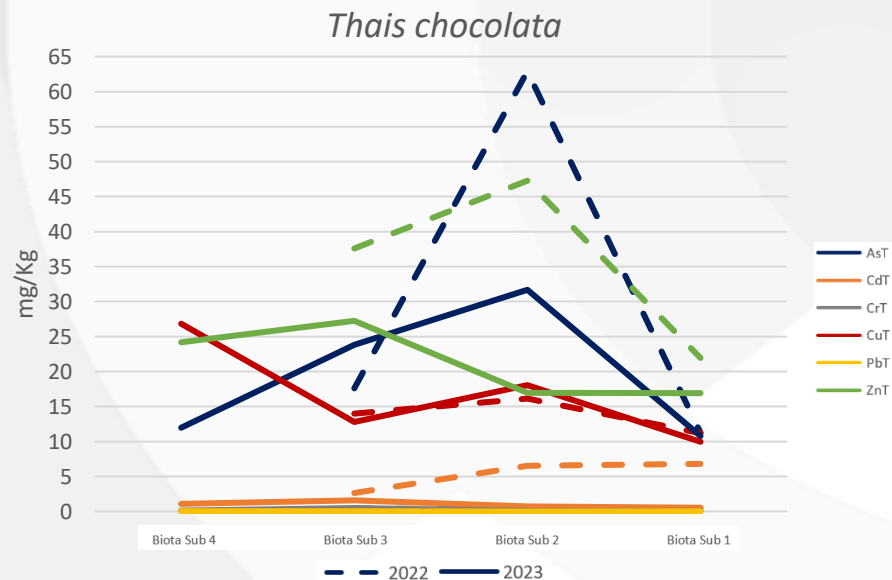
— 2022 — 2023

# METALES EN TEJIDO DE BIOTA

Especies analizadas entre los años 2022 y 2023.

Especies en azul corresponden a especies de interés comercial.

*Thais chocolata* especie que muestra mayor transversalidad en estaciones y años monitoreados.



Especie	Nombre común	BIOTA SUB 1	BIOTA SUB 2	BIOTA SUB 3	BIOTA SUB 4	BIOTA INT 5
<i>Antholoba achates</i>	Anémona Lobulada		★		★	
<i>Arbacia spatuligera</i>	Erizo de mar				★	
<i>Argopecten purpuratus</i>	Ostión del norte				★	
<i>Cancer plebejus</i>	Jaiba Reina		★	★		
<i>Choromytilus chorus</i>	Choro Zapato	★			★	
<i>Fissurella</i> sp.	Lapa	★				
<i>Heliaster helianthus</i>	Sol de mar					★
<i>Macrocystis integrifolia</i>	Huiro flotador		★		★	
<i>Perumytilus purpuratus</i>	Chorito Maico					★
<i>Phymactis clematis</i>	Actinia					★
<i>Polinices uber</i>	Caracol lunar del pacifico		★	★		
<i>Priene</i> sp.	Caracol	★	★		★	
<i>Rhodymenia</i> sp.	Alga roja		★	★		
<i>Romaleon setosum</i>	Jaiba Peludo			★	★	
<i>Scurria</i> sp.	Sombrero de mar				★	
<i>Sinum cymba</i>	Caracol papa				★	
<i>Tegula</i> sp.	Caracol		★			
<i>Thais chocolata</i>	Locate	★	★	★	★	
<i>Xanthochorus cassidiformis</i>	Caracol rubio				★	

★ 2022 y 2023    ★ 2022    ★ 2023

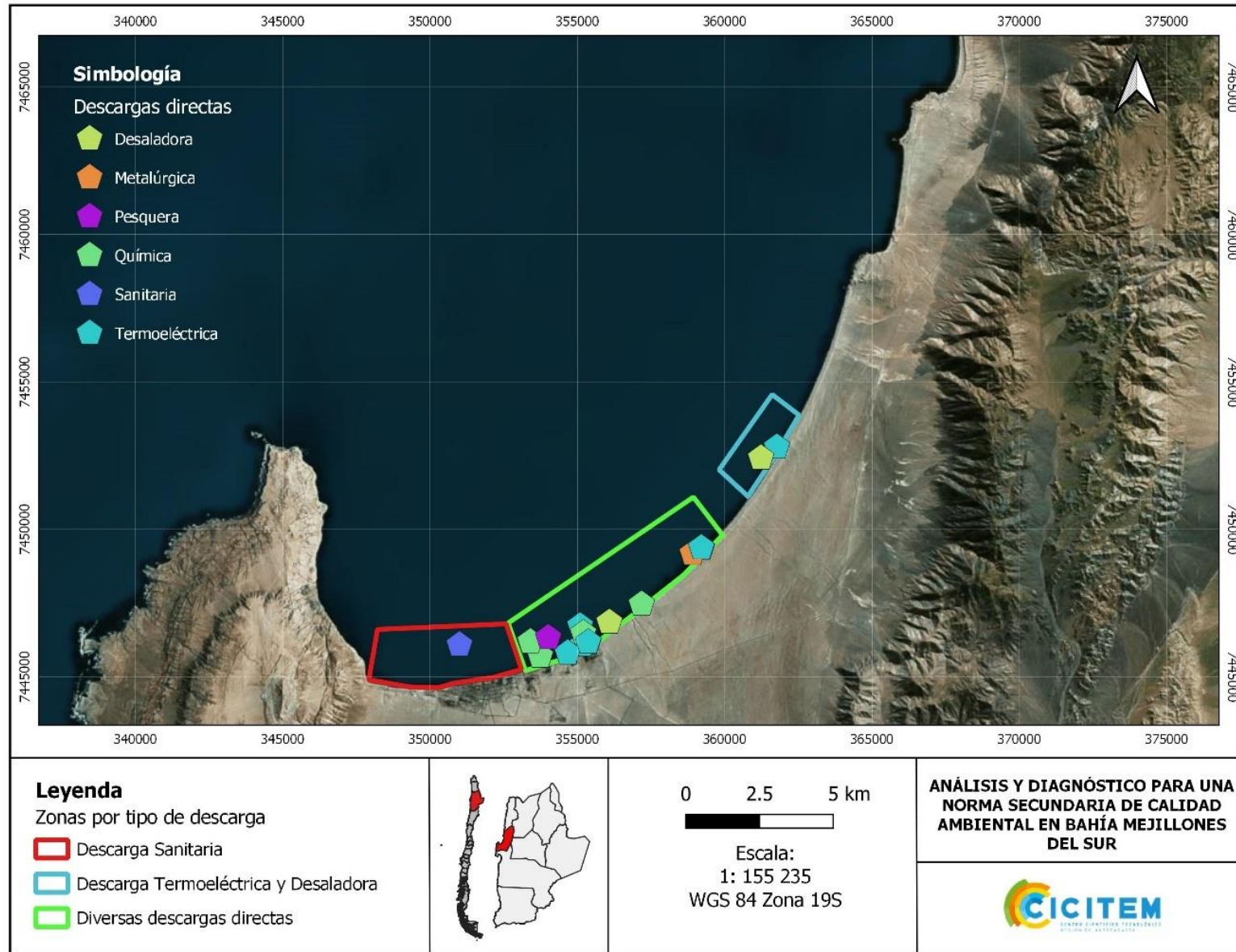




# ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO INTEGRADO

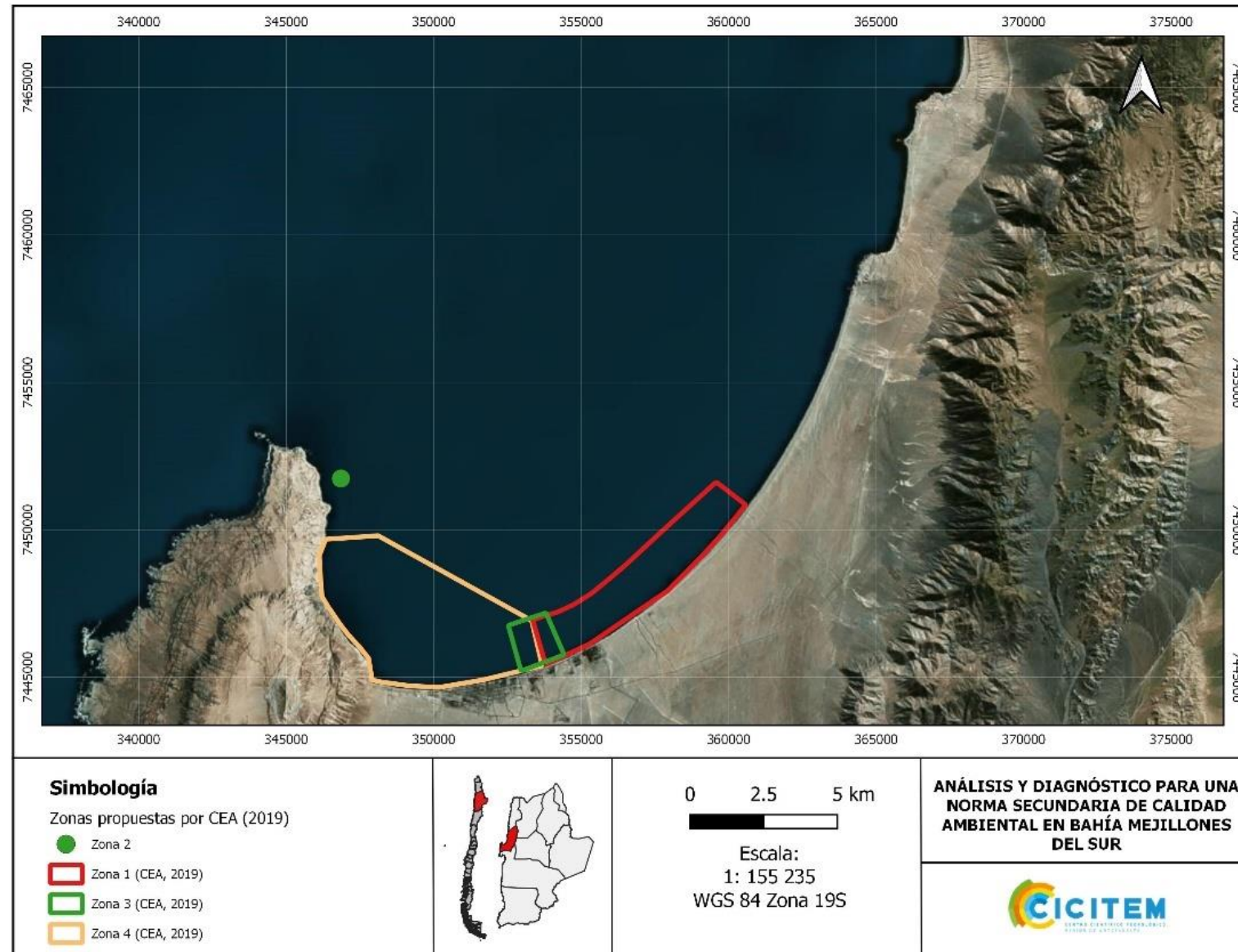
## Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

En función del tipo de industria, se identificaron 3 zonas de interés: 1) Zona con descarga sanitaria (Polígono rojo), 2) Zona con la mayor diversidad de tipos de descargas (Polígono verde) y 3) Zona con descarga de Termoeléctrica y Desaladora (Polígono cian)



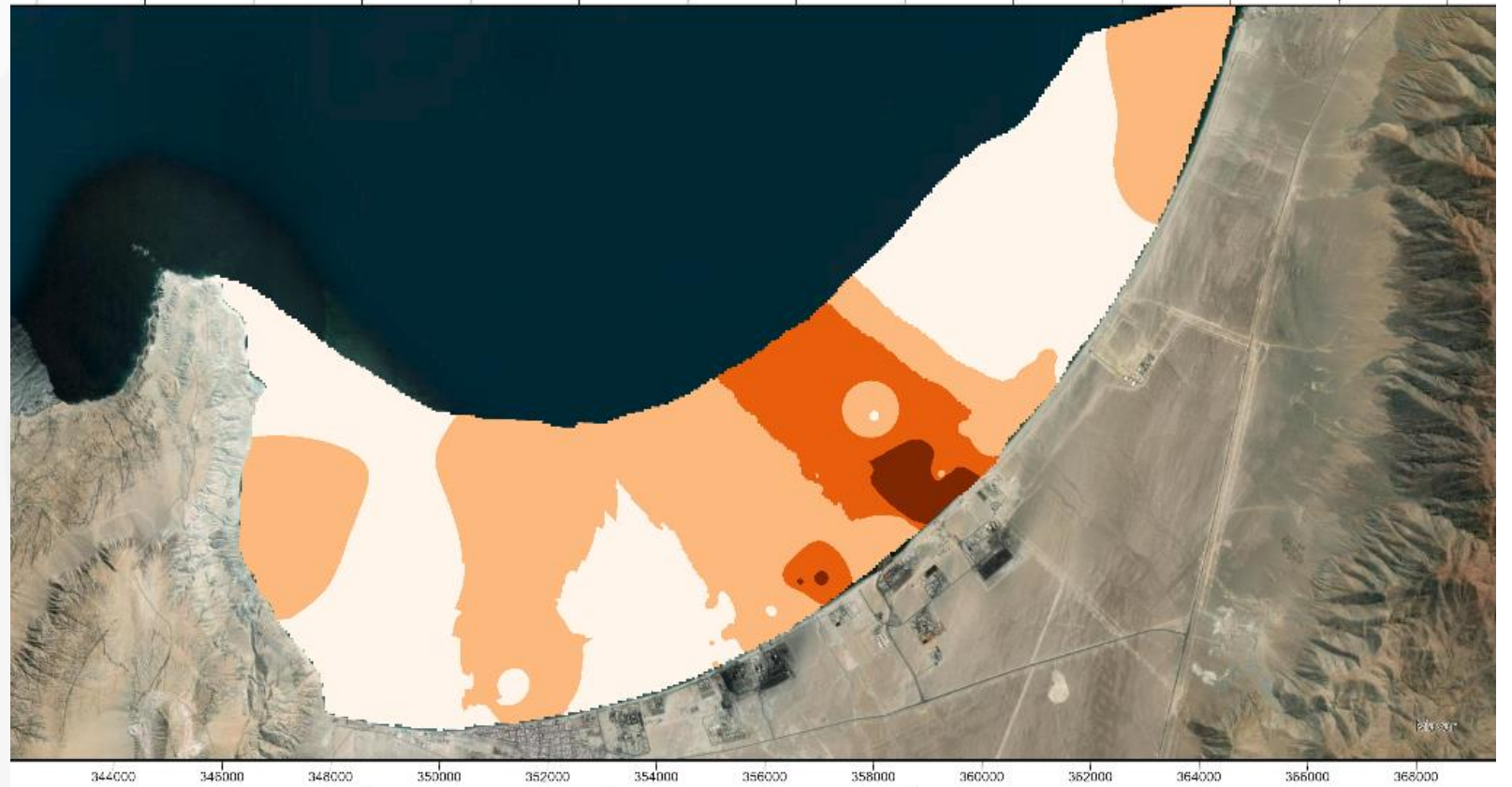
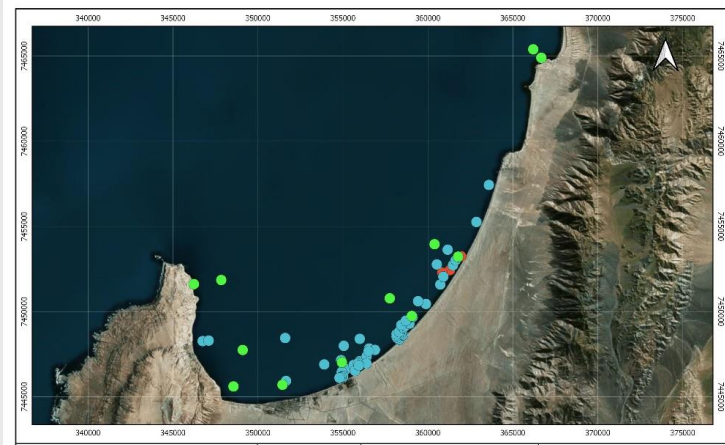
## Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

CEA (2019) en el proceso de instalación de la boya con sensores de medición continua, en donde se identificó el saco de la bahía y el borde costero como las zonas con mayor tiempo de retención del agua



# Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

Por otra parte, para apoyar la selección de zonas se seleccionaron 3 parámetros conservativos del agua de mar (Temperatura, Salinidad y Oxígeno disuelto) y se realizó una interpolación espacial con datos recolectados en invierno de 2018.

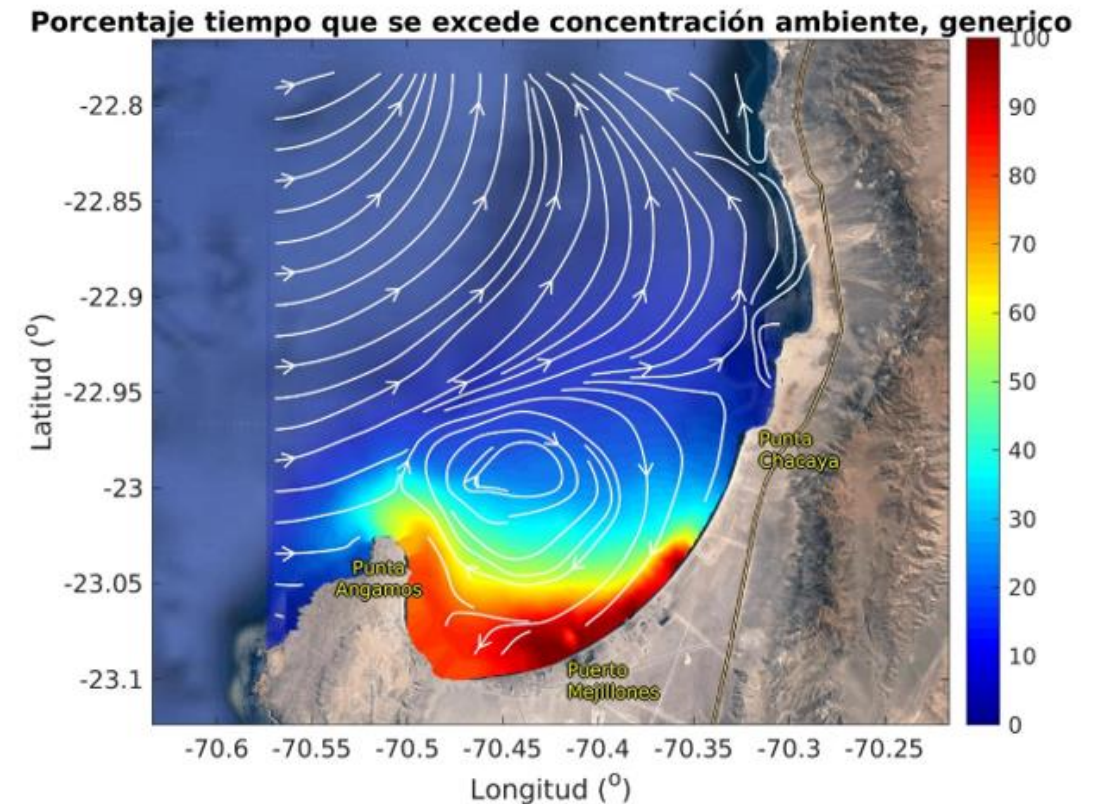
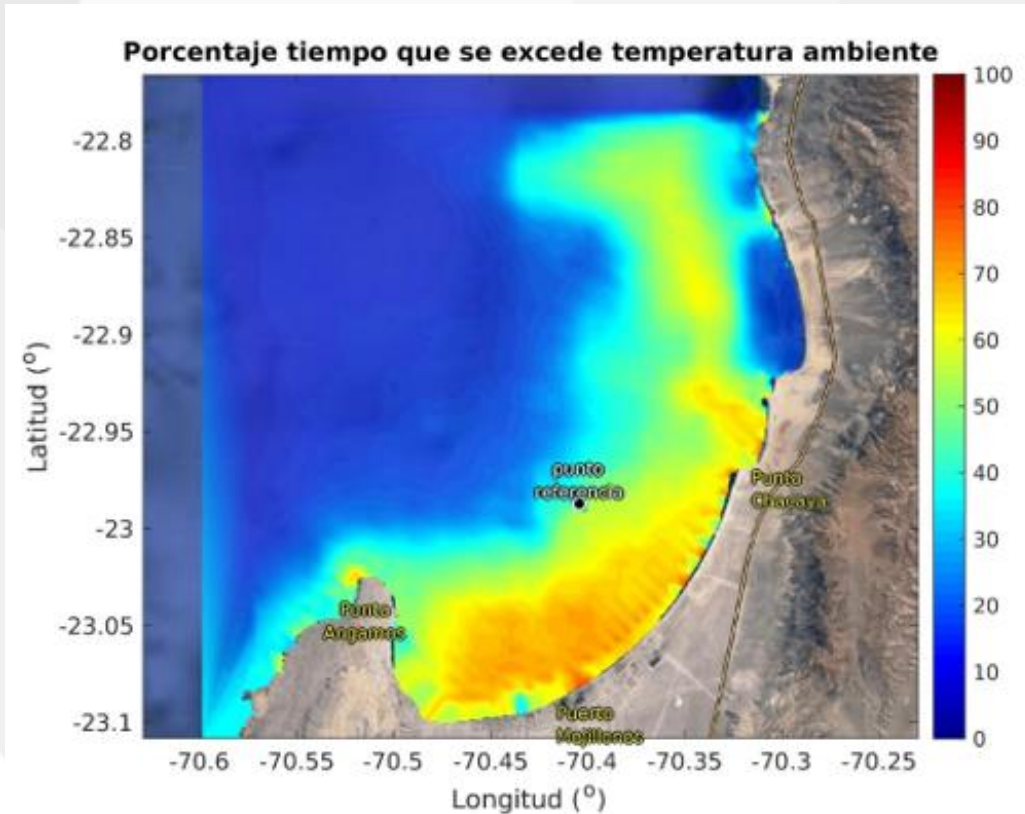


<p><b>Simbología</b></p> <p><b>Salinidad</b></p> <p><b>Intervalos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>34,213 - 34,922</li><li>34,923 - 35,248</li><li>35,249 - 35,574</li><li>35,575 - 36,285</li></ul>	<p><b>Ubicación Regional</b></p> 	<p><b>"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO PARA UNA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL EN BAHÍA MEJILLONES DEL SUR"</b></p> <p>Datos Geodésicos y Cartográficos Proyección: UTM Datum: WGS84 Zona: 19 Sur</p> <p>Escala 1:100000</p>	<p><b>Interpolación de Salinidad Invierno 2018</b></p>  <p>CICITEM CENTRO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO REGION DE ANTOFAGASTA</p>
---	--	--	---

## Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

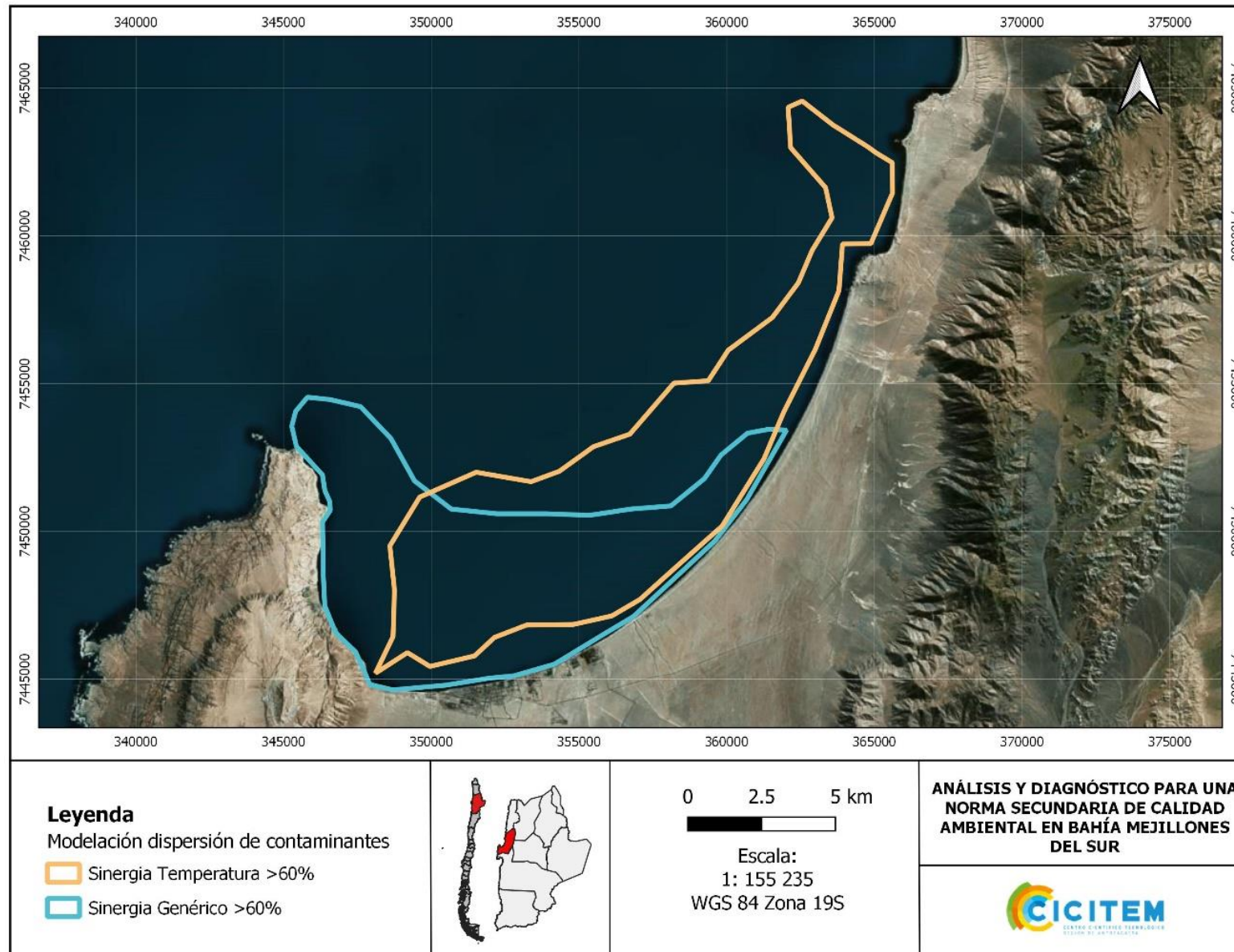
En cuanto al modelo de dispersión de contaminantes acoplado al patrón de circulación de la Bahía Mejillones del Sur, el trabajo de **Modelación Ambiental (2023)** identificó:

- 1) Zona de influencia en donde la sinergia de las 16 descargas podría modificar la temperatura del agua
- 2) Zona de influencia en donde la sinergia de las 16 descargas podría dispersar un constituyente genérico (Figura 4 3).



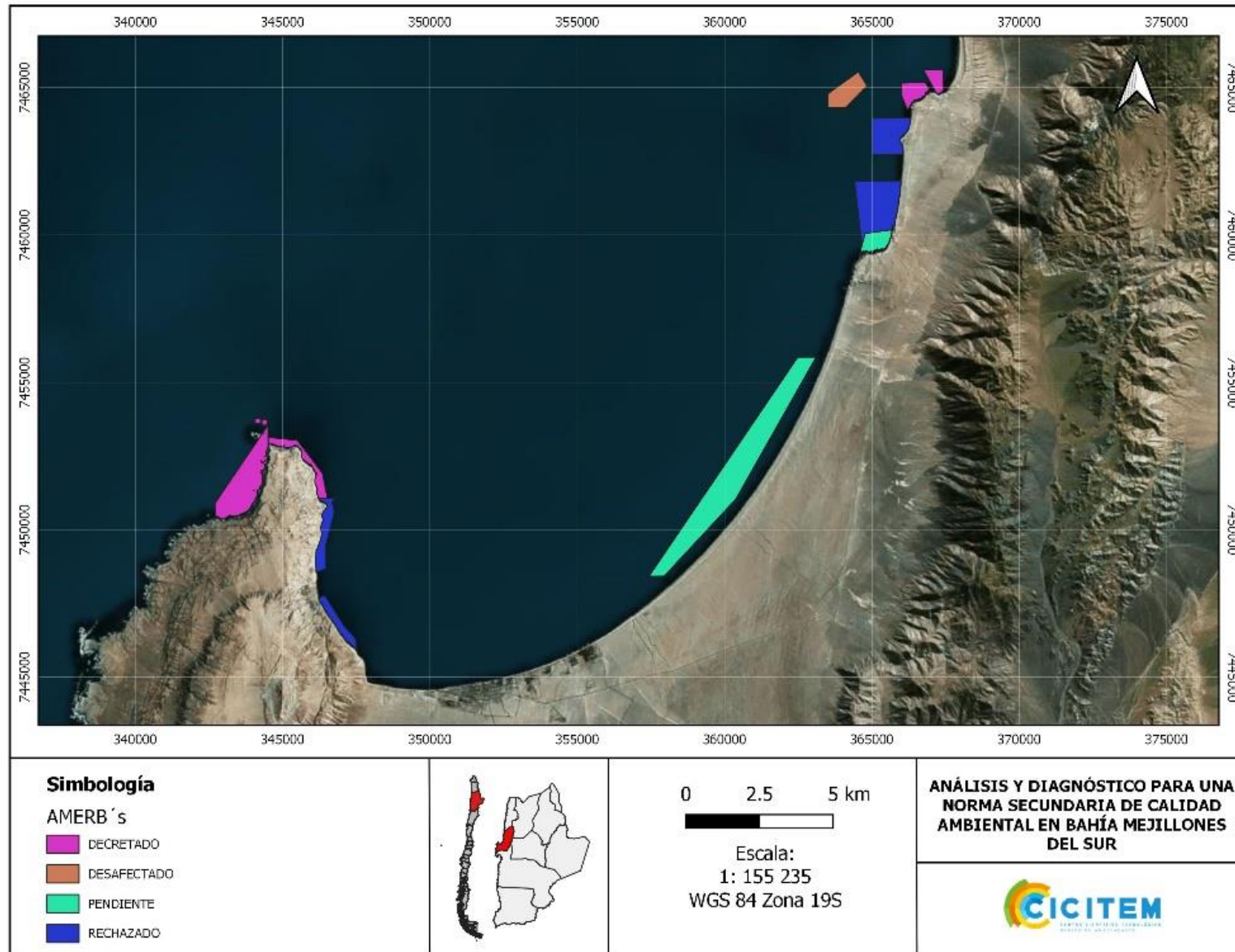
## Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

En este contexto, como zonas de interés para SMI, fueron consideradas las zonas que presentaron la probabilidad de excedencia la mayoría del tiempo (>60% de un año de modelación)



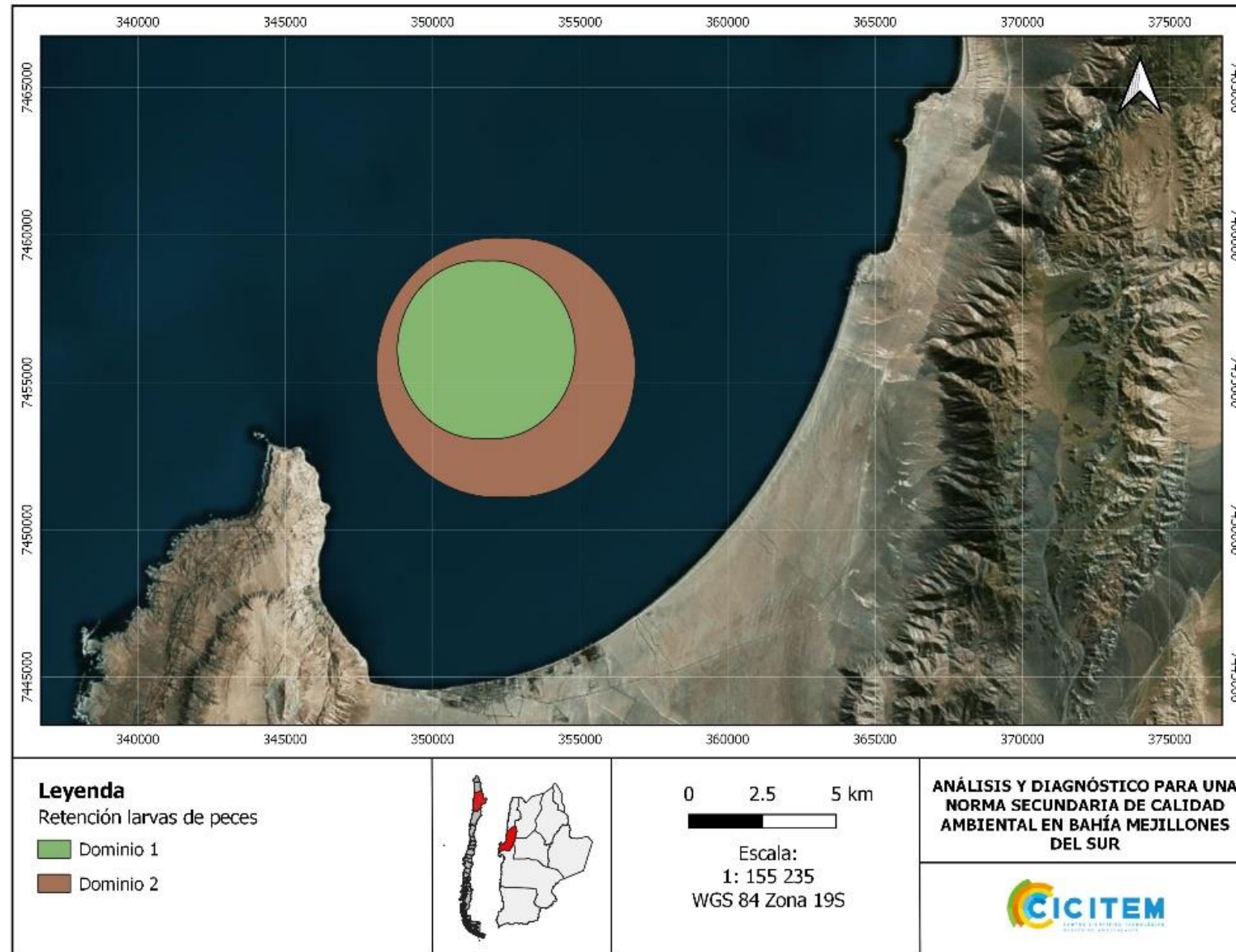
## Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

Por otra parte, existen zonas como las AMERB's (SUBPESCA). Confluyen atributos de importancia ecológica y atributos comerciales con respecto a la extracción de recursos hidrobiológicos



## Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

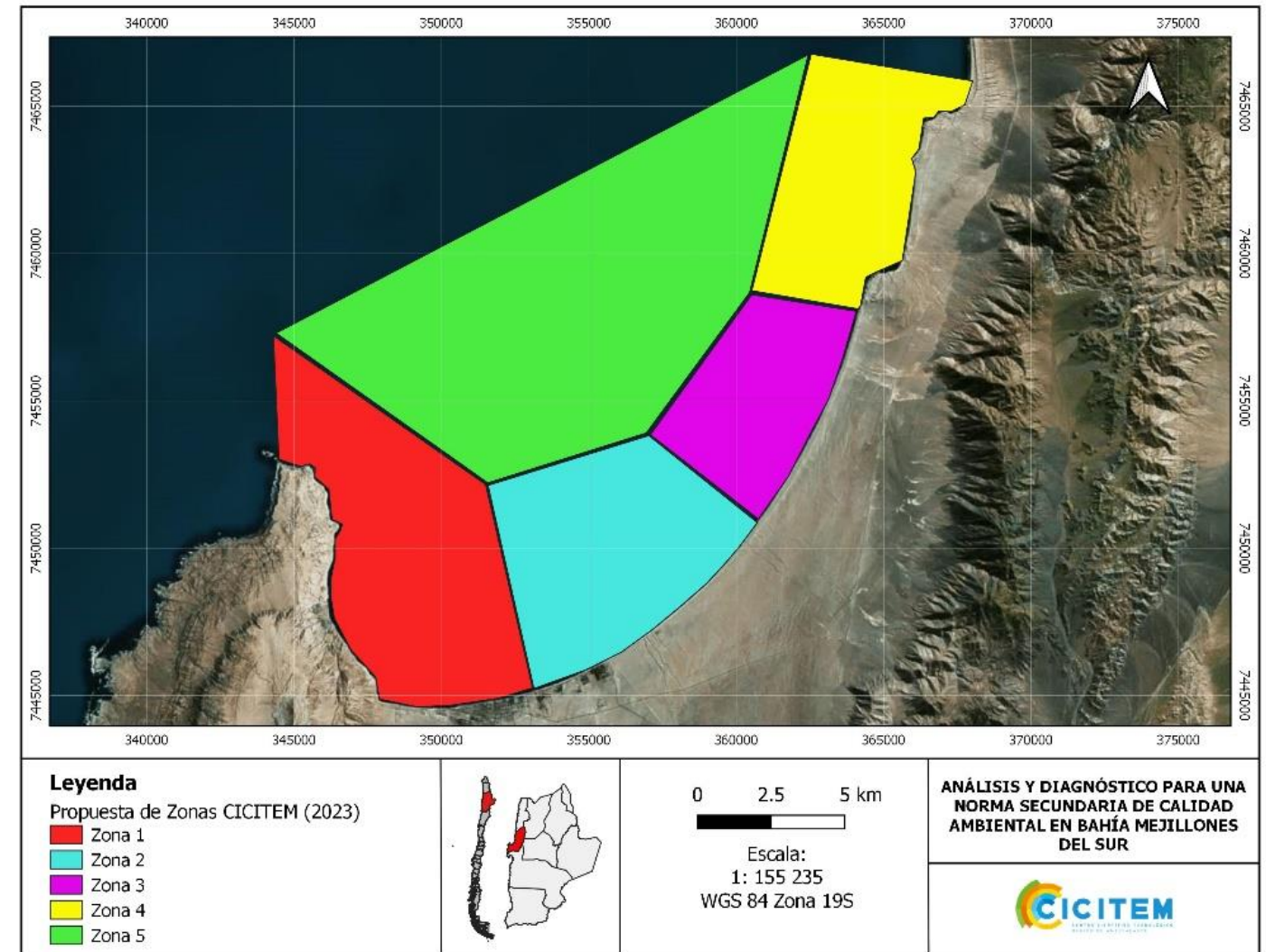
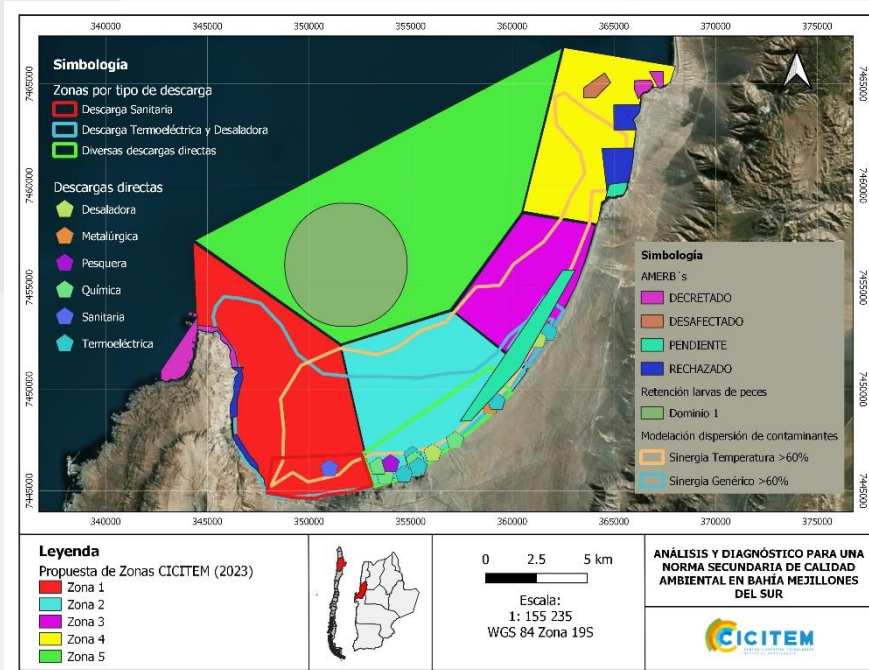
Áreas de retención de larvas de peces en el centro de la bahía (Rojas and Landaeta, 2014). Confluyen atributos de importancia ecológica y atributos comerciales con respecto a la extracción de recursos hidrobiológicos





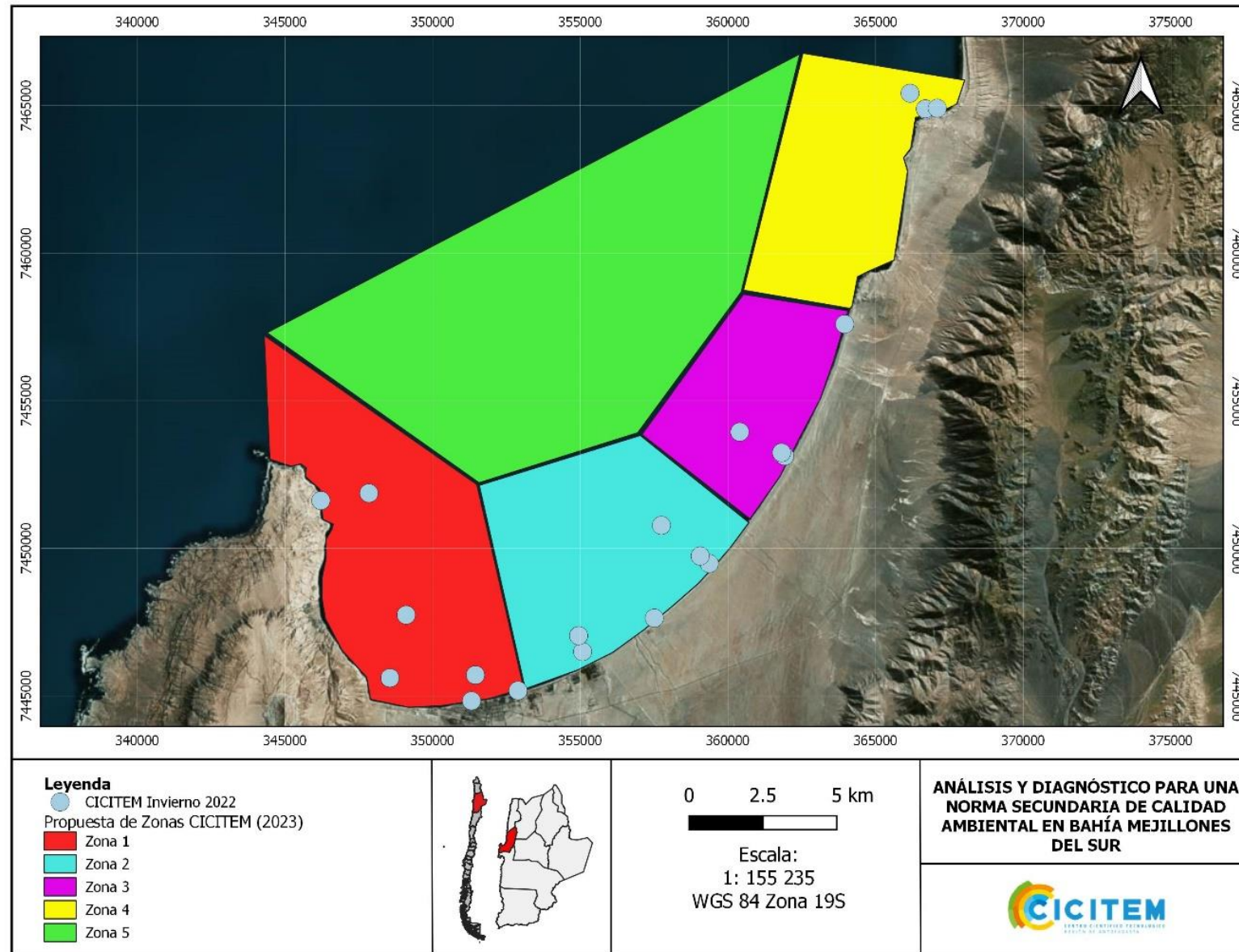
## Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

Con la información disponible y generada hasta la fecha, es posible realizar un ejercicio de integración de usos y criterios para definir zonas de interés para monitorear en contexto NSCA. Preliminarmente, se proponen 5 zonas de interés, de las cuales 4 presentan diversas descargas de fuentes directas y usos. La zona 5 se caracteriza por no presentar descargas de fuentes fijas ni difusas, además de presentar un área de interés ecológico.



# Zonificación de Bahía Mejillones del Sur

Queda espacialmente explícita la desarticulación entre el SMI utilizado actualmente (Propuesto por CEA, 2019) y el proceso de NSCA.



## SMI EN CONTEXTO NSCA

La propuesta de un SMI en contexto NSCA es **un proceso iterativo** que se irá ajustando hasta la entrega del informe final y que puede variar en función de la información recolectada y/o generada en objetivos a desarrollar posterior a la entrega del presente informe de avance N° 2.

Algunos de estos insumos, necesarios para ajustar el SMI preliminar propuesto y que forman parte del desarrollo metodológico de objetivos específicos posteriores, son:

- Determinación de objetos de protección
- Determinación de servicios ecosistémicos
- Valoración de dichos servicios ecosistémicos
- Determinación de zonas relevantes para la conservación
- Generación de tramas tróficas
- Definición de áreas de vigilancia

**Muchas Gracias  
por su Atención.**



**CICITEMCHILE**



**CICITEM\_CHILE**



**CICITEM\_CHILE**



**CICITEMCHILE**

Minera Michilla #530, Sector Industrial La Negra, Antofagasta

---