



# **Informe Ambiental de la Exploración Sísmica Offshore y Onshore del Proyecto Restinga Alí 3D, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina.**

**Capítulo Nº III – Línea de Base Medio Físico y Biológico**

Junio de 2014



Informe Ambiental de la  
Exploración Sísmica del  
Proyecto Offshore y  
Onshore Restinga Alí 3D,  
Comodoro Rivadavia,  
Chubut, Argentina.

*Capítulo N° III – Línea de Base  
Medio Físico y Biológico*

Junio de 2014

Ref. N° 0220105

En nombre y por cuenta de ERM Argentina S.A.

Preparado por: Emiliano Azcona

Aprobado por: Fabián M. Palmada. \_\_\_\_\_

Firmas:

Cargo: Director de Práctica y Socio. \_\_\_\_\_

Fecha: Junio de 2014. \_\_\_\_\_

Este documento ha sido elaborado por ERM Argentina con la debida competencia, diligencia y cuidado con arreglo a los términos del contrato estipulado con el Cliente y nuestras condiciones generales de suministro, utilizando los recursos concertados.

ERM Argentina declina toda responsabilidad ante el cliente o terceros por cualquier cuestión que no esté relacionada con lo anteriormente expuesto.

Este documento tiene carácter reservado para el Cliente. ERM Argentina no asume ninguna responsabilidad ante terceros que lleguen a conocer este informe o parte de él.



*La rúbrica: de Fabián Palmada, representante Técnico, presentada en el presente Informe Ambiental de Proyecto es equivalente a la firma completa de Fabián Palmada:*



## TABLA DE CONTENIDOS

1	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1	<b>OBJETIVO</b> .....	1
1.2	<b>ALCANCE</b> .....	1
1.3	<b>ESTRUCTURA DEL PRESENTE CAPÍTULO</b> .....	2
2	<b>MEDIO FÍSICO</b> .....	3
2.1	<b>CLIMATOLOGÍA</b> .....	3
2.1.1	<i>Introducción</i> .....	3
2.1.2	<i>Metodología</i> .....	3
2.1.3	<i>Desarrollo</i> .....	3
2.1.3.1	<i>Presión Atmosférica</i> .....	4
2.1.3.2	<i>Humedad</i> .....	4
2.1.3.3	<i>Temperatura</i> .....	5
2.1.3.4	<i>Precipitaciones</i> .....	6
2.1.3.5	<i>Vientos</i> .....	8
2.1.3.6	<i>Estabilidad</i> .....	10
2.2	<b>CALIDAD DE AIRE Y RUIDO</b> .....	11
2.2.1	<i>Calidad del Aire</i> .....	11
2.2.1.1	<i>Introducción</i> .....	11
2.2.1.2	<i>Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos antrópicas</i> .....	11
2.2.1.3	<i>Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos naturales</i> .....	12
2.2.2	<i>Ruido</i> .....	12
2.2.2.1	<i>Fuentes de emisión</i> .....	13
2.2.2.2	<i>Cálculo del ruido de fondo (Lc)</i> .....	13
2.3	<b>GEOLOGÍA</b> .....	16
2.3.1	<i>Introducción</i> .....	16
2.3.2	<i>Metodología</i> .....	16
2.3.3	<i>Desarrollo</i> .....	16
2.3.3.1	<i>Marco Regional</i> .....	16
2.3.3.2	<i>Geología Local</i> .....	17
2.3.3.3	<i>Sismos y Actividad Volcánica</i> .....	19
2.3.4	<i>Conclusiones</i> .....	20
2.4	<b>GEOMORFOLOGÍA</b> .....	21
2.4.1	<i>Introducción</i> .....	21
2.4.2	<i>Metodología</i> .....	21
2.4.3	<i>Desarrollo</i> .....	21
2.4.3.1	<i>Descripcion del área de estudio</i> .....	22
2.4.4	<i>Conclusiones</i> .....	26
2.5	<b>GEOMORFOLOGÍA COSTERA</b> .....	27
2.5.1	<i>Introducción</i> .....	27
2.5.2	<i>Metodología</i> .....	27
2.5.3	<i>Desarrollo</i> .....	27
2.5.3.1	<i>Geoformas de Erosión Marina</i> .....	28
2.5.3.2	<i>Geoformas de Acreción Marina</i> .....	31
2.5.3.3	<i>Erosión Hídrica</i> .....	33
2.5.3.4	<i>Zonificación de Riesgo</i> .....	34
2.5.4	<i>Conclusiones</i> .....	35
2.6	<b>TOPOGRAFÍA</b> .....	35

2.6.1	<i>Introducción</i> .....	35
2.6.2	<i>Metodología</i> .....	35
2.6.3	<i>Desarrollo</i> .....	35
2.6.3.1	<i>Relieve Abrupto</i> .....	36
2.6.3.2	<i>Relieve Ondulado</i> .....	36
2.6.3.3	<i>Relieve Suavemente Ondulado</i> .....	36
2.6.3.4	<i>Relieve Llano</i> .....	37
2.6.4	<i>Conclusiones</i> .....	37
2.7	<b>EDAFOLOGÍA</b> .....	37
2.7.1	<i>Introducción</i> .....	37
2.7.2	<i>Metodología</i> .....	37
2.7.3	<i>Desarrollo</i> .....	38
2.7.3.1	<i>Entisol</i> .....	39
2.7.3.2	<i>Aridisol</i> .....	41
2.7.3.3	<i>Molisoles</i> .....	43
2.7.4	<i>Conclusiones</i> .....	45
2.8	<b>HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA</b> .....	45
2.8.1	<i>Introducción</i> .....	45
2.8.2	<i>Metodología</i> .....	45
2.8.3	<i>Desarrollo</i> .....	46
2.8.3.1	<i>Aguas superficiales continentales</i> .....	46
2.8.3.2	<i>Aguas subterráneas</i> .....	47
2.8.4	<i>Conclusiones</i> .....	48
2.9	<b>OCEANOGRAFÍA</b> .....	49
2.9.1	<i>Introducción</i> .....	49
2.9.2	<i>Metodología</i> .....	49
2.9.3	<i>Desarrollo</i> .....	50
2.9.3.1	<i>Ubicación del Área de Estudio</i> .....	50
2.9.3.2	<i>Accidentes costeros</i> .....	51
2.9.3.3	<i>Batimetría</i> .....	52
2.9.3.4	<i>Caracterización Física de los Sedimentos Superficiales de Fondo</i> .....	54
2.9.3.5	<i>Caracterización Química de los Sedimentos Superficiales de Fondo</i> .....	57
2.9.3.6	<i>Clima de Olas</i> .....	70
2.9.3.7	<i>Mareas</i> .....	74
2.9.3.8	<i>Corrientes</i> .....	75
2.9.3.9	<i>Calidad de Agua</i> .....	82
2.9.3.10	<i>Ruido Ambiente</i> .....	90
3	<b>MEDIO BIOLÓGICO</b> .....	93
3.1	<b>FLORA</b> .....	93
3.1.1	<i>Introducción</i> .....	93
3.1.1.1	<i>Descripción general del área de estudio</i> .....	94
3.1.2	<i>Metodología</i> .....	101
3.1.2.1	<i>Diseño de muestreo</i> .....	102
3.1.2.2	<i>Metodología de muestreo de campo</i> .....	102
3.1.2.3	<i>Análisis estadístico</i> .....	103
3.1.3	<i>Resultados</i> .....	104
3.1.3.1	<i>Sitios de los censos de vegetación</i> .....	105
3.1.3.2	<i>Especies registradas</i> .....	106
3.1.3.3	<i>Altura promedio de las especies registradas</i> .....	109



3.1.3.4	<i>Cobertura vegetal</i> .....	111
3.1.3.5	<i>Abundancia de las especies registradas</i> .....	114
3.1.3.6	<i>Estratos vegetales</i> .....	115
3.1.3.7	<i>Índices de Diversidad</i> .....	117
3.1.4	<i>Conclusiones</i> .....	120
3.2	<b>FAUNA</b> .....	120
3.2.1	<i>Introducción</i> .....	120
3.2.1.1	<i>Antecedentes regionales</i> .....	120
3.2.2	<i>Metodología</i> .....	126
3.2.2.1	<i>Muestreo</i> .....	126
3.2.3	<i>Resultados</i> .....	131
3.2.3.1	<i>Especies registradas</i> .....	132
3.2.3.2	<i>Análisis Ecológico</i> .....	140
3.2.4	<i>Conclusión</i> .....	156
3.3	<b>BIOTA MARINA Y COSTERA</b> .....	159
3.3.1	<i>Introducción</i> .....	159
3.3.1.1	<i>Descripción General del Contexto Biológico del Golfo San Jorge</i> .....	159
3.3.1.2	<i>Descripción general del área de exploración sísmica</i> ..	160
3.3.1.3	<i>Diseño y metodología general de muestreo</i> .....	164
3.3.2	<i>Descripcion del componente biotico (informacion bibliografica)</i> .....	165
3.3.2.1	<i>Biota plantónica</i> .....	165
3.3.2.2	<i>Comunidad íctica</i> .....	169
3.3.2.3	<i>Comunidad bentonica</i> .....	177
3.3.2.4	<i>Aves Marinas y Costeras</i> .....	182
3.3.2.5	<i>Mamíferos Marinos</i> .....	187
3.3.2.6	<i>Áreas Protegidas</i> .....	195
3.3.3	<i>Resultados de campaña</i> .....	195
3.3.3.1	<i>Comunidad Bentónica</i> .....	195
3.3.3.2	<i>Aves Marinas Y Costeras</i> .....	197
3.3.3.3	<i>Mamíferos Marinos</i> .....	202
3.3.4	<i>Conclusiones</i> .....	205
3.3.4.1	<i>Consideraciones a nivel ecosistema</i> .....	205
3.3.4.2	<i>Comunidad Plantónica</i> .....	206
3.3.4.3	<i>Comunidad Íctica</i> .....	206
3.3.4.4	<i>Comunidad Bentónica</i> .....	206
3.3.4.5	<i>Aves Marinas y Costeras</i> .....	208
3.3.4.6	<i>Mamíferos Marinos</i> .....	208
4	<b>PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL</b> .....	210
4.1	<b>ARQUEOLOGÍA</b> .....	210
4.1.1	<i>Introducción</i> .....	210
4.1.1.1	<i>Área de Estudio</i> .....	210
4.1.1.2	<i>Aspectos geomorfológicos - fitogeográficos</i> .....	211
4.1.1.3	<i>Características generales del Área de estudio</i> .....	211
4.1.2	<i>Antecedentes arqueológicos de la región</i> .....	212
4.1.3	<i>Metodología aplicada</i> .....	215
4.1.4	<i>Resultados</i> .....	216
4.1.4.1	<i>Descrpción general de los hallazgos arqueológicos</i> .....	216
4.1.4.2	<i>Estado patrimonial de los hallazgos arqueológicos</i> ...	218
4.1.4.3	<i>Sitios de interés patrimonial</i> .....	220

4.1.5	<i>Conclusiones</i> .....	220
4.2	<i>PALEONTOLOGÍA</i> .....	221
4.2.1	<i>Introducción</i> .....	221
4.2.2	<i>Metodología y objetivos</i> .....	222
4.2.3	<i>Contexto del área de estudio</i> .....	223
4.2.3.1	<i>Síntesis geomorfológica</i> .....	223
4.2.3.2	<i>Síntesis estratigráfica</i> .....	223
4.2.4	<i>Antecedentes paleontológicos</i> .....	224
4.2.5	<i>Desarrollo y resultados</i> .....	227
4.2.6	<i>Conclusiones</i> .....	229
5	<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	231

### LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 1:	Presiones medias mensuales (hPa). Período 1991-2010...	4
Tabla N° 2:	Humedad relativa media mensual en porcentaje (%). Período 1991-2010 .....	4
Tabla N° 3:	Temperaturas medias mensuales, máximas medias, máximas absolutas, mínimas medias, y mínimas absolutas (°C). Período 1991-2010 .....	5
Tabla N° 4:	Precipitación media mensual. Período 1991-2010 .....	6
Tabla N° 5:	Número medio mensual de días con nevadas. Período 1991-2010.....	7
Tabla N° 6:	Número medio mensual de días con granizo. Período 1991-2010.....	7
Tabla N° 7:	Número medio mensual de días con nieblas. Período 1991-2010.....	7
Tabla N° 8:	Frecuencia de Direcciones (F) y Velocidad Media por Dirección (VM) en escala de 1000. Período 1991-2010 C. Rivadavia .....	9
Tabla N° 9:	Parámetros para cuantificar la estabilidad de la masa de aire.....	10
Tabla N° 10:	Ruido de Fondo calculado para distintos tipos de zonas .....	15
Tabla N° 11:	Características superficiales por formación.....	20
Tabla N° 12:	Características geomórficas observables.....	26
Tabla N° 13:	Ubicación Calicatas .....	39
Tabla N° 14:	Características morfológicas del perfil de la Calicata	140
Tabla N° 15:	Características físico-químicas – Calicata 1 .....	40
Tabla N° 16:	Características morfológicas del perfil de la Calicata	242
Tabla N° 17:	Características físico-químicas – Calicata 2 .....	43
Tabla N° 18:	Características morfológicas del perfil de la Calicata	344
Tabla N° 19:	Características físico-químicas – Calicata 3 .....	44
Tabla N° 20:	Referencias cartográficas utilizadas en el presente estudio .....	52
Tabla N° 21:	Distribución horizontal de la concentración de MOT (%) en sedimentos para el Golfo San Jorge .....	59
Tabla N° 22:	Distribución horizontal de la concentración de MOT (%) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9..	59

Tabla N° 23: Distribución horizontal de la concentración de COT (%) en sedimentos para el Golfo San Jorge .....	60
Tabla N° 24: Distribución horizontal de la concentración de COT (%) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9.....	61
Tabla N° 25: Distribución horizontal de la concentración de NT (%) en sedimentos para el Golfo San Jorge .....	62
Tabla N° 26: Distribución horizontal de la concentración de COT (%) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9.....	62
Tabla N° 27: Distribución horizontal de la relación C:N en sedimentos para el Golfo San Jorge.....	63
Tabla N° 28: Distribución horizontal de la relación C:N en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9 .....	64
Tabla N° 29: Distribución horizontal de la concentración de Clorofila a (µg/g) en sedimentos para el Golfo San Jorge.....	65
Tabla N° 30: Distribución horizontal de la concentración de Clorofila a (µg/g) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9 .....	65
Tabla N° 31: Distribución horizontal de la concentración de Feopigmentos (µg/g) en sedimentos para el Golfo San Jorge...	66
Tabla N° 32: Distribución horizontal de la concentración de Feopigmentos (µg/g) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9.....	67
Tabla N° 33: Niveles internacionales de referencia.....	67
Tabla N° 34: Estación, lugar y fecha de muestreo .....	68
Tabla N° 35: Características de los sedimentos muestreados.....	68
Tabla N° 36: Concentración de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones .....	68
Tabla N° 37: Concentraciones de hidrocarburos aromáticos totales	69
Tabla N° 38: Características básicas del sistema de modelado de olas NMWW3 .....	70
Tabla N° 39: Predicción de Marea para el año 2014 en el Puerto de Comodoro Rivadavia con referencia a la Carta argentina H-357 A y B .....	74
Tabla N° 40: Concentraciones máximas, mínimas y medias de Fosfatos, Silicatos y Nitratos (umol/l).....	89
Tabla N° 41: Sitios seleccionados dentro del área de estudio para los censos de vegetación .....	105
Tabla N° 42: Listado total de géneros y especies vegetales relevadas en el área de estudio .....	106
Tabla N° 43: Estado de conservación de algunas especies del área de estudio .....	108
Tabla N° 44: Altura promedio por especie.....	109
Tabla N° 45: Porcentaje de cobertura en censos del área de estudio .....	112
Tabla N° 46: Fisonomía de la vegetación en relación al paisaje .....	113
Tabla N° 47: Abundancia relativa .....	114
Tabla N° 48: Estratos vegetales identificados en el área de estudio	116
Tabla N° 49: Índices de Diversidad en censos de planicie.....	117
Tabla N° 50: Índices de Diversidad en censos de laderas.....	118

Tabla N° 51: Índices de Diversidad en censos de cañadones .....	119
Tabla N° 52: Coordenadas de Transectas a pie (TP) .....	129
Tabla N° 53: Coordenadas de Transectas de Marcha (TM) .....	129
Tabla N° 54: Coordenadas de Sitios POF .....	130
Tabla N° 55: Listado total de especies registradas en la zona de estudio por principales taxones .....	133
Tabla N° 56: Registro de signos directos e indirectos por especie identificada .....	134
Tabla N° 57: Especies y número de ejemplares observados en TM	137
Tabla N° 58: Especies y número de ejemplares censados en POF..	138
Tabla N° 59: Avistaje directo – Número de ejemplares identificados por especie .....	139
Tabla N° 60: Índices de Diversidad de avistajes directos en TP .....	142
Tabla N° 61: Índices de Diversidad TPa en planicies .....	143
Tabla N° 62: Índices de Diversidad en censos de laderas.....	143
Tabla N° 63: Índices de Diversidad en censos de cañadones .....	144
Tabla N° 64: Índices de Diversidad de signos indirectos en TP.....	147
Tabla N° 65: Índices de Diversidad en TPs de planicie.....	148
Tabla N° 66: Índices de Diversidad en censos de laderas.....	148
Tabla N° 67: Índices de Diversidad en censos de cañadones.....	149
Tabla N° 68: Índices de Diversidad de avistajes directos en TM....	152
Tabla N° 69: Índices de Diversidad de avistajes directos en POF...	153
Tabla N° 70: Índices de Diversidad de avistajes directos en TP+TM+POF.....	155
Tabla N° 71: Lista taxonómica de especies de peces capturadas como captura incidental en la pesquería de langostino por la flota congeladora tanguera.....	171
Tabla N° 72: Aves marinas asignadas a alguna categoría de amenaza de conservación por organismos internacionales .....	186
Tabla N° 73: Especies de mamíferos marinos citadas para el Golfo San Jorge y su estado de conservación .....	188
Tabla N° 74: Frecuencias de ocurrencia (%) de la avifauna marino-costera y estados de conservación.....	198
Tabla N° 75: Especies y abundancias (n° de individuos) de aves registradas en cada estación de muestreo (latitud/longitud)	199
Tabla N° 76: Planilla de registro de hallazgos arqueológicos.....	216
Tabla N° 77: Estado patrimonial de los hallazgos arqueológicos...	219
Tabla N° 78: Unidades y edades comprendidas por la Formación (o Grupo) Sarmiento .....	226
Tabla N° 79: Escala cronoestratigráfica modificada de Gradstein et al. (2004). .....	227
Tabla N° 80: Ubicación de sitios relevados y hallazgos .....	229

### **LISTADO DE FIGURAS**

Figura N° 1: Humedad relativa media mensual. Período: 1991-2010	4
Figura N° 2: Temperatura media mensual. Período: 1991-2010.....	6
Figura N° 3: Precipitación media mensual. Período: 1991-2010.....	7
Figura N° 4: Rosa de los vientos. Período 1991-2010. C. Rivadavia	10

Figura N° 5: Cuadro Estratigráfico.....	18
Figura N° 6: Ubicación del Área de Exploración Sísmica en el Golfo San Jorge.....	50
Figura N° 7: Accidentes costeros del área correspondiente al proyecto Restinga Alí Offshore.....	51
Figura N° 8: Batimetría del área en estudio .....	53
Figura N° 9: Sectores del Golfo San Jorge según la granulometría de los sedimentos .....	55
Figura N° 10: Granulometría media de los sedimentos según la clasificación de Wentworth para el área de Golfo San Jorge y ubicación de las estaciones de muestreo .....	56
Figura N° 11: Tipos de sedimentos presentes en la zona del proyecto según las cartas náuticas del SHN.....	57
Figura N° 12: Distribución horizontal de MOT (%) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge .....	58
Figura N° 13: Distribución horizontal de NT (%) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge .....	61
Figura N° 14: Distribución horizontal de la concentración de Clorofila a ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge.....	64
Figura N° 15: Distribución horizontal de la concentración de Feopigmentos ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge.....	66
Figura N° 16: Altura significativa de ola media para Golfo San Jorge .....	71
Figura N° 17: Puntos seleccionados para obtener datos de olas, mareas y corrientes de modelos globales .....	72
Figura N° 18: Serie de tiempo de altura significativa para el período febrero 2005 a noviembre 2013, en el punto 1 de la Figura N° 17 .....	72
Figura N° 19: Rosa de altura significativa por dirección (izquierda) y de período de pico espectral por dirección (derecha) en el punto 1 de la Figura N° 17.....	73
Figura N° 20: Diagrama de dispersión altura significativa vs. período de pico espectral en el punto 1 de la Figura N° 17 .....	73
Figura N° 21: Predicción del Nivel Medio del Mar para un Ciclo de Metón en el punto 1 de la Figura N° 17 .....	75
Figura N° 22: Predicción del Nivel Medio del Mar para marzo de 1997 en el punto 1 de la Figura N° 17 .....	75
Figura N° 23: Esquema de un Mini derivador del Programa Global de Derivadores .....	76
Figura N° 24: Trayectorias de derivadores dentro del área en estudio y adyacencias.....	77
Figura N° 25: Rosa de Corrientes por dirección obtenida con datos de derivadores GDP .....	78
Figura N° 26: Perfiles medios de velocidad de corriente obtenidos del modelo HYCOM.....	79
Figura N° 27: Rosas de corrientes por dirección para el punto N de la Figura N° 17, en superficie (izquierda), media agua (derecha) y	

fondo (abajo).....	80
Figura N° 28: Rosas de corrientes por dirección para el punto S de la Figura N° 17, en superficie (izquierda), media agua (derecha) y fondo (abajo).....	81
Figura N° 29: Corrientes de marea del modelo TPXO, en el área de proyecto.....	81
Figura N° 30: Campos medios de temperatura del agua de mar obtenidos con datos WOD13.....	83
Figura N° 31: Campos medios de salinidad obtenidos con datos WOD13 .....	84
Figura N° 32: Perfiles de temperatura en Golfo San Jorge obtenidos con datos WOD13 .....	85
Figura N° 33: Perfiles de salinidad en Golfo San Jorge obtenidos con datos WOD13 .....	86
Figura N° 34: Perfiles de oxígeno disuelto en Golfo San Jorge obtenidos con datos WOD13.....	86
Figura N° 35: Posición de las estaciones de muestreo de pH de la base de datos del CEADO para el período 1936-1970 .....	87
Figura N° 36: Posición de la estaciones de muestreo de Nitratos, Fosfatos y Silicatos de la base de datos del CEADO, para el período 1936-1970 .....	88
Figura N° 37: Perfil de turbidez registrados en la Estación OBS Z13 .....	90
Figura N° 38: Unidades de vegetación de la Patagonia extra andina .....	93
Figura N° 39: Áreas Agroecológicas de Chubut.....	95
Figura N° 40: Altura promedio por especie .....	111
Figura N° 41: Porcentaje promedio de cobertura de las fisonomías vegetales del área.....	113
Figura N° 42: Abundancia relativa de las principales especies del área de estudio. ....	115
Figura N° 43: Cobertura de los estratos del área de estudio .....	117
Figura N° 44: Índices de Diversidad en censos de planicie .....	118
Figura N° 45: Índices de Diversidad en censos de laderas .....	118
Figura N° 46: Índices de Diversidad en censos de cañadones .....	119
Figura N° 47: División de la Argentina en Provincias Biogeográficas .....	121
Figura N° 48: Mapa de zonas ornitogeográficas de la Argentina ...	125
Figura N° 49: Porcentajes de Abundancia relativa en TPa .....	141
Figura N° 50: Índices de Diversidad de avistajes directos en TP ....	142
Figura N° 51: Índices de Diversidad en censos de planicie .....	143
Figura N° 52: Índices de Diversidad en censos de laderas .....	144
Figura N° 53: Índices de Diversidad en censos de cañadones .....	144
Figura N° 54: Índices de Riqueza en base a avistajes directos en TP .....	145
Figura N° 55: Abundancia relativa de signos indirectos en TP.....	146
Figura N° 56: Índices de Diversidad de signos indirectos en TP ....	147
Figura N° 57: Índices de Diversidad en censos de planicie .....	148
Figura N° 58: Índices de Diversidad en censos de laderas .....	149

Figura N° 59: Índices de Diversidad en censos de cañadones. ....	150
Figura N° 60: Índices de Riqueza de signos indirectos en TP .....	150
Figura N° 61: Abundancia relativa de avistajes directos en TM .....	151
Figura N° 62: Índices de Diversidad de avistajes directos en TM ..	152
Figura N° 63: Abundancia relativa de avistajes directos en POF ...	153
Figura N° 64: Índices de Diversidad de avistajes directos en POF.	154
Figura N° 65: Abundancia relativa de avistajes directos en TP+TM+POF.....	154
Figura N° 66: Índices de Diversidad de avistajes directos en TP+TM+POF.....	155
Figura N° 67: Tipos de intermareales localizados en el área de estudio .....	161
Figura N° 68: Intermareal de fondo duro.....	162
Figura N° 69: Intermareales de fondo blando .....	163
Figura N° 70: Mapa del AICA CU06 Comodoro Rivadavia.....	164
Figura N° 71: Diagrama esquemático del patrón estacional de eventos de mezcla y estratificación de la columna de agua ....	166
Figura N° 72: Concentración de Clorofila a por estación del año...	167
Figura N° 73: Distribución de larvas y adultos reproductores de merluza común .....	174
Figura N° 74: Asociaciones bentónicas en la plataforma continental .....	178
Figura N° 75: Desplazamientos del langostino en el Golfo San Jorge .....	180
Figura N° 76: Estaciones de muestreo en las que se detectó la presencia de huevos y/o larvas del langostino patagónico a lo largo de los años.....	181
Figura N° 77: Colonia de Gaviotín sudamericano en el Puerto de Caleta Córdova.....	197
Figura N° 78: Plataforma de asentamiento de aves en el Puerto de Comodoro Rivadavia .....	198
Figura N° 79: Sitios de muestreo y área de uso estimada de las aves marinas y acuáticas relevadas.....	202
Figura N° 80: Puerto de Caleta Córdova.....	203
Figura N° 81: Puerto de Comodoro Rivadavia.....	204
Figura N° 82: Monoboya de Comodoro Rivadavia .....	205

### *LISTADOS DE FOTOS*

Foto N° 1: Bad land.....	23
Foto N° 2: Planicies estructurales .....	24
Foto N° 3: Laderas .....	25
Foto N° 4: Acantilado activo .....	30
Foto N° 5: Cuevas .....	30
Foto N° 6: Playa de grava .....	31
Foto N° 7: Restinga .....	31
Foto N° 8: Bad land.....	36
Foto N° 9: Perfil expuesto en la Calicata 1 – 50cm – Tomada el 18 de Marzo 2014.....	40

Foto N° 10: Perfil expuesto en la Calicata 2 – 40cm – Tomada el 18 de Marzo 2014.....	42
Foto N° 11: Perfil expuesto en la Calicata 3 – 70cm – Tomada el 19 de Marzo 2014.....	44
Foto N° 12: Cauce temporario.....	47
Foto N° 13: Cárcavas sobre borde de camino .....	47
Foto N° 14: Malaspina (Retanilla patagonica) .....	94
Foto N° 15: Duraznillo (Colliguaja integerrima).....	94
Foto N° 16: Coirón amargo (Stipa speciosa) .....	96
Foto N° 17: Tomillo (Acantholippia seriphioides).....	96
Foto N° 18: Sulupe (Ephedra ochreate) .....	97
Foto N° 19: Calafate (Berberis heterophylla) .....	98
Foto N° 20: Mata salada (Frankenia patagónica) .....	99
Foto N° 21: Uña de gato (Chuquiraga aurea) .....	100
Foto N° 22: Molle (Schinus johnstonii) .....	101
Foto N° 23: Área del estudio. Sector al N de Caleta Córdova.....	101
Foto N° 24: Martineta común (Eudromia elegans) observada en el área de estudio .....	122
Foto N° 25: Nido de canastero (Asthenes sp) observada en el área de estudio .....	123
Foto N° 26: Zorro colorado (Psaudalopex culpaeus) observada en el área de estudio .....	124
Foto N° 27: Águila mora (Geranoaetus melanoleucus) observada en el área de estudio .....	126
Foto N° 28: Cueva de tuco-tuco (Ctenomys sp.) observada en el área de estudio.....	132
Foto N° 29: Signos indirectos de fauna doméstica dentro del área de estudio .....	134
Foto N° 30: Signos indirectos de especies identificadas en el área de estudio .....	136
Foto N° 31: Águila mora (Geranoaetus melanoleucus) observada en el área de estudio .....	137
Foto N° 32: Comesebo (Phrygilus gayi) observada en el área de estudio en POF .....	138
Foto N° 33: a) Vistas varias del área del proyecto. b) Sector de costa (S de Caleta Córdova) y planicie N.....	211
Foto N° 34: a) Sector central de Comodoro Rivadavia y b) N de Caleta Cordova, respectivamente.....	212
Foto N° 35: a) Material lítico. ArqS-1 y b) Material lítico. ArqS-3..	217
Foto N° 36: a) Material lítico asociado a restos malacológicos. ArqS-1 y b) Material lítico asociado a restos malacológicos. ArqS-3...	217
Foto N° 37: Paisajes tipo con presencia de hallazgos. a) ArqS-1 y b) ArqS-4.....	218
Foto N° 38: a) y b) Moluscos de la especie Ameghinomya antiqua y del género Gro-Fissurella. ArqS-1 y 3, respectivamente .....	218
Foto N° 39: a) Camino sobre el sector de los hallazgos ArqS-3 y b) Carcavamiento. ....	220



## LISTADO DE ANEXOS

### *Anexo III -1: Mapas*

- Mapa de Infraestructura
- Mapa de Topografía y Drenajes
- Mapa de Geomorfología
- Mapa de Sensibilidad Geomorfológica
- Mapa de Geomorfología Costera
- Mapa de Geología
- Mapa de Sensibilidad Geológica
- Mapas de Suelos
- Mapa de Sensibilidad Edáfica
- Mapa de Vegetación y ubicación de puntos de relevamiento biológico
- Mapa de Sensibilidad Biológica Terrestre
- Mapa de Áreas de Importancia para el Plancton
- Mapa de Sensibilidad de Bentos
- Mapa de Aves y Mamíferos Marinos
- Mapa de Áreas Protegidas
- Mapa de Muestreo Arqueológico
- Mapa de Sensibilidad Arqueológica
- Mapa de Muestreo Paleontológico
- Mapa de Sensibilidad Paleontológica

### *Anexo III-2: Flora*

- **Anexo Flora-A:** Fotografías de los sitios de censos de vegetación
- **Anexo Flora-B:** Fotografías de las especies registradas en los censos de vegetación en el área de estudio
- **Anexo Flora-C:** Fotografías de las fisonomías del área de estudio
- **Anexo Flora-D:** Fotografías de las fisonomías impactadas del área de estudio
- **Anexo Flora-E:** Fotografías de los diferentes paisajes registrados en el área de estudio

### *Anexo III-3: Fauna*

- **Anexo Fauna-A:** Listado de aves, mamíferos y reptiles, y su estado de conservación
- **Anexo Fauna-B:** Fotografías de los sitios de censos de Fauna
- **Anexo Fauna-C:** Censos de Fauna. Transectas TPa – Avistajes directos
- **Anexo Fauna-D:** Censos de Fauna. Transectas TPs – Signos indirectos
- **Anexo Fauna-E:** Censos de Fauna. Puntos de Observación Fijos (POF) - Avistajes
- **Anexo Fauna-F:** Censos de Fauna. Transecta de Marcha (TM.) – Avistajes
- **Anexo Fauna-G:** Censos de Fauna –TP+TM+POF – Avistajes

totales

***Anexo III-4: Biota Marina***

- **Anexo *Biota Marina* -A:** Mamíferos marinos
- **Anexo *Biota Marina* -B:** Peces
- **Anexo *Biota Marina* -C:** Aves
- **Anexo *Biota Marina* -D:** Bentos

***Anexo III-5: Arqueología***

- **Anexo *Arqueología*-A:** Georreferenciación de los puntos de muestreo
- **Anexo *Arqueología*-B:** Autorización para la elaboración de ELBArq (COPIA)
- **Anexo *Arqueología*-C:** Normativa aplicable – Patrimonio Arqueológico
- **Anexo *Arqueología*-D:** Glosario

***Anexo III-6 Paleontología***

- **Anexo *Paleontología*-A:** Registro fotográfico

En el presente capítulo se desarrolla la Línea de Base Ambiental del Informe Ambiental del proyecto de Exploración Sísmica 3D Offshore y Onshore de YPF S.A. (en adelante YPF), a realizarse en la ciudad de Comodoro Rivadavia, provincia de Chubut, Argentina. En éste se describen y analizan las características de los medio físico, biológico y de patrimonio cultural y natural del área donde se implementará el proyecto de exploración sísmica.

La Línea de Base Ambiental ha sido desarrollada considerando información provista por YPF, informaciones disponibles de instituciones públicas y organismos oficiales, y datos generados como resultado de las campañas de relevamiento, tanto del sector offshore como onshore, realizadas por el equipo de profesionales de ERM y sus consultores externos sobre parte del Área de Estudio.

Las campañas han comprendido relevamientos de biota marina y terrestre, geológicos y edafológicos, relevamientos de sitios arqueológicos, y relevamientos de sitios y patrimonios paleontológicos.

### **1.1**

#### **OBJETIVO**

La presente Línea de Base tiene como objetivo constituir un documento en el que se reflejen adecuadamente las características ambientales del área con el propósito de ser utilizada en la evaluación de los impactos ambientales del proyecto. En particular, se presentan los resultados del trabajo interdisciplinario de los profesionales de ERM y sus consultores externos.

Mediante el análisis de la presente Línea de Base, los datos del proyecto provistos por YPF, se evaluarán los potenciales impactos ambientales y sociales y se propondrán acciones correctivas para la mitigación de los mismos.

### **1.2**

#### **ALCANCE**

El alcance de la Línea de Base Ambiental corresponde la zona definida como "Áreas de Exploración Sísmica". La misma comprende parte del Golfo San Jorge, próxima a la ciudad de Comodoro Rivadavia y hacia el N de la misma hasta Punta Novalés. El proyecto exploratorio incluye un sector en el mar, hasta los 55 m de profundidad, y otra sector en tierra, abarcando el Centro de la ciudad de Comodoro Rivadavia y los Barrios de la zona N.

En el Anexo I-A del Capítulo N° I se ha presentado el "Mapa de Ubicación General" con la definición del Área de Estudio.

### 1.3

#### *ESTRUCTURA DEL PRESENTE CAPÍTULO*

El presente informe ha sido estructurado en 3 apartados principales: Medio Físico, Medio Biológico y Patrimonio Cultural y Natural. Se incluyen, para el Medio Físico, las siguientes secciones:

- Climatología;
- Calidad de Aire y Ruido;
- Geología;
- Geomorfología;
- Geomorfología Costera;
- Topografía;
- Edafología;
- Hidrología e Hidrogeología; y
- Oceanografía Física.

Para el Medio Biológico se han considerado los siguientes aspectos bióticos particulares:

- Flora;
- Fauna;
- Biota Marina y Costera; y
- Áreas Protegidas.

Por último, para el Patrimonio Cultural y Natural se incluyen las siguientes secciones:

- Arqueología; y
- Paleontología.

Los anexos incluidos en el presente capítulo fueron organizados por disciplinas de acuerdo al siguiente listado:

- Anexo III -1: Mapas
- Anexo III-2: Flora
- Anexo III-3: Fauna
- Anexo III-4: Biota Marina
- Anexo III-5: Arqueología
- Anexo III-6: Paleontología

## 2 *MEDIO FÍSICO*

### 2.1 *CLIMATOLOGÍA*

#### 2.1.1 *Introducción*

Los objetivos de la presente caracterización climatológica son: determinar el rango de variación de los parámetros meteorológicos básicos y clasificar el tipo de clima imperante en el Área de Estudio.

#### 2.1.2 *Metodología*

La determinación del clima en el Área de Estudio se basa en la evaluación estadística de los registros meteorológicos locales.

Para determinar la climatología del área se ha optado por la información de la estación meteorológica de Comodoro Rivadavia (Estación N° 87.860) perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional y ubicada en el aeropuerto de la Ciudad de Comodoro Rivadavia (Latitud 45° 47' S, Longitud 67° 30' W, altura = 61 msnm), sito dentro del área en estudio.

Para el presente estudio, se tomado como base de datos la información recopilada en un período de 20 años, que abarca desde enero de 1991 hasta diciembre de 2010, considerado apropiado para los objetivos de esta caracterización.

#### 2.1.3 *Desarrollo*

El área de estudio presenta un clima árido patagónico según la clasificación climática de Köppen, caracterizado por inviernos fríos y oscilaciones térmicas anuales grandes, típicamente desértico, con paisajes áridos, déficit hídrico (precipitación anual inferior a los 400 mm); vientos fuertes y constantes del W y el paso de frecuentes sistemas frontales, debido a que se encuentra próxima a la latitud 60°, zona en la que se ubica el cinturón de bajas presiones o ciclones subpolares.

Esta región se caracteriza por su elevada nubosidad en relación a la escasa precipitación, siendo el número mensual de días con lluvias menor a los 10 (diez). Estas precipitaciones tienen la particularidad que se presentan en forma aislada y de intensidad baja y escaso volumen. Las tormentas eléctricas se presentan muy raramente, y en época estival.

Entre los meses de noviembre-abril se desarrolla una estación ventosa con tiempo seco y temperatura agradable, que se diferencia de otra estación, entre mayo-octubre, también ventosa pero con tiempo frío y seco acompañado de nevadas con mayor intensidad hacia el interior de la costa.

Dada la latitud del área de estudio cabe destacar las diferentes condiciones de heliofanía, que durante el verano hace que la luz solar permanezca casi 16 hs, mientras que en los meses invernales las horas de sol disminuyen a solo 8 hs aproximadamente.

### 2.1.3.1 Presión Atmosférica

En la siguiente Tabla se presentan los datos correspondientes a las presiones medias mensuales. En el área de estudio esta variable se encuentra regida por el continuo pasaje de las bajas subsolares. Los valores mínimos se ubican en los meses estivales, debido a que se insinúa una baja térmica durante este período.

Tabla N° 1: Presiones medias mensuales (hPa). Período 1991-2010

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Presión media (hPa)	1001,7	1003,7	1004,2	1004,1	1005,8	1004,5	1006,4	1006,6	1007,7	1004,6	1002,8	1001,3	1004,5

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.

### 2.1.3.2 Humedad

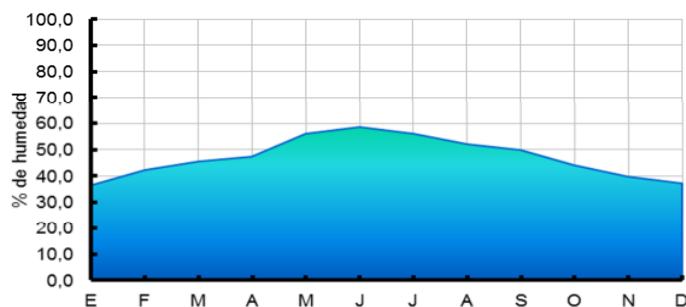
La humedad relativa anual presenta valores bajos (ver Tabla N° 2); lo que hace que la atmósfera se torne bastante diáfana. La media anual de humedad relativa es de 47,3%, presentando los máximos porcentajes en invierno. En todos los ambientes sin excepción, la humedad relativa es menor en verano por las mayores temperaturas. El grado de saturación del aire presenta escasa diferencia entre los promedios mensuales. Los valores medios más altos corresponden a junio con 58,7% y el mínimo a enero con 36,5%.

Tabla N° 2: Humedad relativa media mensual en porcentaje (%). Período 1991-2010

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Humedad Rel. (%)	36,5	42,6	45,8	47,6	56,1	58,7	56,2	52,1	50,2	44,3	40,0	37,5	47,3

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. . Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.

Figura N° 1: Humedad relativa media mensual. Período: 1991-2010



Fuente: ERM en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia

### 2.1.3.3 *Temperatura*

Uno de los principales factores que afecta la temperatura media de la región patagónica son las corrientes frías de los océanos que la rodean (Pacífico y Atlántico). La costa Atlántica está bajo la influencia de la corriente de Malvinas, rama de la corriente marina circumpolar antártica. Allí, las temperaturas medias son sensiblemente menores a las correspondientes por la latitud.

Al estudiar las temperaturas medias mensuales se observa una marcha anual caracterizada por una onda bien marcada con valores máximos en el período de verano y mínimos en los meses invernales. Según los datos de la Estación de Comodoro Rivadavia para el período estudiado la temperatura media anual es de 13°C.

**Tabla N° 3: Temperaturas medias mensuales, máximas medias, máximas absolutas, mínimas medias, y mínimas absolutas (°C). Período 1991-2010**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<i>Media mensual(°C )</i>	19,7	18,6	16,5	13,3	9,7	6,9	6,6	8,0	10,1	13,1	15,6	18,1	13,0
<i>Máxima Media (°C )</i>	21,3	20,6	17,8	14,0	11,7	9,2	9,7	9,7	12,0	14,7	17,3	19,9	13,9
<i>Mínima Media (°C )</i>	18,1	16,4	14,4	12,2	7,3	4,3	3,8	6,0	7,8	11,7	14,1	16,1	12,1

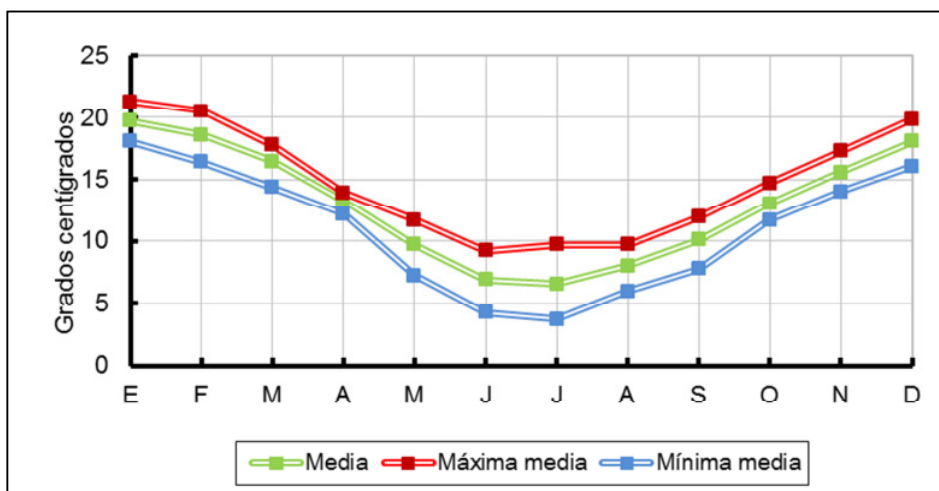
*Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.*

Al promediar las temperaturas diarias para un determinado mes a lo largo de 20 años, es posible enmascarar la variabilidad de los datos y por lo tanto la rigurosidad del clima. Es por ello que es conveniente analizar los valores extremos que se observaron en la estación meteorológica de Comodoro Rivadavia, tanto los valores máximos como mínimos.

Al analizar las temperaturas, se observa que el mes con mayor temperatura máxima promedio es Enero, con 21,3 °C (coincidente con la temperatura promedio anual, diferenciándose de esta en 1,6°C).

En cuanto a los valores mínimos de temperaturas, se observa que las mínimas medias no muestran valores por debajo de los 0 °C, y no superan los 8°C durante el período Mayo-Septiembre, siendo Julio el mes más frío con 3,8 °C (mes más frío en coincidencia con la temperatura media promedio).

Figura N° 2: Temperatura media mensual. Período: 1991-2010



Fuente: ERM en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia

#### 2.1.3.4 Precipitaciones

Como se mencionó anteriormente, los vientos más intensos de la región probablemente estén asociados al pasaje de sistemas frontales, que asociados a centros de baja presión, dan origen a las precipitaciones. Las mayores precipitaciones se observan durante la época de otoño – invierno.

Comodoro Rivadavia presenta una precipitación acumulada anual aproximada de 257 mm (Tabla N° 4). Las cantidades medias mensuales son bastante bajas; el máximo valor medio en Comodoro Rivadavia es de 42,05 mm (mes de Mayo).

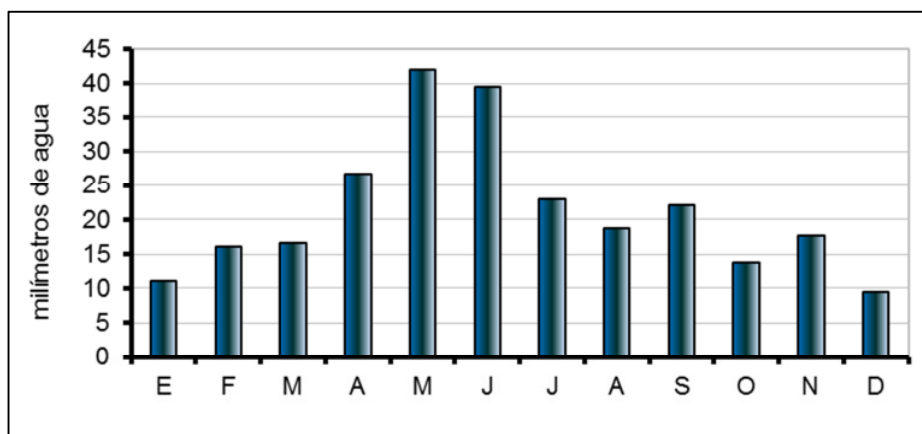
Tabla N° 4: Precipitación media mensual. Período 1991-2010

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación media (mm)	11,05	16,05	16,7	26,65	42,05	39,55	22,9	18,85	22,15	13,9	17,65	9,45	257

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.



**Figura N° 3: Precipitación media mensual. Período: 1991-2010**



Fuente: ERM en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia

Como se muestra en la Tabla N° 5 el número medio anual de nevadas en el periodo estudiado, no supera los 8 días. Si bien en la región Patagónica es habitual observar este tipo de fenómenos, la zona costera presenta una excepción a este comportamiento, siendo más habituales a medida que nos alejamos de esta en dirección W. Las frecuencias de tormentas eléctricas y caídas de granizo (Tabla N° 6) son más escasas aún, con una ocurrencia de 3,55 días al año.

**Tabla N° 5: Número medio mensual de días con nevadas. Período 1991-2010**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Días con nevadas</b>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	2	2,35	1,05	1,05	0,35	0,0	0,0	7,2

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.

**Tabla N° 6: Número medio mensual de días con granizo. Período 1991-2010**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Días con granizo</b>	0,15	0,25	0,1	0,15	0,05	0,35	0,3	0,3	0,55	0,65	0,25	0,45	3,55

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.

Como se observa en la Tabla N° 7, el valor medio anual de días con nieblas para Comodoro Rivadavia es de 6,05 días, distribuidos con cierta uniformidad durante todo el año.

**Tabla N° 7: Número medio mensual de días con nieblas. Período 1991-2010**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Días con nieblas</b>	0,35	0,7	0,55	0,2	0,2	0,35	0,7	0,55	1,2	0,8	0,25	0,2	6,05

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.

### 2.1.3.5 *Vientos*

Las direcciones de vientos predominantes que se observan en el Área de Estudio son del W, SW y NW, siendo la primera la más frecuente (casi constante a lo largo del año). Este patrón de vientos produce una intensificación del intercambio de calor entre el mar y la atmósfera tanto durante la etapa invernal como durante la veraniega (Baltoni, 1990).

La intensidad media de los vientos es cuasi-homogénea, encontrándose dentro del rango 12 - 27 km/h. Durante el verano, se registran los vientos más intensos, llegando a superar los 30 km/h.

Si bien en invierno se observan en promedio vientos más débiles y la mayor frecuencia de días sin viento, es posible que se presenten condiciones con vientos intensos.

Debido a las diferencias térmicas entre la superficie de agua y la tierra, en la zona costera los vientos presentan un comportamiento cíclico particular: desde el amanecer y hasta que el suelo alcanza su calentamiento máximo, el viento se intensifica. Luego, con la puesta del sol, y consecuente enfriamiento, la intensidad del viento decrece hasta tornarse frecuentemente en una calma nocturna.

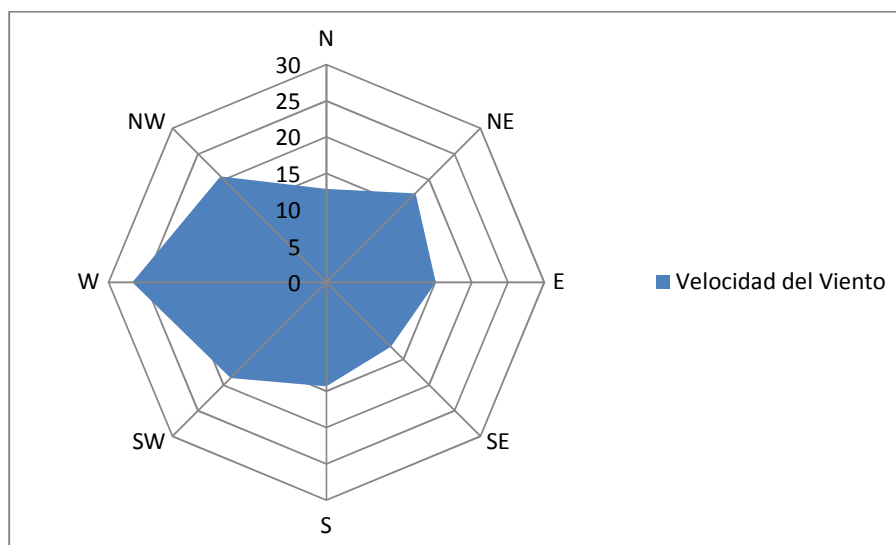
La Tabla N° 8 presenta la frecuencia de direcciones del viento y la velocidad media por dirección para el período 1991-2010 para la localidad de Comodoro Rivadavia

**Tabla N° 8: Frecuencia de Direcciones (F) y Velocidad Media por Dirección (VM) en escala de 1000. Período 1991-2010 C. Rivadavia**

Dirección del Viento	Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	Frecuencia	15	42	44	37,5	44,5	33,5	31	39,5	41	38,5	32,5	25	35,5
	Velocidad Media	14,35	11,25	10,85	13,85	13,25	13,85	13,5	13,1	13,3	11,25	11,8	15,85	12,85
NE	Frecuencia	145,5	131,5	73,5	40	41,5	31,5	25,5	47	72,5	93,5	126	141	80,5
	Velocidad Media	19,65	18	16,05	16,7	14,2	13,45	11,25	15,5	14,65	15,85	18,75	19,9	17,35
E	Frecuencia	59,5	62,5	57	26,5	26	16,5	15	20,5	49,5	54,5	50,5	57,5	41,5
	Velocidad Media	16,65	16,65	14,8	14,6	14,05	13,1	10,55	10,95	13,3	14,8	16	17,2	15,05
SE	Frecuencia	30	47,5	46,5	30,5	23,5	30,5	20	33	39	31,5	38	39,5	34
	Velocidad Media	14,1	13,25	13,35	13,25	13,35	10,45	10,85	11,65	12	12,15	12,25	13,05	12,55
S	Frecuencia	36,5	53	24,5	21	35	27,5	35	38,5	44	42	35	44	36
	Velocidad Media	15,75	15,2	13,3	16	12,35	14,4	13,65	15	14,9	11,95	14,1	15,9	14,35
SW	Frecuencia	83,5	121	100,5	102	130,5	144,5	153,5	116	95	74,5	88	93	108
	Velocidad Media	21,55	19,1	17,25	18,5	16,95	16,4	18,85	17,3	18,3	18,5	22,15	22,05	18,65
W	Frecuencia	541	444	505	569,5	511,5	543,5	550,5	519	477	504	526,5	516,5	518
	Velocidad Media	31,65	27,95	25,05	24,85	23,05	22,95	23,65	24,15	24,95	29,4	30,55	32,15	26,7
NW	Frecuencia	81,5	79,5	122	149,5	167	149,5	156,5	165,5	165	146	89	73,5	129
	Velocidad Media	22,4	21,65	17,5	20,2	20,2	21,25	20,65	20,25	18,4	21	22,35	25,35	20,65
Calma	Frecuencia	8	18,5	28	22,5	20,5	23	13,5	21	17	15	15,5	9,5	17,5

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.

Figura N° 4: Rosa de los vientos. Período 1991-2010. C. Rivadavia



Fuente: ERM en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional. Estación meteorológica de Comodoro Rivadavia.

### 2.1.3.6 Estabilidad

Con el fin de cuantificar la estabilidad de la masa de aire se estudian a continuación los parámetros de altura de la capa de mezcla, generada por turbulencia térmica luego del amanecer debido al calentamiento del suelo por radiación solar (H), y “transport wind”, definido como la velocidad media del viento observado en esa capa de mezcla (Vm).

Las condiciones identificadas como de ventilación pobre o alto índice de contaminación de aire se encuentran por debajo de los siguiente valores: H = 1500 m y Vm = 4,0 m/s; considerando únicamente los días sin precipitaciones.

A continuación se muestran los parámetros estudiados para la cuantificación de la estabilidad de la masa de aire, junto con el porcentaje de baja ventilación calculados estacionalmente para la ciudad de Comodoro Rivadavia.

Tabla N° 9: Parámetros para cuantificar la estabilidad de la masa de aire

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Vm (m/s)	16,2	13,3	14,0	16,0
sVm (m/s)	8,9	9,1	9,6	9,4
H (m)	2400	1545	1056	2103
sH (m)	901	761	677	919
VP (%)	1,2	8,0	10,8	3,5

Referencias: Promedio estacional de transport wind (Vm), su desviación estándar estacional (sVm), altura de la capa de mezcla (H), su desviación estándar (sH) y porcentaje de ventilación pobre (VP)

Como puede observarse en la tabla, los valores hallados de transport wind superan, durante todo el año, el umbral de los 4,0 m/s. En cambio, la altura de esta capa en invierno no supera el rango de los 1.500 m, para cumplir plenamente con las condiciones. Por esta razón, al calcular el porcentaje de

ventilación pobre el máximo se presenta en esta época del año (10%) y el mínimo en verano (1,2 %). Con estos valores Comodoro Rivadavia califica como un lugar con buenas condiciones de ventilación.

## **2.2 CALIDAD DE AIRE Y RUIDO**

### **2.2.1 Calidad del Aire**

#### **2.2.1.1 Introducción**

Se considera Calidad del Aire a la presencia en la atmosfera de elementos contaminantes que pudieran implicar molestias leves o graves al bienestar de las personas. Los elementos contaminantes pueden ser físicos (partículas en suspensión), químicos (gases y vapores) o fuentes de energía.

Conforme a los expresado precedentemente, el área en estudio posee características, tanto por su ubicación geográfica (costera), como por el clima que la rige (amplitud térmica y escasos días de viento en calma), lo cual genera una zona de elevada dispersión de contaminantes atmosféricos.

Las actividades humanas de mayor relevancia en el Área de Estudio son: la actividad hidrocarburífera, el desarrollo urbano y circulación vehicular en rutas nacionales y provinciales.

Según consta en la descripción del proyecto, los compuestos que se emitirán durante las tareas previstas para la prospección sísmica, y que por ende se transforman en los compuestos de interés para la línea de base de Calidad de Aire, serán principalmente gases de combustión:

- Monóxido de Carbono (CO);
- Óxidos de Nitrógeno (como NO<sub>2</sub>);
- Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>);
- Material Particulado (PM).

#### **2.2.1.2 Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos antrópicas**

En el área de estudio se pueden diferenciar 2 tipos de fuentes emisora de contaminantes antrópicas: fijas o estacionarias y móviles o difusas.

Las principales fuentes de emisión fijas, identificadas en el área de estudio, se detallan a continuación:

- 1) Relleno sanitario Comodoro Rivadavia - Rada Tilly: ubicado a 3 km al S del vértice SW del área de estudio. En el sitio aún se realizan prácticas de minimización del volumen por quema a cielo abierto, con la consiguiente generación de partículas en suspensión y metano (principalmente), y voladura de residuos en días ventosos.
- 2) Plantas de tratamiento de crudo y baterías colectoras de hidrocarburos: generan principalmente contaminantes químicos (aromáticos polinucleares y VOCs), siendo las más relevantes dentro del área en

estudio, a) la planta de despacho de YPF ubicada en el Barrio Mosconi (kilometro 3, zona central del área en estudio), b) la planta de despacho de la empresa Termap y c) la planta de almacenamiento de la empresa Capsa, ambas ubicadas en Caleta Córdova.

- 3) Aeropuerto de la ciudad de Comodoro Rivadavia, el cual se emplaza a 2 km al W del límite W del área de estudio. Dicha fuente, debido a la frecuencia de vuelos es considerada de bajo aporte.

Las fuentes móviles están caracterizadas por la emisión de contaminantes característicos de la quema de combustibles fósiles (NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y MP) en motores de combustión interna (ej: vehículos livianos y pesados, maquinarias, etc). Dentro del área en estudio estas fuentes se centralizan en las zonas urbanizadas y en los corredores principales tales como Ruta Nacional N° 3, la Ruta Provincial N° 1 y la Ruta Provincial N° 39.

### **2.2.1.3 Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos naturales**

Respecto a las fuentes naturales de emisiones atmosféricas puede considerarse que en la región no se producen incendios forestales espontáneos, dada la escasa vegetación, típica de la estepa patagónica.

Como agente natural de dispersión de contaminantes, el de mayor relevancia en el área en estudio es el aporte que genera el viento como agente de sostén y transporte de material particulado. Este aporte como es de esperar posee relación directa con la intensidad y dirección W-E.

### **2.2.2 Ruido**

El objetivo de esta sección es determinar la Línea de Base de Nivel Sonoro Ambiental en el área de estudio.

Tal como se mencionara en la descripción de Calidad de Aire, las actividades humanas de mayor relevancia en el Área de Estudio son: la actividad hidrocarburífera, el desarrollo urbano y circulación vehicular en rutas nacionales y provinciales.

Si bien no todas las instalaciones son generadoras de ruido, se debe tener en cuenta que el rozamiento del viento con cualquier obstáculo y/o desvío del mismo (incluso la vegetación y la geografía), puede producir niveles sonoros elevados.

### 2.2.2.1 Fuentes de emisión

Se identifican fuentes de emisión sonora tanto naturales como antropogénicas. El viento en rozamiento con el suelo y la vegetación es la fuente natural de ruido, en el área de estudio.

Respecto a las fuentes antropogénicas, el siguiente es el listado de las identificadas como de mayor emisión sonora:

- Circulación de vehículos en rutas y caminos;
- Motores de compresión de gas y de generación eléctrica;
- Antorchas;
- Motores;
- Turbinas;
- Máquinas pesadas y viales (obras); y
- Equipos petroleros en general (principalmente asociados a etapas de perforación y *workover*).

No se cuenta con datos de nivel sonoro de base para el área de estudio. Según la caracterización climática presentada anteriormente, el área de estudio está expuesta a vientos dentro del rango 12 - 27 km/h, presentando una intensidad máxima en verano que llega a superar los 30 km/h. El rozamiento con la superficie del terreno y vegetación generan nivel sonoro de base en el área que se estima, según la experiencia de ERM basado en mediciones de nivel sonoro base en la estepa patagónica, llega a unos 50 dBA.

### 2.2.2.2 Cálculo del ruido de fondo ( $L_c$ )

De acuerdo a la Norma IRAM 4062 en los casos que el ruido de fondo ( $L_f$ ) no pueda ser medido, se calculará el mismo ( $L_c$ ) según los criterios establecidos en la mencionada Norma.

El nivel de fondo calculado ( $L_c$ ) se obtiene según la siguiente fórmula:

$$L_c = L_b + K_z + K_u + K_h$$

Donde:

- $L_b$ : nivel básico, en dB(A);
- $K_z$ : corrección por tipo de zona, en dB(A);
- $K_u$ : corrección por ubicación en la finca, en dB(A); y
- $K_h$ : corrección por horario, en dB(A).

Los valores que se consideran:

- $L_b$ : 40 db(A) (establecido por la norma);
- $K_z$ : según Tabla I de la Norma IRAM 4062;
- $K_u$ : según Tabla II de la Norma IRAM 4062; y
- $K_h$ : según Tabla III de la Norma IRAM 4062.

Según los distintos tipos de zonas identificados por la norma, los ruidos de fondo calculados por ERM para el área de estudio, se pueden tomar como referencia los siguientes:

1. Ruido de fondo calculado para zonas hospitalarias y rurales tipo 1

En función a la fórmula propuesta por la norma, el ruido de fondo quedaría definido según el siguiente cálculo:

$$\underline{L_c = 40 \text{ dB(A)} + -5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} = \underline{45 \text{ dB(A)}}$$

El nivel de ruido de fondo para zonas hospitalarias y rurales, para días hábiles de 08 h a 20 h es de **45 dB(A)**. Cabe mencionar que el horario de trabajo para las operaciones en tierra será de 07 h a 19 h. El ruido de fondo calculado para el horario de operaciones de 07 h a 08 h es de **40 dB(A)**.

2. Ruido de fondo calculado para zonas suburbanas tipo 2

En función a la fórmula propuesta por la norma, el ruido de fondo quedaría definido según el siguiente cálculo:

$$\underline{L_c = 40 \text{ dB(A)} + 0 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} = \underline{50 \text{ dB(A)}}$$

El nivel de ruido de fondo para zonas hospitalarias y rurales, para días hábiles de 08 h a 20 h es de **50 dB(A)**. Cabe mencionar que el horario de trabajo para las operaciones en tierra será de 07 h a 19 h. El ruido de fondo calculado para el horario de operaciones de 07 h a 08 h es de **45 dB(A)**.

3. Ruido de fondo calculado para zonas urbanas residenciales tipo 3

En función a la fórmula propuesta por la norma, el ruido de fondo quedaría definido según el siguiente cálculo:

$$\underline{L_c = 40 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} = \underline{55 \text{ dB(A)}}$$

El nivel de ruido de fondo para zonas hospitalarias y rurales, para días hábiles de 08 h a 20 h es de **55 dB(A)**. Cabe mencionar que el horario de trabajo para las operaciones en tierra será de 07 h a 19 h. El ruido de fondo calculado para el horario de operaciones de 07 h a 08 h es de **50 dB(A)**.

4. Ruido de fondo calculado para zonas residenciales urbanas con alguna industria o ruta tipo 4

En función a la fórmula propuesta por la norma, el ruido de fondo quedaría definido según el siguiente cálculo:

$$\underline{L_c = 40 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} = \underline{60 \text{ dB(A)}}$$

El nivel de ruido de fondo para zonas hospitalarias y rurales, para días hábiles de 08 h a 20 h es de **60 dB(A)**. Cabe mencionar que el horario de trabajo para las operaciones en tierra será de 07 h a 19 h. El ruido de fondo calculado para el horario de operaciones de 07 h a 08 h es de **55 dB(A)**.



5. Ruido de fondo calculado para zonas comerciales o industriales intermedias entre los tipos 4 y 6, del tipo 5

En función a la fórmula propuesta por la norma, el ruido de fondo quedaría definido según el siguiente cálculo:

$$L_c = 40 \text{ dB(A)} + 15 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} = 65 \text{ dB(A)}$$

El nivel de ruido de fondo para zonas hospitalarias y rurales, para días hábiles de 08 h a 20 h es de **65 dB(A)**. Cabe mencionar que el horario de trabajo para las operaciones en tierra será de 07 h a 19 h. El ruido de fondo calculado para el horario de operaciones de 07 h a 08 h es de **60 dB(A)**.

6. Ruido de fondo calculado para zonas predominantemente industriales con pocas viviendas, del tipo 6

En función a la fórmula propuesta por la norma, el ruido de fondo quedaría definido según el siguiente cálculo:

$$L_c = 40 \text{ dB(A)} + 20 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} + 5 \text{ dB(A)} = 70 \text{ dB(A)}$$

El nivel de ruido de fondo para zonas hospitalarias y rurales, para días hábiles de 08 h a 20 h es de **70 dB(A)**. Cabe mencionar que el horario de trabajo para las operaciones en tierra será de 07 h a 19 h. El ruido de fondo calculado para el horario de operaciones de 07 h a 08 h es de **65 dB(A)**.

A continuación, se presenta la Tabla N° 10 con un resumen de los distintos niveles de ruido de fondo calculados, según lo establecido en la Norma IRAM 4062, para distintos tipos de zonas, y para los horarios de operaciones del proyecto en su etapa Onshore (más información en el Capítulo II).

**Tabla N° 10: Ruido de Fondo calculado para distintos tipos de zonas**

Zona Tipo	Ruido de fondo dB(A) 07 h – 08 h	Ruido de fondo dB(A) 08 h – 19 h
Hospitalarias y Rurales - TIPO 1	40	45
Suburbanas – TIPO 2	45	50
Urbanas Recidenciales – TIPO 3	50	55
Recidenciales Urbanas con alguna Industria o ruta – TIPO 4	55	60
Zonas Comerciales o Industriales intermedias – TIPO 5	60	65
Zonas Industriales con pocas Viviendas – TIPO 6	65	70

Fuente: ERM en base a Norma IRAM 4062 – “Ruidos Molestos al Vecindario”.

## 2.3 GEOLOGÍA

### 2.3.1 Introducción

En la presente sección se describen las características geológicas del Área de Proyecto en lo que respecta a tres factores fundamentales para la caracterización del Factor Ambiental “Geología”:

- Marco Regional;
- Geología Local; y
- Sismos y Actividad Volcánica.

### 2.3.2 Metodología

Se realizó el análisis previo de la información existente, principalmente cartas geológicas emitidas por el SEGEMAR, en particular la de Comodoro Rivadavia. Luego en campo se validaron los datos bibliográficos conforme a la escala de trabajo y se caracterizaron los procesos geológicos en el área en estudio.

En el Anexo III-1 se incluye el “Mapa de Geología”.

### 2.3.3 Desarrollo

#### 2.3.3.1 Marco Regional

En el marco geológico regional, encontramos que la Cuenca del Golfo San Jorge se encuentra entre los Macizos Nordpatagónicos y del Deseado, con su máxima elongación en posición E-W. Se trata de una cuenca de intraplaca formándose en el Jurásico superior por la ruptura de Gondwana que produce la apertura del Océano Atlántico y deriva de la placa Sudamericana hacia el W según Fitzgerald *et al.* (1990).

De esta manera se genera un depocentro importante donde su fondo está compuesto por vulcanitas ácidas, tobas, flujos ignimbríticos y conglomerados volcánicos, todos de ambiente continental de edad jurásica denominado Complejo Marifil.

El Terciario en la Cuenca del Golfo consta de una amplia plataforma de baja pendiente que fue rellenada por sedimentitas marinas correspondientes a transgresiones del mar en el Daniano, y que constituyen la Formación Salamanca compuesta por alternancia de areniscas entrecruzadas, arcilitas y escasos conglomerados. A medida que se retiraba el mar se originaron los depósitos continentales de la Formación Río Chico que está conformada por intercalaciones de areniscas, arcilitas varicolores, piroclastitas y escasos conglomerados. Sobreyaciendo a la anterior se encuentra el Grupo o Formación Sarmiento (Eoceno – Oligoceno) de carácter continental, preponderantemente tobáceas, chonitas primarias y retransportadas, conglomerados intraformacionales y paleosuelos, apreciándose un considerable aumento del sedimento fino. En el Eoceno Superior continúan las sedimentitas marinas pertenecientes a la Formación Chenque de ambiente marino, las que rellenan una cuenca amplia y muy engolfada con areniscas,

arcilitas tobáceas, tobas arcillosas, escasos conglomerados. Esta Fm pasa de manera transicional a un ambiente continental, fundamentalmente fluvial, perteneciente a la Formación Santa Cruz, del Mioceno constituido por intercalaciones de areniscas entrecruzadas, conglomerados, fangolitas tobáceas, tobas arenosas y paleosuelos.

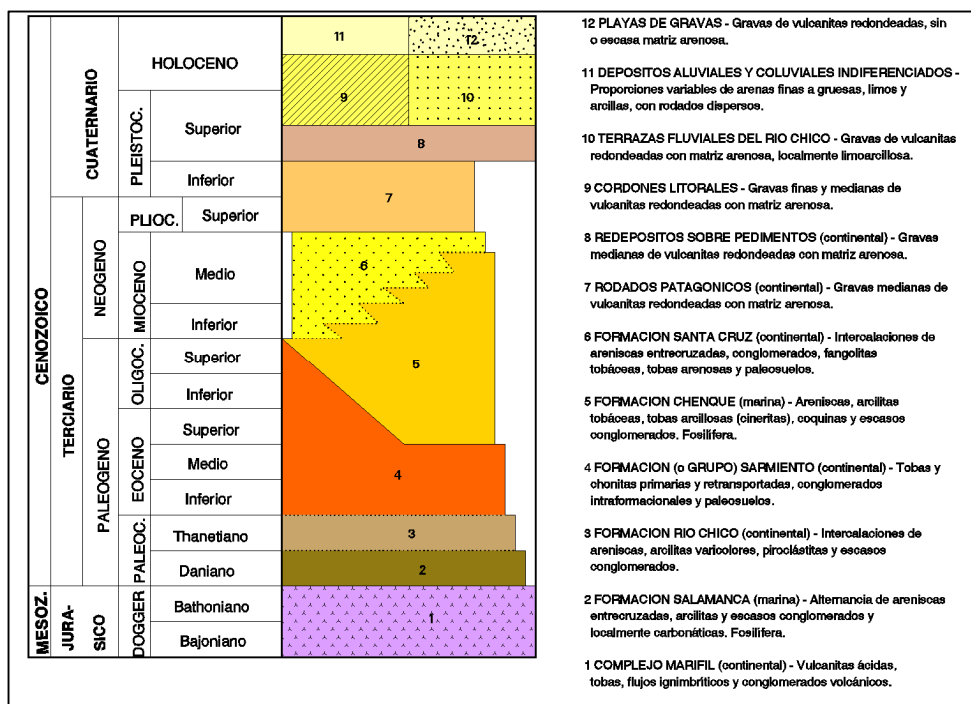
En clara discordancia erosiva se deposita el nivel más antiguo de las extensas gravas fluviales denominadas Rodados Patagónicos, del Plioceno. En forma escalonada descendente aparecen otros niveles aterrazados, cada vez más jóvenes, producidos por corrientes fluviales progresivamente decrecientes en su energía, en general del Pleistoceno. Finalmente, durante el Holoceno, se depositan sedimentos fluviales, eólicos, lacustres, marinos y de remoción en masa que terminan de modelar el paisaje.

### 2.3.3.2 *Geología Local*

En el área de estudio las unidades aflorantes son Fm. Sarmiento, Fm. Chenque, Depósitos aluviales y Coluviales Indiferenciados y las Playas de Gravas, cuyas descripciones se presentan a continuación. Son muy escasos los lugares donde afloran los depósitos más antiguos de la cuenca en el ámbito de las Hojas Geológicas ya mencionadas. La mayoría de estas formaciones sólo se encuentran en el subsuelo, pero han sido investigadas extensamente asociado a la actividad histórica de exploración de hidrocarburos, siendo estudiados por métodos indirectos (sísmica, perfiles eléctricos, cuttings).

A continuación se presenta el cuadro estratigráfico representativo del área de estudio.

Figura N° 5: Cuadro Estratigráfico



Fuente: Hoja Geológica Comodoro Rivadavia, 4566-III. Provincia de Chubut. Informe preliminar. I.G.R.M, SEGEMAR. Buenos Aires. Sciutto, Juan (1997).

### 2.3.3.2.1 Fm. Sarmineto (Eoceno-oligoceno)

Las tobas que forman los horizontes de este grupo, integrado por cuatro formaciones, tuvieron su origen en efusiones que ocurrieron durante un extenso intervalo que va del Eoceno al Mioceno. Sus depósitos, de gran espesor y regionalmente extendidos, constituyen las mayores acumulaciones piroclásticas cenozoicas del país (Mazzoni, 1985; Franchi y Nullo, 1986). Son muy ricos paleontológicamente, ya que contienen una amplia y variada fauna, la que ha permitido reconocer las edades mamífero Casamayorensis, Mustersense, Deseadense y Colhuehuapense (Pascual y Odremán Rivas, 1973).

La actual exposición de los estratos al intemperismo genera un típico relieve de bad lands, aflorantes en el área de estudio en la parte centro y N. En general la composición del Casamayorensis es aproximadamente homogénea, formada en su mayoría por una toba vítrea de color blanquecino, compuesta por vitroclastos angulosos que se encuentran en una matriz pulverulenta de similares características. Su techo está limitado en general, por una superficie erosiva, sobre la que se depositan en paraconcordancia, sedimentitas correspondientes al Deseadense (Fm. Sarmiento), al Patagoniano y al Cuaternario.

### 2.3.3.2.2 Fm. Chenque (Eoceno-Mioceno)

Esta Formación está definida por Bellosi (1987). En general predominan las areniscas de color gris verdoso, de tamaño mediano hasta muy grueso, tobáceas, consolidadas a poco consolidadas, entrecruzadas y pelitas,

frecuentemente arcilitas verde claras, plásticas, cubiertas con su propia alteración. Son comunes las intercalaciones de bancos conspicuos de coquinas grises a castañas claras, conglomerádicas, bien consolidadas, con abundante matriz arenosa, cemento calcáreo, de aproximadamente un metro o más de espesor. Los términos superiores se depositaron en un ambiente marino costero, litoral a sublitoral, de alta energía, según se aprecia por los elementos faunísticos de valvas gruesas, areniscas entrecruzadas y lentes conglomerádicos intercalados, de sedimentación aparentemente rápida y netamente epiclástica. Los sedimentos inferiores, más pelíticos, corresponderían a niveles energéticos bajos y se presentan con abundante bioturbación.

Se diferencian cinco secuencias deposicionales regresivas en ciclos transgresivos-regresivos, controlados por variaciones globales del nivel del mar y que internamente se ordenan en ciclos de granulometría granocreciente. La sedimentación típicamente marina pasa a facies litorales y estuáricas, hasta fluviales y eólicas de la unidad suprayacente (Fm. Santa Cruz). En el área de estudio se observa esta unidad en la parte S.

#### **2.3.3.2.3 *Depósitos Aluviales y Coluviales Indiferenciados (Pleistoceno-Holoceno)***

Son materiales arrancados y depositados por las aguas corrientes después de las avenidas de los ríos y también por descenso lateral. Corresponden a depósitos recientes producidos por la meteorización de las rocas de edad terciaria, distribuidos por la arroyada temporaria. Su composición varía entre gravas, arenas, limos y arcillas, entremezclados en proporciones variables.

Se presentan normalmente en los bajos topográficos, muchas veces endorreicos, donde la erosión y sedimentación coetáneas se producen por una interacción eólica-hídrica. En los frentes de mesetas, especialmente en las de gravas, los materiales coluviales enmascaran las sedimentitas de las unidades terciarias y cretácicas. En el área estudiada afloran en la parte centro y NE.

#### **2.3.3.2.4 *Playas de Gravas (Pleistoceno-Holoceno)***

La grava está presente en todos aquellos lugares abrigados de la costa, ensenadas, caletas o engolfaduras. Se trata de las mismas gravas que forman los cordones litorales aterrizados. Proviene de la destrucción de estos cordones litorales o de la plataforma continental, a la cual llegaron a través de los grandes ríos del deshielo patagónico, y que luego fueron redistribuidos por las corrientes de deriva.

#### **2.3.3.3 *Sismos y Actividad Volcánica***

Al encontrarse el área de estudio en un margen pasivo el riesgo de actividad volcánica es muy reducido. Asimismo, según la zonificación del INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica) el área de estudio se encuentra en una zona con una peligrosidad sísmica muy reducida con una aceleración máxima del suelo de 0,04 g.

### 2.3.4

#### Conclusiones

Sobre la base de la geología antes descrita, en función de la combinación de tres criterios: tipos litológicos, grado de consolidación (lo que incluye implícita o explícitamente la edad de los depósitos y rocas aflorantes), la granulometría y estructura de los afloramientos y materiales superficiales se llegó a las siguientes conclusiones:

La susceptibilidad moderada a la remoción en masa se encuentra en casi todas las Fms, específicamente en las Playas de Gravas, Depósitos Aluviales y la Fm Sarmiento. Siendo la Fm Chenque, ubicada al S del área de estudio, la única con susceptibilidad a la remoción en masa elevada principalmente por sus texturas, elevada pendiente, alto coeficiente de escorrentía, generando erosión hídrica.

La susceptibilidad a la contaminación en la playa de Gravas y en los Depósitos Aluviales es alta, principalmente por su cota muy baja, y ser muy susceptibles a la erosión hídrica y eólica. No obstante en la Fm Sarmiento y Chenque es baja.

**Tabla N° 11: Características superficiales por formación.**

Fm superficial	Textura	Coefficiente escorrentía	Erosión hídrica	Erosión eólica	Susceptibilidad remoción en masa	Susceptibilidad a la contaminación
Playas de Gravas	Gravas y Arenas	Bajo	Alta	Alta	Moderada	Alta
Depósitos Aluviales	Grava, arenas y limos	Bajo	Alta	Alta	Moderada	Alta
Fm. Sarmiento	Arenas y limos	Alto	Moderado	Baja	Moderado	Baja
Fm. Chenque	Arenas limos y gravas	Alto	Alta	Baja	Alta	Baja

Fuente: Carta de Peligrosidad Geológica 4566-III SEGEMAR 2000.

Como se mencionó previamente, el riesgo de actividad volcánica y la peligrosidad sísmica son muy reducidos.

En base a las características anteriormente mencionadas, el área de estudio presenta una sensibilidad media con excepción de los sectores correspondientes a la Formación Chenque (ver Mapa de Sensibilidad Geológica en Anexo III-1) que presentan una sensibilidad alta, asociada principalmente a la elevada susceptibilidad a la remoción en masa.

## 2.4 GEOMORFOLOGÍA

### 2.4.1 *Introducción*

En esta sección se presenta la Línea de Base de Geomorfología para el área de estudio generada a partir de trabajos de gabinete y relevamiento de campo.

El informe comprende la identificación, descripción y manifestación de las distintas geoformas presentes en el área de estudio y la confección del correspondiente Mapa Geomorfológico incluido en el Anexo III-1.

### 2.4.2 *Metodología*

En base al mapa oficial de geomorfología de la Provincia del Chubut de la Carta de Peligrosidad Geológica 4566-III y los ajustes que se realizan en base a la imagen satelital del área de estudio sumado al relevamiento de campo, se definieron en gabinete las diversas geoformas y paisajes que presenta el área de estudio. Con la finalidad de corroborar las unidades geomorfológicas identificadas en gabinete y los procesos de erosión que sobre ellas actúan, mediante imágenes satelitales y bibliografía pertinente, se definieron puntos de observación por cada unidad, los cuales sirvieron para la planificación de las tareas del relevamiento de campo para estos componentes ambientales.

### 2.4.3 *Desarrollo*

Desde el punto de vista geomórfico se observa el desarrollo de la transición entre la región oriental, la cual sufrió la acción litoral marina y las fluctuaciones del nivel del mar en tiempos recientes, y la denominada Patagonia Extraandina.

Las geoformas del área de estudio son causadas por diferentes procesos geomorfológicos, como denudación subaérea, erosión hídrica, erosión eólica, remoción en masa, en el ámbito continental, y erosión costera en el ambiente marino. Asimismo el paisaje también se ve modificado por la actividad antrópica principalmente por caminos y construcciones asociadas a centros urbanos y actividad hidrocarburífera.

La característica más distintiva del área son los grandes valles dispuestos en forma perpendicular a la línea de costa, con las mayores alturas localizadas en áreas mesetiformes hacia el W, disminuyendo en altitud hasta llegar al nivel del mar. Las geoformas observadas en este sector se producen en sedimentitas terciarias de la Formaciones Sarmiento y Chenque (o Patagonia), emergidas por ajustes isostáticos plio-pleistocenos.

Las mesetas redondeadas y anchos valles, pertenecientes a la Formación Sarmiento, se han formado en épocas glaciales con enormes caudales de agua provenientes del deshielo de múltiples glaciares. Las aguas del deshielo produjeron un fuerte arrasamiento del relieve preplioceno, labrado sobre areniscas, tobas y arcilitas poco consolidadas del Cretácico superior hasta el Terciario medio. Los depósitos de gravas cubrieron toda la superficie erosionada, excepto algunos altos. Los niveles de gravas y rodados incluidos

genéricamente dentro de los Rodados Patagónicos (Pereyra et al., 2002) son considerados de origen glacial y distribución fluvial. Estos son evidencia de una inversión tectónica ya que la relación topográfica actual entre las estructuras y las planicies gradacionales se ha invertido, ocupando las estructuras positivas zonas bajas, por lo que puede deducirse que las gravas han protegido de la erosión subsiguiente a las sedimentitas terciarias y cretácicas subyacentes, poco resistentes a la erosión (Césari et al., 1986).

Los frecuentes bajos en las mesetas se formaron sobre las estructuras antes mencionadas por procesos de remoción en masa, erosión fluvial y en forma dominante por deflación. El viento es aún muy activo y el principal modelador del paisaje patagónico actual (Césari y Simeoni, 1994).

#### 2.4.3.1 *Descripción del área de estudio*

Las unidades geomorfológicas más ampliamente distribuidas en el área de estudio, localizado en el sector oriental del Flanco N de la Cuenca del Golfo San Jorge, corresponden según el Mapa Geomorfológico de la Carta de Peligrosidad Geológica 4566-III SEGEMAR 2000 a:

- Geformas fluviales:
  - Bad lands;
  - Cauces; y
  - Abanicos aluviales.
  
- Geformas poligenéticas:
  - Planicies estructurales;
  - Pedimientos; y
  - Escarpa y laderas.
  
- Afloramientos de rocas volcánica:
  - Remanentes de erosión

A continuación se presenta la descripción de las unidades geomorfológicas identificadas.

##### 2.4.3.1.1 *Geformas fluviales*

###### **Bad Lands**

Se los denomina también tierras malas. Corresponden a sectores donde aflora la Formación Sarmiento que, debido a su litología, se han diferenciado por presentar graves efectos de erosión hídrica y eólica. Se distinguen en las fotos aéreas e imágenes satelitales por una falta casi total de cobertura vegetal y un relieve accidentado, con gran densidad de drenaje.

Se desarrollan en materiales lábiles, básicamente en ambientes áridos y semiáridos y con frecuencia al pie de las cornisas. La morfología de los interfluvios puede ser redondeada, acuchillada y en su retroceso puede generar formas turriculadas.



*Foto N° 1: Bad land*



*Fuente: ERM.*

### **Cauces**

Los cauces o lechos fluviales son las partes donde discurren o discurrieron las aguas; observamos que los mismos en tiempos antiguos fueron de mayor dimensiones debido principalmente a grandes caudales de agua provenientes de fusión de glaciares que cubrieron parte de la Patagonia.

Observamos que los lechos actuales son en su mayoría de régimen temporario. La topografía suavemente ondulada del área de estudio corresponde a los tramos finales de los cauces, donde el agua ha perdido capacidad tractiva, y los cauces se orientan principalmente en sentido W-E.

### **Abanicos aluviales**

Los abanicos aluviales de variadas dimensiones ocupan una importante superficie de la zona central abarcada por el presente estudio. Son resultado de la acción deposicional de cursos de pequeñas dimensiones provenientes de las pampas de Salamanca y del Castillo.

Debido a las características climáticas imperantes en la región los cursos son de tipo efímero, con un régimen estacional. Generalmente no alcanzan grandes dimensiones ya que las cuencas donde tienen sus nacientes suelen ser de pequeñas dimensiones y los cursos poseen escaso recorrido debido a la proximidad del mar, por lo que son características las altas pendientes de los mismos. Se encuentran mejor representados en el sector localizado inmediatamente al N de la localidad de Comodoro Rivadavia y en el extremo nororiental del área de estudio. Poseen perfiles longitudinales cóncavos y los depósitos incluyen materiales gruesos, generalmente rodados provenientes de la degradación de los Rodados Patagónicos y de la Formación Salamanca, interdigitados con depósitos arenosos. En líneas generales los abanicos se encuentran parcialmente aterrizados lo que evidenciaría fluctuaciones del nivel de base, en este caso el nivel del mar.

### 2.4.3.1.2 *Geformas poligenéticas*

#### **Planicies estructurales**

Los niveles mesetiformes constituyen uno de los principales rasgos del modelado del paisaje en la Patagonia Extraandina. Estas características comunes de amplias pampas subhorizontales, esconden generalmente el hecho de que no todas poseen los mismos orígenes. Su generalizada presencia se asocia a los Rodados Patagónicos. En el caso de la región considerada la Pampa de Salamanca y sus estribaciones hacia el S y el N, Pampa del Castillo y Meseta de Montemayor, respectivamente correspondería, debido a su génesis a planicies estructurales. Las planicies estructurales son formas poligenéticas que incluyen el accionar del proceso fluvial y el control estructural ejercido por las litologías infrayacentes. Se han reconocido diferentes niveles de planicies estructurales las cuales exhiben diferentes grados de preservación.

#### *Foto N° 2: Planicies estructurales*



*Fuente: ERM.*

#### **Pedimentos**

Son planos de erosión, que se han conservado en aquellos casos en que quedaron cubiertos por una delgada capa de grava proveniente de los bordes de las mesetas. Están labrados sobre sedimentitas poco consolidadas, subhorizontales, del Terciario, constituidas mayormente por areniscas arcillosas, limolitas y tobas. La génesis de estos pedimentos que bordean las mesetas de gravas, puede adjudicarse a una erosión laminar sobre sedimentitas poco consolidadas, producida por importantes volúmenes de agua que descendían de la meseta, arrastrando esas gravas que fueron los instrumentos de esta erosión. Al igual que para el caso de los deslizamientos, se considera que esta escorrentía abundante sólo fue posible en relación a aportes de nieve y agua excepcionales durante épocas correlacionables con las glaciaciones de la cordillera. Por lo expuesto, los pedimentos son rasgos labrados en otras condiciones climáticas que las actuales.

#### **Escarpa y ladera**

Son las pendientes marginales de los niveles de terrazas estructurales. Son básicamente pendientes de degradación de las sedimentitas terciarias aflorantes en las escarpas, las cuales son resultado de la remoción en masa, principalmente reptaje y deslizamientos planares y de la acción fluvial, básicamente rills, cárcavas y pequeños cañadones.

Las formas y acumulaciones debidas al accionar de los procesos gravitacionales ocupan importantes sectores del área de estudio. En líneas generales los de mayores dimensiones son formas relícticas, mientras que los procesos actuales son comparativamente menos importantes, si bien pueden ocasionar serios riesgos a la población y las obras de infraestructura. Los mayores depósitos se encuentran en la zona ubicada al NW de Caleta Córdova. Corresponden probablemente a antiguos movimientos de tipo complejo (en el sentido de Varnes, 1978) que habrían incluido una primera etapa de deslizamientos y una segunda de flujos densos.

Es probable que haya actuado como factor disparador la acción de socavamiento basal realizada por el mar durante un período en el cual se habría encontrada más alto.

Finalmente, en los sectores más poblados generalmente ha sido el factor antrópico el que ha actuado como elemento disparador, por ejemplo a través de la construcción de caminos que han producido sobre empinamiento de las pendientes (caso del Cerro Chenque), como por problemas de estabilidad de pendientes debidas a fenómenos de subsidencia asociados a la extracción petrolera.

La acción de socavamiento basal realizada por el oleaje durante tormentas sobre la base de los acantilados, dispara fenómenos de remoción en masa, principalmente movimientos subverticales.

*Foto N° 3: Laderas*



*Fuente: ERM.*

### 2.4.3.1.3 Afloramientos de rocas volcánicas

#### **Remanentes de erosión**

Los afloramientos rocosos, debido a la naturaleza friable de las rocas aflorantes en la región solo ocupan un pequeño sector, relacionados a la ocurrencia de rocas volcánicas y calizas mesozoicas, generalmente forman las elevaciones más destacadas de la zona de estudio.

### 2.4.4 Conclusiones

Sobre la base de la geomorfología descrita, en función de la combinación de diferentes factores como el relieve relativo, el material superficial, la cobertura vegetal, la relación escurrimiento superficial infiltración, perturbación antrópica, erosión actual y la erosión potencial, se llegó a las siguientes conclusiones:

Las unidades geomorfológicas con un potencial medio a la erosión son los abanicos aluviales y las planicies estructurales que se ubican en el centro y N de la zona de estudio. El resto de las unidades son los bad lands, cauces, pedimentos, las escarpas y laderas. En base a su vegetación rala, con una relación escurrimiento infiltración media a elevada, con una erosión actual alta hace que posean un potencial alto a la erosión.

**Tabla N° 12: Características geomórficas observables**

Unidad Geomórficas	Relieve relativo	Material superficial	Cobertura vegetal	Escurrimiento/infiltración	Grado perturbación entrópica	Erosión actual	Erosión Potencial
Bad Land	Alto	Limo y arcilla	Rala	Alta	Media a alta	Alta	Alta
Cauce	Bajo a medio	Variado	Rala	Media	Media	Alta	Alta
Abanicos Aluviales	Medio	Gravas y arenas	Media	Media	Variable	Alta	Media
Planicies Estructurales	Bajo	Gravas y arenas	Media	Baja	Variable	Baja	Media
Pedimentos	Medio	Variable	Media a alta	Media	Baja	Baja	Alta
Escarpa Laderas	Alto	Variable	Media	Media	Media a alta	Alta	Alta

Fuente: Carta de Peligrosidad Geológica 4566-III SEGEMAR 2000.

En base a estas características, en el Mapa de Sensibilidad Geomorfológica (ver Anexo III-1) se identifican las áreas correspondientes a sectores de escarpas y laderas, remanentes de erosión, cauces, bad lands y pedimentos como sectores de alta sensibilidad geomorfológica, mientras que las zonas correspondientes a abanicos aluviales y planicies estructurales presentan una sensibilidad media.

## 2.5 GEOMORFOLOGÍA COSTERA

### 2.5.1 *Introducción*

En esta sección se presentan la descripción de la Geomorfología Costera del Área de Estudio, la dinámica costera y los problemas de erosión existentes en la franja costera del Golfo San Jorge.

### 2.5.2 *Metodología*

La presente línea de base geomorfológica se desarrolló en base a la recopilación y análisis de la información bibliografía existente. Asimismo la identificación de las principales geoformas costeras presentes en el Área de Estudio se realizó a partir de la evaluación e interpretación de cartografía específica y trabajos de los siguientes autores Codignotto, Kokot y Cavallotto.

En el Anexo III-1 se incluye el “Mapa de Geomorfología Costera”.

### 2.5.3 *Desarrollo*

Diversos factores han actuado o actúan condicionando la evolución de la configuración de la costa en el Área de Estudio. El área costera fue sometida a cambios de nivel del mar durante el Cuaternario y a movimientos de las costas por neotectonismo (Codignotto et al, 1992). Asimismo, la evolución de la costa en esta región está condicionada por la presencia de afloramientos de variada resistencia a la erosión y su relación con un mar de alta energía y rangos de marea que llegan hasta los 13 m de amplitud.

Estos factores determinan una costa de contorno, en la que alternan geoformas de erosión y de acreción. En aquellas áreas donde los afloramientos costeros presentan menor resistencia se desarrollan tramos rectos de costa, evidenciando el retroceso de la misma por erosión. Por otro lado, donde los afloramientos están constituidos por rocas resistentes se observan cabos y salientes de contorno irregular. Entre estos cabos se hallan bahías denominadas “de bolsillo” (Kokot *et al.*, 2005), en las que se dan las condiciones hidrodinámicas para la generación de geoformas de acumulación que suavizan el contorno costero.

A su vez, entre tramos de costa más o menos rectificadas se presentan también importantes golfos, que coincidirían con sectores en los que el mar transgredió e inundó bajos en el área continental.

En resumen, la costa en el Área de Estudio presenta un contorno en el que se observan tanto *Geoformas de Erosión Marina* como *Geoformas de Acreción Marina*. Las características y distribución de las mismas se describen en las dos secciones que se desarrollan a continuación.

### 2.5.3.1 *Geoformas de Erosión Marina*

De acuerdo al relevamiento realizado por Kokot *et al* (1996), las geoformas de Erosión Marina identificadas en el Área de Estudio son:

- 1) Acantilados marinos activos;
- 2) Acantilados marinos inactivos;
- 3) Plataformas litorales o plataformas de abrasión marinas (restingas);
- 4) Plataformas litorales elevadas y;
- 5) Cuevas, Arcos y Pilares marinos.

#### **Acantilados Marinos Activos**

Los acantilados activos están labrados sobre distintas litologías: Formación Patagonia, Formación Sarmiento, Complejo Volcánico Sedimentario e incluso sobre depósitos de cordones litorales pleistocenos. Están presentes a lo largo de casi toda la costa en el Área de Estudio, exhibiendo distintos grados de evolución y desarrollo.

En general, la evolución de sus frentes ha sido compleja, presentando formas de remoción en masa como flujos, deslizamientos rotacionales, vuelcos y caída de rocas, observándose también la participación de la acción fluvial, claramente advertida por la presencia de redes de drenaje con truncamientos y rejuvenecimientos locales.

Considerando el Área de Estudio, los acantilados de mayor desarrollo se localizan hacia el S de Comodoro Rivadavia, donde alcanzan alturas que superan los 40 m (acantilados que limitan la Bahía de Rada Tilly, Chubut). En zonas de escaso relieve y afloramiento de rocas duras los acantilados poseen menor desarrollo y se los denomina microacantilados.

#### **Acantilados Marinos Inactivos**

Su origen se encuentra asociado a la acción marina pasada. En la actualidad no se ven afectados por este proceso al encontrarse protegidos gracias a la presencia de geoformas de acumulación, como por ejemplo, por la interposición de depósitos de cordones litorales marinos.

Los principales acantilados inactivos en el Área de Estudio se localizan en Bahía Solano (Chubut) y en la cabecera de muchas bahías encontradas a lo largo de la costa, tal es el caso de Bahía Rada Tilly (Chubut), donde los cordones marinos holocenos han ido rellenoando una paleobahía, adosándose al paleoacantilado que constituye el contorno de la paleocosta.

Es de destacar que en ocasiones, la inactividad de ciertos paleoacantilados se encuentra asociada a la presencia de rellenos y construcciones que lo separaron de la zona de ataque de olas, como se observa en el paleoacantilado existente entre Punta Borja y Comodoro Rivadavia (Chubut). En este caso se habla de una inactividad inducida, y no debe descartarse la posibilidad de la reactivación del acantilado por eliminación o deterioro de la zona de relleno.

### **Plataformas Litorales o Plataformas de Abrasión Marinas**

Como una orla a lo largo de la costa se encuentran las plataformas de abrasión marinas (también denominadas “restingas”), asociadas a los acantilados, y que constituyen la evidencia del retroceso sufrido por la línea de costa como consecuencia del ascenso del nivel del mar durante el período postglacial cuaternario.

La mayoría de las plataformas de abrasión marina son horizontales, activas y de gran desarrollo, siendo las de mayor amplitud aquellas formadas sobre sedimentitas de la Formación Patagonia, las cuales alcanzan en algunos casos más de 200 m de ancho desde el frente acantilado; en afloramientos de la Formación Marifil (Complejo Volcánico Sedimentario) tienen anchos menores y suelen inclinar hacia el mar.

Estas geoformas alcanzan un gran desarrollo en la zona de Punta Borja (Chubut), Caleta Olivia y Puerto Mazarredo (Santa Cruz). Asimismo, producen un efecto disipador de la energía del oleaje en aquellas áreas donde alcanzan mayor amplitud, como ocurre en algunos tramos en los alrededores de Puerto Mazarredo.

Es posible observar evidencias de meteorización y de erosión diferencial sobre las superficies de estas plataformas, tales como la existencia de surcos, canales y pequeñas depresiones. La presencia de valles sumergidos en continuidad de ríos actualmente efímeros indican cambios climáticos y del nivel del mar, ocurridos desde la última glaciación. En el Área de Estudio, es posible citar las plataformas litorales al S de Punta Borja (Chubut) como las de mayor desarrollo. Allí, se observan escotaduras en coincidencia con los valles que desembocan en la costa

### **Plataformas Litorales Elevadas**

Estas geoformas tienen escaso desarrollo en el Área de Estudio, pudiendo identificarlas en aquellos sectores de la costa chubutense en los que aflora el Complejo Volcánico Sedimentario.

### **Cuevas, Arcos y Pilares Marinos**

Se trata de geoformas menores de erosión marina, desarrolladas principalmente en los afloramientos del Terciario (Formación Patagonia). Es común la presencia de cuevas en las proximidades de Comodoro Rivadavia (Chubut).

A lo largo de la costa es posible observar la presencia de pilares y arcos. Sin embargo, es de destacar que debido a la escasa resistencia de los afloramientos y a la elevada energía del mar, estas formas presentan una corta duración.

En la Foto N° 4 a la Foto N° 7 se presentan algunas de estas formaciones relevadas dentro del Área del Proyecto.

*Foto N° 4: Acantilado activo*



*Foto N° 5: Cuevas*





*Foto N° 6: Playa de grava*



*Foto N° 7: Restinga*



### 2.5.3.2 *Geoformas de Acreción Marina*

Las geoformas de Acreción Marina identificadas en el Área de Estudio (Kokot et al, 1996) son:

- 1) Cordones Litorales;
- 2) Playas; y
- 3) Planicies de marea.

#### **Cordones Litorales**

Se trata de depósitos formados por conjuntos de cordones constituidos por gravas arenosas, de hasta 5 m de espesor, adosados al continente con disposición paralela o subparalela a la costa actual, y que se disponen cerrando desembocaduras de cursos fluviales, rellenando paleobahías, engolfamientos, etc.

Existen depósitos de cordones litorales con distintas cotas relativas, lo cual está directamente relacionado con la altura del nivel del mar durante los distintos eventos de depositación.

A lo largo de la costa pueden diferenciarse terrazas de acreción marina constituidas por cordones litorales formados durante la transgresión marina del Pleistoceno y otras formadas durante la transgresión marina holocena.

Los cordones litorales pleistocenos están conformados por gravas, a veces arenosas, en algunos casos cementadas por carbonato de calcio, con la presencia de moluscos. En general presentan superficies edafizadas (a diferencia de los cordones litorales holocenos), y son fácilmente reconocibles por la alineación que presenta la vegetación arbustiva sobrepuesta.

Los cordones litorales holocenos están principalmente constituidos por gravas y gravas arenosas, y presentan intacta su morfología de crestas y senos bien diferenciados.

A continuación se listan los sectores costeros del Área de Estudio donde se observan las principales exposiciones de cordones litorales:

- Zona de Bahía Bustamante (Chubut): se observan cordones litorales pleistocenos paralelos a la costa (Feruglio, 1950);
- Bahía Solano (Chubut): se observa una serie de cordones litorales holocenos en la que el cordón contiguo a la playa posee una altura de 10-12 m;
- Caleta Córdova: se determinó la presencia de un cordón con una altura de unos 10 m;
- Comodoro Rivadavia (Chubut): se observa la presencia de una plataforma de acreción marina ubicada entre los 10 y 12 m;
- Al S de Comodoro Rivadavia se observan varias bahías que han sido acrecionadas por la formación de cordones litorales, entre ellas la Bahía de Rada Tilly, donde la terraza que constituyen los cordones litorales holocenos se halla cubierta por depósitos eólicos y en parte urbanizada;
- Entre Punta Márquez y Punta Delgada fue determinada la presencia de cordones litorales a una altura de entre 8 y 10 m;
- Al S de Punta Maqueda se identificó la presencia de una terraza ubicada entre 6 y 9 m.s.n.m. (Feruglio, 1950);
- La Lobería (Chubut): se determinó la presencia de un cordón litoral con una altura de 12-17 m.s.n.m. (Feruglio, 1950);
- A lo largo del camino que une Comodoro Rivadavia con Caleta Olivia aflora una terraza de acreción marina constituida por un conjunto de cordones litorales pleistocenos, separados por un acantilado inactivo de otra serie de cordones litorales de edad holocena, los cuales se prolongan hasta la playa actual (Kokot et al, 2005);
- Puerto Mazarredo (Santa Cruz): se observan grupos de cordones litorales pleistocenos y holocenos que fueron descriptos por Feruglio (1950).

Cabe destacar que en las áreas costeras urbanizadas los cordones se encuentran muy modificados por acción antrópica, por lo que puede resultar dificultosa su identificación en campo.

### **Playas**

A lo largo de casi toda la costa es posible observar playas, generalmente relacionadas con la presencia de cordones litorales y depósitos glacifluviales (Kokot, 2004). Están constituidas principalmente por gravas, pero también por arena proveniente de depósitos eólicos y fluviales y de la erosión de afloramientos de la Formación Patagonia y en general y presentan pendientes elevadas (Kokot *et al.*, 1996).

La presencia de playas en la zona se debe a un exclusivo control morfológico dado por la configuración costera (sectores de costa en los que se produce depositación de sedimentos por una disminución en la energía de las corrientes litorales) y no a la presencia de abundante material detrítico a lo largo de la costa.

### **Planicies de Marea**

En la zona de Bahía Bustamante provincia de Chubut se ha identificado la presencia de una planicie de marea activa de escasa extensión (Kokot *et al.*, 2005).

En la Caleta Malaspina hay marismas que ocupan una superficie de 1 km<sup>2</sup>; contienen limos arenosos finos a muy finos con alta proporción de arcilla cubiertos por vegetación halófila. También hay marismas en pequeños sectores ubicados al E y nordeste de la Bahía Bustamante (Cavallotto, 2008).

#### **2.5.3.3 Erosión Hídrica**

La erosión hídrica se manifiesta en el Área de Estudio, a pesar de que la mayoría de los cursos de agua son de carácter temporario, a través la presencia de conspicuos procesos de carcavamiento de escarpas de erosión y acantilados, los cuales en muchos casos se ven favorecidos por acción antrópica.

Por su parte, la acción marina denota una acentuada erosión sobre la línea de costa, excepto en las bahías ubicadas en la porción central del Área de Estudio, en las cuales se observan algunos sectores de acreción.

Actualmente la costa se encuentra en franco retroceso debido a los procesos de erosión, estando representada principalmente por acantilados activos y plataformas de abrasión marina. Este retroceso de la costa se advierte también en el truncamiento de cordones litorales pleistocenos y holocenos y de la red fluvial sobre la línea de costa, así como en la profundización del tramo inferior de algunos valles.

Es importante mencionar que para el área costera del Golfo San Jorge se ha determinado la existencia de una leve deriva litoral hacia el S (Codignotto *et*

al, 1989 y Codignotto *et al* 1990), lo que propiciaría la real o potencial distribución de contaminantes a lo largo de la costa, en esa dirección.

A su vez, cabe destacar que la actividad antrópica desarrollada en el Área de Estudio favorece muchos de los procesos descriptos precedentemente (remoción en masa, carcavamiento, erosión marina, etc.), potenciando los disparadores naturales que los desencadenan o actuando en sí mismos como disparadores de estos procesos. Como ejemplo pueden mencionarse el carcavamiento inducido por la construcción de caminos y la generación de escarpas producidas por desmontes, la desestabilización de pendientes por la construcción de caminos y el riego artificial excesivo, la inundación y/o erosión marina en áreas urbanas promovida por la eliminación de depósitos de gravas (canteras) correspondiente a cordones litorales, entre otros.

#### 2.5.3.4 *Zonificación de Riesgo*

De acuerdo al tipo e intensidad los procesos geomórficos actuantes en la región que comprende el Área de Estudio se han identificado distintas zonas y grados de riesgo (Kokot *et al*, 1996), en particular para 3 de los principales centros urbanos de la región y sus alrededores: Comodoro Rivadavia y Rada Tilly en Chubut y Caleta Olivia en Santa Cruz.

De acuerdo a las zonificación de riesgo establecida por Kokot *et al* (1996), cabe destacar las siguientes pautas generales acerca de la evolución de la geomorfología en el Área de Estudio:

- Algunos de los cabos al N de Punta Alta (Chubut) presentan una tendencia evolutiva hacia la erosión total y posterior rectificación de la línea de costa, en la Punta Alta propiamente dicha, y en la Punta Márquez. En estas áreas se determinó la existencia de zonas de erosión marina alta;
- El transporte de contaminantes hacia el S y la potencial acumulación en zonas de baja energía, tales como la Bahía de Rada Tilly se encuentra propiciado por una leve deriva litoral en esa dirección. Cabe destacar que la Bahía de Rada Tilly representa uno de los principales centros turísticos de la zona;
- Los procesos de erosión marina se ven acelerados debido a la presencia de canteras en zonas de cordones litorales de gravas disminuyendo la función protectora de estas geoformas. A su vez, se incrementa la susceptibilidad a inundaciones de las zonas aledañas, tanto por olas de tormenta como por potenciales futuros ascensos del nivel del mar. Este fenómeno se advierte actualmente, por ejemplo, en las zonas de Rada Tilly, al S de Punta Márquez (Chubut) y en la zona de Caleta Olivia (Santa Cruz);
- En determinados sectores costeros, como por ejemplo en la ciudad de Rada Tilly, la infraestructura existente (viviendas, caminos, comercios, etc.) se encuentran afectadas por el embate de olas de tormenta y por inundaciones (Codignotto *et al*, 1995);
- Se ha determinado la existencia de zonas de riesgo de remoción en masa debido a la inestabilidad de las pendientes; como ejemplo puede

mencionarse la zona entre Comodoro Rivadavia y Rada Tilly (Chubut), afectada por activos procesos de remoción en masa, principalmente en la zona costera. (Codignotto et al, 1995).

#### 2.5.4 *Conclusiones*

Los factores principales que han determinado la evolución geomórfica de la región corresponden a la litología y la estructura de las unidades aflorantes en el Área de Estudio. Asimismo, los procesos de remoción en masa son de gran relevancia debido a la baja resistencia de algunas rocas y a la inestabilidad de las pendientes.

La configuración actual de la costa se encuentra estrechamente ligada a las características de las rocas aflorantes y su interacción con un mar de alta energía y con grandes rangos de marea, que alcanzan los 13 m de amplitud. La resistencia diferencial de las rocas ante la erosión, sumada a procesos de inundación de bajos dio lugar a la actual configuración de la costa, conformada por cabos y salientes y por bahías y golfos.

Cabe mencionar como conclusión que el Área de Estudio presenta una elevada sensibilidad con respecto a los procesos geomórficos como la erosión marina y la remoción en masa. A su vez, es de importancia destacar la incidencia que puede tener la actividad antrópica sobre estos procesos, ya sea potenciándolos como desencadenándolos.

### 2.6 *TOPOGRAFÍA*

#### 2.6.1 *Introducción*

La presente caracterización topográfica permite tener un conocimiento más acabado de las formas del relieve, alturas, ubicación de los principales accidentes geográficos del área de estudio.

#### 2.6.2 *Metodología*

La presente línea de base topográfica se desarrolló en base a la recopilación y análisis de la información bibliográfica. Asimismo, se definieron puntos de interés a observar en campo, lo cual consistió en un relevamiento de caracterización visual y registro fotográfico de los accidentes topográficos relevantes.

En el Anexo III-1 se incluye el “Mapa Topografía y Drenajes”.

#### 2.6.3 *Desarrollo*

La mayor parte de la superficie cubierta por el área de estudio posee una pendiente de moderada a baja, desarrollándose entre una cota máxima 285 msnm y nivel del mar en la costa; se definen según la Carta de Peligrosidad Geológica 4566-III SEGEMAR 2000 cuatro diferentes zonas:

- Relieve abrupto;

- Relieve ondulado;
- Relieve suavemente ondulado; y
- Relieve llano.

A continuación se desarrolla la caracterización de dichos relieves.

### 2.6.3.1 *Relieve Abrupto*

Corresponde a las estribaciones de las planicies estructurales, en donde la zona se encuentra sometida a una fuerte degradación debida, principalmente, a la erosión hídrica, originando cañadones con orientación W-E, al N del área de proyecto y en el área urbana de Comodoro Rivadavia. En estos lugares la cota disminuye de manera pronunciada, hasta alcanzar el nivel del mar en la costa, y debido a una serie de factores, entre ellos, la disponibilidad de material y sus características físicas, se desarrollan procesos de remoción en masa, generando geoformas relacionadas con deslizamientos y flujos. Se encuentran escasos lugares muy aislados donde el relieve es abrupto en la zona de estudio.

### 2.6.3.2 *Relieve Ondulado*

En las zonas que existe una mayor distancia entre las “pampas” y el nivel de base, se desarrolla el relieve alomado con un menor grado de pendiente. Las geoformas que se desarrollan corresponden a los sectores distales de los deslizamientos y flujos y relieve de bad lands.

#### *Foto N° 8: Bad land*



Fuente: ERM.

### 2.6.3.3 *Relieve Suavemente Ondulado*

Las planicies presentan una suave ondulación debido los procesos de agradación y erosión que se suscitan. Predominan las geoformas relacionadas con la actividad fluvial y marina, como las planicies aluviales de los ríos y arroyos, abanicos aluviales, pedimentos y cordones litorales.

#### 2.6.3.4 *Relieve Llano*

Abarca los sectores NE del área de estudio. Comprende geoformas como la planicie estructural. El relieve es llano formándose bajos cuyos orígenes pueden ser diversos (eólico, estructural, etc.).

#### 2.6.4 *Conclusiones*

Sobre la base de la topografía descrita observamos que las máximas cotas no superan los 285 m sobre el nivel del mar (msnm). En estos casos desciende el nivel en forma pareja y suave en la mayoría del terreno con pequeñas ondulaciones con una orientación W-E hasta terminar en la cota 0 msnm sobre el área costera.

### 2.7 *EDAFOLOGÍA*

#### 2.7.1 *Introducción*

En esta sección se presenta la Línea de Base de la Edafología para el área de estudio generada a partir de trabajos de gabinete y relevamiento de campo.

El informe comprende la identificación, descripción y manifestación de los distintos tipos de suelos presentes en el área de estudio y la confección del correspondiente Mapa de Suelos incluido en el Anexo III-1.

#### 2.7.2 *Metodología*

Para la descripción de las características edafológicas del área de estudio se utilizó la clasificación taxonómica de la escuela americana (Soil Taxonomy, 1974) y la información bibliográfica disponible. Esta práctica tiene como propósito la caracterización de la calidad del suelo. Su interpretación es considerada como un proceso a través del cual los recursos edáficos son evaluados sobre la base de las funciones del suelo y de los cambios en las mismas que surjan en respuesta a un estrés natural o antrópico. La identificación de las propiedades del suelo e indicadores que sean suficientemente sensibles son una herramienta de suma utilidad si se desean detectar cambios en las funciones o procesos del suelo de interés (Carter *et al.* 1997).

La metodología empleada para la descripción y muestreos de los perfiles de suelos en el campo, mediante el relevamiento de calicatas naturales, se ha efectuado según las normas internacionales más utilizadas en la Argentina (Schoeneberger, P.J. *et al.*, 2002) las determinaciones se efectuaron como:

- La textura al tacto según lo recomendado por Foth (1980);
- La presencia de carbonatos por agregado de HCl.

Al describir el perfil tipo del área de estudio se encontró terreno antropizado en la zona S del área de estudio, y terreno sin antropizar en su mayoría exceptuando algunas localidades y caminos de circulación de vehículos y picadas sísmicas en la zona de estudio.

Los suelos de la región generalizando, exhiben un moderado a bajo grado de desarrollo pedogenético, entendiendo como desarrollo pedogenético la suma de una serie de características de los suelos entre los cuales se cuentan la profundidad, la diferenciación entre horizontes, el grado de expresión morfológica de las propiedades y la presencia de horizontes diagnósticos. Tal situación responde a una serie de factores, entre los que destaca las características bioclimáticas, la presencia de materiales superficiales gruesos y una activa morfogénesis pasada, lo que actuó en detrimento de los procesos pedogenéticos.

En el área de estudio los materiales originarios son fundamentalmente arenas, calcáreos, finos y gravas. Los suelos típicos que se desarrollaron sobre ellos pertenecen a los Órdenes *Entisoles*, *Aridisoles* y *Molisoles*. (Salazar Lea Plaza y otros, 1990):

- **Entisoles**, suelos con escaso o nulo grado de desarrollo, pocos profundos y perfiles simples;
- **Aridisoles**, mayor grado de desarrollo que los Entisoles, relacionados con las condiciones climáticas; y
- **Molisoles**, que aparecen en algunos casos, en forma local, en sitios con excedente hídrico estacional, originando un horizonte A1 con más del 1% de materia orgánica.

Cabe destacar que en el área de estudio también se presentan áreas de afloramientos rocosos, correspondientes a las formaciones Chenque y Sarmiento, también en superficie se localizan las playas de gravas (ver sección Geología para más detalle).

Se decidió tomar como representativo del área de estudio 3 calicatas, cada una de ellas caracterizada por uno de los 3 diferentes tipos de suelos encontrados.



Tabla N° 13: Ubicación Calicatas

Puntos relevados	Coordenadas Geográficas – WGS 84	
	Longitud	Latitud
Calicata 1 –Entisol	67° 22' 26.5" S	45° 41' 32.8" W
Calicata 2 - Aridisol	67° 22' 46.6" S	45° 46' 44.5" W
Calicata 3 – Molisol	67° 23' 31.7" S	45° 43' 01.7" W

Fuente: ERM.

### 2.7.3.1 Entisol

Calicata 1, Entisol. Principalmente de los Subórdenes Torriortentes (pendientes, abanicos aluviales y pedimentos), Torripsamentos (acumulaciones eólicas arenosas), Torrifluventes (planicies aluviales y abanicos aluviales).

Este sitio particular corresponde a un relieve de frente de planicie estructural. La posición es de interfluvios, con laderas complejas. A nivel regional posee una pendiente con un gradiente no mayor al 5%, una forma compleja, de longitudes medianas, con una regularidad de pendientes suaves y quebradas.

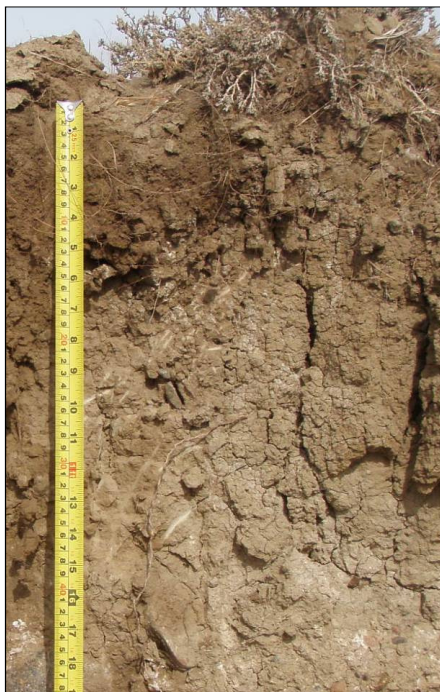
Posee erosión eólica evidenciada por montículos de arena fina a media formados entre los arbustos; también la acción hídrica es importante, observándose surcos de cursos intermitentes sobre los sedimentos.

El proyecto se encuentra en terreno natural en su mayoría no antropizado, el entorno esta intervenido principalmente por caminos y rutas en la parte N. En la parte S donde también encontraríamos suelos de este tipo la actividad antrópica es muy marcada debido a la existencia de la ciudad de Comodoro Rivadavia donde existen estos suelos en geoformas de pedimentos y pendientes.

El sector N y S del área de estudio se ubican en la Unidad Cartográfica que según el Atlas de Suelos de la República Argentina (Salazar Lea Plaza y otros, 1990) es una asociación de suelos ubicada en pendientes, pedimentos, planicies estructurales principalmente. Actualmente posee suelos con cobertura vegetal de tipo arbustiva en la parte N, mientras que la parte S se encuentra antropizada debido a la existencia de la Ciudad de Comodoro Rivadavia. El tipo de unidad cartográfica tiene de limitante principal la erosión eólica actual, la secundaria la erosión hídrica.

El contenido de materia orgánica es bajo, la textura superficial es generalmente de gravas y arenas, sin concentraciones carbonáticas, con un grado de desarrollo muy bajo.

Foto N° 9: Perfil expuesto en la Calicata 1 – 50cm – Tomada el 18 de Marzo 2014



Fuente: ERM.

Tabla N° 14: Características morfológicas del perfil de la Calicata 1

Horizonte	Potencia (cm)	Tipo de límite	Textura	Estructura	Color en seco, Munsell	Piedras	Raíces
A	20	Gradual irregular	Arenoso franco	Bloques angulares débiles	10YR5/4	-	Moderadas finas
Bt	25	Gradual ondulante	Franco limo arenoso	Bloques angulares moderado	10YR7/4	-	Muy aisladas finas

Fuente: ERM.

Tabla N° 15: Características físico-químicas – Calicata 1

Horizonte	Reacción a HCl (10%)	Consistencia	Adhesividad en saturación húmedo	Porosidad	Plasticidad en saturación
A	Negativa	Poco consolidado	No adhesivo	Específica - raíces	No plástico
Bt	Negativa	Consolidado	Ligeramente adhesivo	Específica - grietas	Ligeramente plástico

Fuente: ERM.

### 2.7.3.2 *Aridisol*

Calicata 2, *Aridisol*, mayor grado de desarrollo que los Entisoles, relacionados con las condiciones climáticas. Haplargides (terrazas estructurales y pedimentos, abanicos aluviales) con horizonte argílico. Calciortides con horizontes cálcicos (terrazas estructurales y abanicos aluviales).

Estos suelos corresponden en el área de estudio a los abanicos aluviales. La posición es de interfluvios planos, con laderas empinadas a suaves. A nivel regional posee una pendiente con un gradiente no mayor al 5%, de longitudes medianas, con una regularidad de pendientes suaves y quebradas.

Posee una erosión eólica representada por montículos de arena fina a media entre los arbustos, también la acción hídrica es importante que deja surcos de cursos intermitentes sobre los sedimentos.

En el área de estudio, estos suelos se encuentran en terreno natural (en su mayoría no antropizado), mientras que el entorno está intervenido principalmente por caminos y rutas en la parte centro oriental y líneas sísmicas con algunos caminos poco transitados en la zona centro occidental. Sobre la costa se encuentra la localidad portuaria de Caleta Córdova.

La zona central del área de estudio se ubica en la Unidad Cartográfica que según el Atlas de Suelos de la República Argentina (Salazar Lea Plaza y otros, 1990) es una asociación de suelos ubicada en pendientes suaves y abanicos aluviales principalmente. Actualmente posee suelos con cobertura vegetal de tipo arbustiva. El tipo de unidad cartográfica tiene de limitante principal la erosión eólica actual, la secundaria la erosión hídrica.

El contenido de materia orgánica es bajo, la textura superficial es generalmente de gravas y arenas y sub superficial materiales finos, sin concentraciones carbonáticas, con un grado de desarrollo moderado.

Foto N° 10: Perfil expuesto en la Calicata 2 – 40cm – Tomada el 18 de Marzo 2014



Fuente: ERM.

Tabla N° 16: Características morfológicas del perfil de la Calicata 2

Horizonte	Potencia (cm)	Tipo de límite	Textura	Estructura	Color en seco, Munsell	Piedras	Raíces
Ab	7	Difuso gradual ondulante	Franco Arenosa	Masiva	5YR7/2	Aisladas hasta 3cm	Muy aisladas finas
Bt	16	Difuso gradual ondulante	Franco Areno Limosa	Bloques sub angulares	10YR8/6	-	Muy aisladas finas
Ck	17	Claro irregular	Franco arenosa	granular	10YR8/2	-	-

Fuente: ERM.

Tabla N° 17: Características físico-químicas – Calicata 2

Horizonte	Reacción a HCl (10%)	Consistencia	Adhesividad en saturación húmedo	Porosidad	Plasticidad en saturación
Ab	Negativa	Ligeramente duro	No adhesivo	Específica – grietas y raíces	No plástico
Bt	Negativa	Ligeramente duro	Ligeramente adhesivo	Específica - grietas y raíces	No plástico
Ck	Positiva leve	duro	No adhesivo	Específica – grietas	No plástico

Fuente: ERM.

### 2.7.3.3 Molisoles

Calicata 3, Molisoles. En sitios con excedente hídrico estacional, originando un horizonte A1 con más del 1% de materia orgánica, (Calcixeroles o Haploxeroles).

Este sitio particular corresponde a un relieve de cauce temporal. En la zona de estudio se dan solo en lugares puntuales sin mucha distribución areal, pero con una distribución longitudinal de una orientación generalmente W-E.

La posición es de interfluvios, con laderas moderadas. A nivel regional posee una pendiente con un gradiente no mayor al 5%, una forma compleja, de longitudes medianas, con una regularidad de pendientes suaves y quebradas.

Posee una erosión eólica representada por montículos de arena fina a media entre los arbustos, también la acción hídrica es importante que deja surcos de cursos intermitentes sobre los sedimentos.

En las zonas puntuales de cauces dentro del área de estudio se ubica en la Unidad Cartográfica que según el Atlas de Suelos de la República Argentina (Salazar Lea Plaza y otros, 1990) es una asociación de suelos ubicada en cauces. Actualmente posee suelos con cobertura vegetal de tipo arbustiva. El tipo de unidad cartográfica tiene de limitante principal la erosión hídrica, la secundaria la erosión eólica.

El contenido de materia orgánica es bajo, la textura superficial es generalmente de gravas y arenas, con concentraciones carbonáticas, con un grado de desarrollo muy bajo a moderado.

Foto N° 11: Perfil expuesto en la Calicata 3 – 70cm – Tomada el 19 de Marzo 2014



Fuente: ERM.

Tabla N° 18: Características morfológicas del perfil de la Calicata 3

Horizonte	Potencia (cm)	Tipo de límite	Textura	Estructura	Color en seco, Munsell	Piedras	Raíces
A1	10	Claro plano	Arenoso franco	Masiva	10YR5/4	-	Muy aisladas finas
Bt	60	Gradual ondulante	Franco arenoso limoso	Masiva a Bloques sub angulares	10YR8/6	-	Muy aisladas finas

Fuente: ERM.

Tabla N° 19: Características físico-químicas – Calicata 3

Horizonte	Reacción a HCl (10%)	Consistencia	Adhesividad en saturación húmedo	Porosidad	Plasticidad en saturación
Ab	Negativa	Poco consolidado	No adhesivo	Específica - raíces	No plástico
Bt	Negativa	Consolidado	Ligeramente adhesivo	Específica - raíces	Ligeramente plástico

Fuente: ERM.

La ubicación de las calicatas se presenta en el Anexo III-1 “Mapas – Mapa de Suelos”.

#### 2.7.4 *Conclusiones*

En base a las características morfológicas y físico-químicas de los perfiles edáficos, sumado al grado de desarrollo y la susceptibilidad a la erosión, en general los suelos de la región son poco fértiles (algo más los Molisoles, ubicados al centro y NW del área de estudio en sectores de cauces temporales) y poco estables frente a la existencia de procesos degradativos. En particular, los Entisoles (área oriental de la zona de estudio) son muy poco resistentes, seguido de los Molisoles y los Aridisoles (ubicados al SW del área de estudio). Los suelos que poseen horizontes impermeables o poco permeables en profundidad (argílicos y petrocálcicos) presentan elevada susceptibilidad a la contaminación en la parte superior de los perfiles.

Asimismo, los horizontes argílicos poseen mayor capacidad de incorporación de elementos contaminantes pesados, al incorporarlos al complejo de intercambio de iones.

En base a las características anteriormente mencionadas, el área de estudio presenta una sensibilidad media en los sectores que presentan Torriortentes y Torrifluventes típicos y Haplargides xerólicos (aridisoles), mientras que los sectores de afloramientos rocosos y suelos Torrifluventes, Torriortentes y Torripsamientos típicos (entisoles) que presentan una sensibilidad alta (ver Mapa de Sensibilidad Edáfica en Anexo III-1).

En relación con la geomorfología, las unidades correspondientes a afloramientos rocosos, coincidentes geomorfológicamente con remanentes de erosión, y los suelos de planicies de erosión, badlands y pedimentos se caracterizan por poseer vegetación rala, una relación escurrimiento-infiltración media a elevada y una erosión actual significativa, por lo que sus suelos se consideran de Alta sensibilidad.

## 2.8 *HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA*

### 2.8.1 *Introducción*

La presente sección corresponde a la caracterización de los recursos hídricos superficiales continental y subterráneo en el área de estudio, realizada en base a información bibliográfica existente y a verificaciones y estudios efectuados en la campaña de campo.

### 2.8.2 *Metodología*

Para la caracterización del recurso hídrico en el área de proyecto se recurrió a una metodología que incluyó los siguientes pasos:

- Recopilación y evaluación de información existente: cartografía, imágenes satelitales, antecedentes de estudios geológicos e hidrogeológicos, datos climatológicos, etc.;

- Relevamiento de campo, que comprendió la recopilación de información y verificaciones “in situ” relacionadas con las características hidrológicas/hidrogeológicas de base del área de estudio; y
- Evaluación y procesamiento de la información recabada en campo, complementando la misma con la bibliografía específica de carácter regional y local.

### 2.8.3 *Desarrollo*

La red hídrica del área de estudio está representada por paleocauces de pequeño y gran tamaño correspondientes a grandes ríos y arroyos transitorios de una época antigua, con condiciones climáticas diferentes a las actuales, se deben a las grandes nevadas y deshielo de glaciares producidas en Pampa del Castillo con cursos dendríticos y orientación predominante W-E, poseen perfiles en “V” que se aprecian en los actuales cañadones, pasando a ríos mucho más anchos y con menor caudal en los tramos finales, formando valles más amplios, hasta desembocar en el mar.

#### 2.8.3.1 *Aguas superficiales continentales*

Debido a las características climáticas de la región, se denomina estacionaria a la red hídrica, es decir, la red de drenaje observable en el Mapa Topografía y Drenajes (ver Anexo III-1) es de tipo torrencial, ya que los cursos que la integran solo se activan durante la ocurrencia de las precipitaciones excepcionales o en épocas de mayores precipitaciones (otoño, invierno). No se encuentran cursos permanentes en las cercanías del área de estudio.

Existen algunos cursos netamente temporales cuya ocurrencia es solo bajo condiciones de lluvias torrencales extremas. En caso de que estos eventos ocurran, el flujo superficial será sobre los sedimentos cuaternarios correspondientes a depósitos recientes producidos por la meteorización de las rocas de edad terciaria. Su composición varía entre gravas, arenas, limos y arcillas, entremezclados en proporciones variables. Su rumbo limitado localmente es W-E en la parte S y WNW-ESE en la parte N debido a la topografía local.

Se observó que existen bajos de escasa amplitud areal con material arcillo – limoso los cuales son colectores de agua de precipitación, quedando manifestado por grietas de disecación evidenciando la alta tasa de evapotranspiración mucho mayor que las precipitaciones.

A continuación se presentan algunas fotos de las zonas donde se realizarán las operaciones exploratorias del proyecto.



*Foto N° 12: Cauce temporario*



*Fuente: ERM.*

*Foto N° 13: Cárcavas sobre borde de camino*



*Fuente: ERM.*

### **2.8.3.2 Aguas subterráneas**

Las aguas subterráneas en el área de estudio se alojan en las areniscas de las formaciones Chenque y Santa Cruz, representadas por areniscas de color gris verdoso, pelitas frecuentemente arcilitas, con abundante matriz arenosa y cemento calcáreo. Forman un acuífero multicapa o multiunitario de carácter regional, con zona de recarga en la Pañmpa del Castillo. Los acuíferos se encuentran a menor cota que la zona de estudio y la descarga ocurre preferentemente hacia la margen oriental de la Pampa del Castillo. En este sector drenan importantes caudales a través de manantiales, en general de aguas dulces.

El flujo de agua subterránea se produce a través de niveles areno-limosos de espesores variables, baja transmisividad y elevado tiempo de tránsito en el

medio poroso, y de acuerdo a la geología y la topografía regional se infiere que tiene una orientación W-E, en dirección a la costa.

Específicamente en el área de estudio, alejada de la zona de recarga, localizada a unos 80 km aproximadamente, en la Pampa del Castillo, podemos apreciar que el agua subterránea llega en mucho menor caudal y con elevados valores de salinidad, ya que se trata de aguas incorporadas durante la última desglaciación, con largos tiempos de tránsito. Por esta razón el recurso se considera no renovable en términos prácticos de tiempos de explotación humana.

La utilización como recurso se encuentra restringida a las aguas ubicadas por encima de la cota de 300 m sobre el nivel del mar aproximadamente. Hacia la zona de descarga, a menores alturas topográficas se incrementa la salinidad debido a su pasaje por los sedimentos marinos de las formaciones Terciarias. En zonas costeras, además, la salinidad de los acuíferos se ve influenciada por la dinámica de las cuñas salinas, o intrusiones de agua salada del mar sobre los acuíferos costeros.

En particular en el subsuelo de la ciudad de Comodoro Rivadavia, el agua es escasa y de mala calidad por su elevada salinidad. Se aloja en acuíferos semi-confinados y por sus características no es utilizable para ningún fin.

#### 2.8.4

#### *Conclusiones*

Las inundaciones producidas por la acción de la lluvia y fluvial suele afectar la infraestructura, como rutas y caminos. El último registro de temporal fue el 11 de abril de 2014, con de 43,2 mm de precipitaciones en 6hs, provocando el anegamiento de calles y viviendas en distintos sectores de la ciudad de Comodoro Rivadavia, en particular en el sector N la situación fue crítica en los barrios Saavedra, Mosconi y sectores de Kilómetro 8. Asimismo, se registraron inundaciones en la Ruta Nacional 3 entre los kilómetros 14 y 17, y generación de zanjas y fisuras que afectaron las Rutas 3 y 39.

Las inundaciones ocasionadas por la acción marina (marejadas) ocasionan graves pérdidas en los principales centros urbanos como Comodoro Rivadavia y Caleta Córdova y a las rutas y caminos principales que unen ambas poblaciones.

El acuífero somero freático (hasta 50 m aproximadamente) y el profundo (entre 100 y 300 m de profundidad) poseen un bajo caudal y mala calidad de las aguas subterráneas. Ambos se encuentran ubicados en las formaciones Terciarias. En el área de estudio la utilización de las aguas subterráneas, se ve limitada debido a la disminución de los caudales y la elevada salinidad, producto de los significativos tiempos de tránsito de las mismas desde la zona de recarga en la Pampa del Castillo hacia las zonas de descarga cerca de la costa. Por el origen de la recarga, atribuido a la última desglaciación, se considera un recurso no renovable en relación a los tiempos de explotación humana.

En los acuíferos que alcanzan la costa la salinidad se ve también influenciada, además, por la dinámica de las cuñas o intrusiones salinas.

En la ciudad de Comodoro Rivadavia en particular, debido a los escasos caudales y la elevada salinidad de las aguas, se considera que el recurso es no utilizable.

## 2.9 OCEANOGRAFÍA

### 2.9.1 *Introducción*

La descripción de las principales características oceanográficas del área del proyecto es de particular importancia para estimar el comportamiento del campo sonoro durante el relevamiento sísmico mediante modelación acústica.

La modelación acústica utiliza las características específicas del área en estudio para establecer pérdidas por transmisión del sonido en el medio y así estimar con criterio conservativo distancias mínimas de protección para la fauna marina.

La propagación del sonido emitido por la fuente sísmica depende de características locales del medio como la salinidad, temperatura, batimetría y tipo de sedimentos de fondo.

En este estudio se han considerado los siguientes aspectos para la descripción de la oceanográfica del área del proyecto:

- Ubicación del Área en Estudio;
- Accidentes costeros;
- Batimetría;
- Caracterización física de los sedimentos superficiales de fondo;
- Caracterización química de los sedimentos;
- Clima de olas;
- Mareas;
- Corrientes;
- Calidad de agua; y
- Ruido ambiente.

### 2.9.2 *Metodología*

Se recopiló y analizó información oceanográfica para el Golfo San Jorge en general y para el área en estudio en particular consultando las fuentes que se indican a continuación:

- Servicio de Hidrografía Naval (SHN);
- Servicio Meteorológico de la Armada Argentina (SMARA);
- Instituto Nacional de Investigaciones Pesqueras (INIDEP);
- Centro Argentino de Datos Oceanográficos (CEADO)

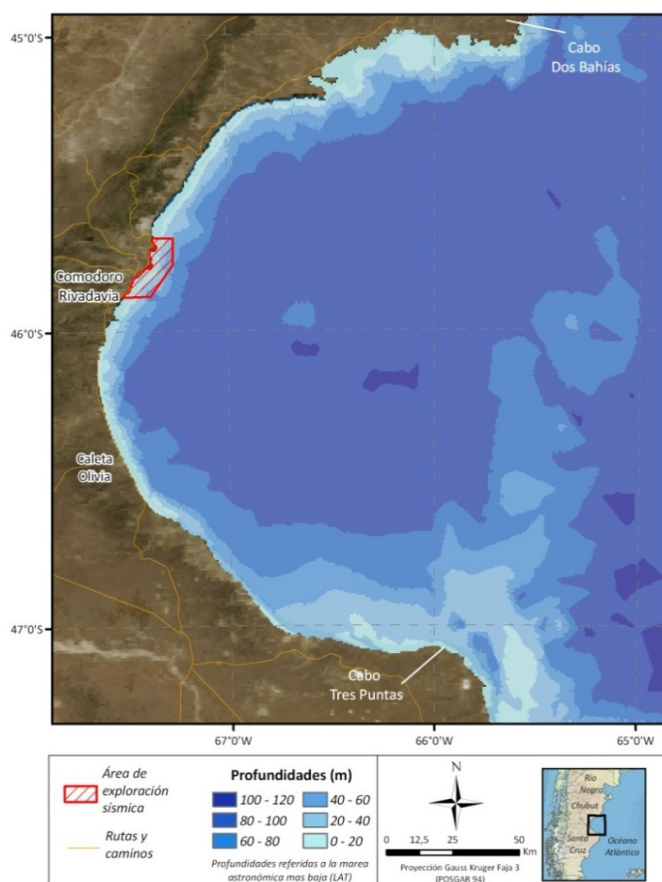
- Secretaría de Energía (SE);
- Prefectura Naval Argentina (PNA);
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET);
- Universidad de Buenos Aires (UBA);
- Fundación Patagonia Natural (FPN)
- Informes técnicos y Publicaciones Científicas en bibliotecas e Internet;
- Bases de datos de modelos globales;

### 2.9.3 Desarrollo

#### 2.9.3.1 Ubicación del Área de Estudio

El Golfo San Jorge está ubicado en el SW del Océano Atlántico, dentro del Mar Argentino. Se trata de una cuenca semi-abierta con una superficie aproximada de 39.340 km<sup>2</sup> (Vinuesa, 2005) limitada al N por el Cabo Dos Bahías y al S por el Cabo Tres Puntas.

Figura N° 6: Ubicación del Área de Exploración Sísmica en el Golfo San Jorge



Fuente: ERM

La distancia entre estos dos cabos que delimitan la amplia boca del golfo es aproximadamente 244 km, mientras que la distancia máxima entre la costa y la boca del golfo es aproximadamente 148 km. La costa del sector N del golfo es en general acantilada, presentando bahías, puertos protegidos, numerosas

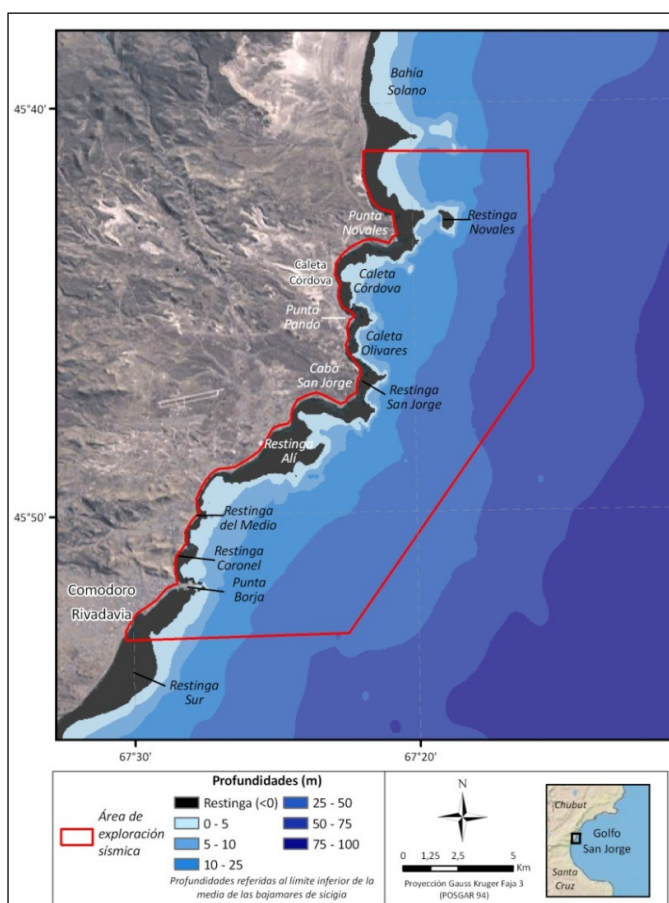
islas y bajíos. En la costa S sólo se encuentran algunas ligeras ensenadas, completamente abiertas.

El área de estudio ocupa una estrecha franja costera de 197 km<sup>2</sup> en la parte central del golfo. Esta se extiende en dirección E-W desde la línea de costa hasta una distancia aproximada de 10 km mar adentro y en dirección N-S desde 45° 41'S hasta 45° 53'S según puede verse en la Figura N° 6.

### 2.9.3.2 Accidentes costeros

La parte N del área del proyecto comienza al S de Bahía Solano y desciende con dirección S hasta poco antes de Cabo San Jorge. Esta región incluye Restinga Novales, Caleta Córdova y Caleta Olivares. A partir de Caleta Olivares, el lote se orienta hacia el SW hasta unos 2,7 km antes de Punta Borja. Esta zona incluye Restinga San Jorge, Restinga Alí, Restinga del Medio y la parte N de Restinga S.

Figura N° 7: Accidentes costeros del área correspondiente al proyecto Restinga Alí Offshore



Fuente: ERM

Las restingas se indican en la Figura N° 7 con profundidades negativas (< 0) con respecto al plano de reducción de sondeos de la zona, dado por el límite inferior de la media de las bajamareas de sicigia. Esto se debe a que las profundidades se toman positivas para todos los puntos situados por debajo

del plano de reducción y negativas para los situados por encima, como es el caso de las restingas.

Restinga Novales se extiende hasta aproximadamente 2,5 km de la costa. Permanece descubierta en media marea y se la puede considerar una prolongación natural de la restinga generada por Punta Novales.

Caleta Córdova se encuentra entre Punta Novales y Punta Pando. Su entrada de 2,2 km de ancho está limitada al N por la roca Extrema ubicada al SSE de Punta Novales y al S por el desprendimiento de la restinga de Punta Pando.

Caleta Olivares se sitúa entre Punta Pando y Cabo San Jorge. Las costas que la rodean son altas y caen a pique sobre el mar, excepto al SW donde se abre una pequeña playa. De la costa se desprenden grandes restingas que velan en bajamar; la mayor de ellas es la restinga de San Jorge que se proyecta hacia el E cerca de 1 km y sobre la cual rompe normalmente el mar.

Desde cabo San Jorge hacia el S, la costa del golfo descende hacia el SW unos 18 km, bordeada por restingas interrumpidas sólo por algunas ensenadas con playas de pedregullo.

La restinga Alí se encuentra aproximadamente 3,7 km al S-SW del Faro San Jorge y a unos 2 km de la costa. Se cubre en pleamar pero queda señalada por la rompiente. La restinga S se encuentra unos 7 km al SW de restinga Alí y es la mayor del golfo. La Restinga del Medio, de menor tamaño que las anteriores, se ubica entre las restingas Alí y S, extendiéndose hasta unos 500 m mar adentro.

### 2.9.3.3 *Batimetría*

Para describir la batimetría del área de estudio y de las zonas contiguas se utilizaron las cartas náuticas del SHN (Servicio de Hidrografía Naval) cuyos nombres se indican en la Tabla N° 20.

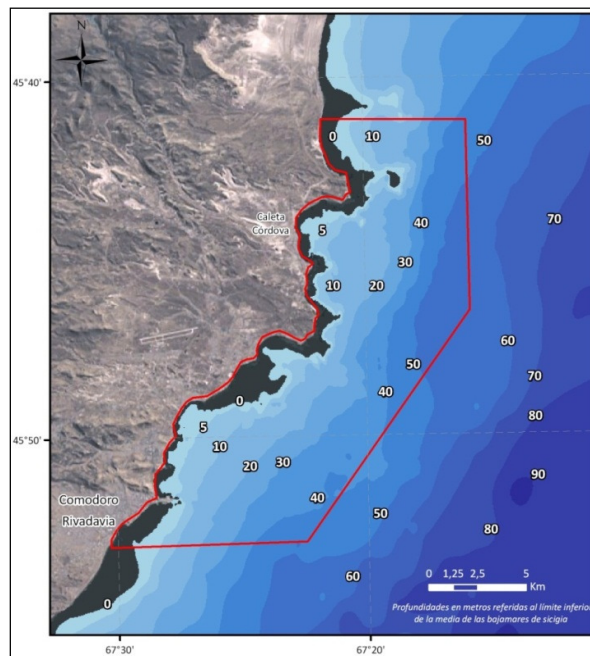
**Tabla N° 20: Referencias cartográficas utilizadas en el presente estudio**

Carta Número	Título	Fuente	Escala
12	Golfo San Jorge. De Cabo Dos Bahías a Punta Médanos	SHN	1:100.000
13	Golfo San Jorge. De Punta Médanos a Isla Quintano	SHN	1:100.000
14	Canal Leones y Bahía San Gregorio	SHN	1:20.000
14	Fondeadero Leones	SHN	1:7.500
15	Golfo San Jorge. Bahías Gil y Huevo	SHN	1:10.000
15	Caleta Horno	SHN	1:2.500
16	Golfo San Jorge. De Punta Guanacos a Punta Castillos	SHN	1:20.000
17	Golfo San Jorge. Isla Tova	SHN	1:25.000

Carta Número	Título	Fuente	Escala
19	Cabo Tres Puntas a Bahía Laura	SHN	1: 200.000
19	Cabo Blanco. Caleta Sur	SHN	1:7.500
H-310	Golfo San Jorge	SHN	1:350.000
H-355	Bahía Solano	SHN	1:30.000
H-356	Caleta Córdova y Olivares	SHN	1:20.000
H-357 A	Rada Comodoro Rivadavia	SHN	1:20.000
H-357 B	Puerto Comodoro Rivadavia	SHN	1:5.000
H-359	Caleta Olivia y Caleta Paula	SHN	1:25.000
H-359	Puerto Caleta Paula	SHN	1:12.500
37	Bahía Solano a Caleta del Fondo	SHN	1:100.000
59	Golfo San Jorge	SHN	1:400.000

Fuente: ERM

Figura N° 8: Batimetría del área en estudio



Fuente: ERM

Como puede verse en la Figura N° 6 la boca del golfo presenta en su parte S un umbral cercano a los 75 m de profundidad con dirección aproximada N-S mientras que en la zona N de la boca las profundidades se encuentran entre 80 m y 95 m. Las mayores profundidades se encuentran en el centro del golfo al igual que ocurre en la mayoría de los golfos patagónicos.

La Figura N° 8 muestra con más detalle la batimetría de la zona en estudio. Las profundidades del área van desde 0 m hasta cerca de 55 m en las zonas más profundas. Las isobatas siguen aproximadamente el contorno de la línea de costa con orientación SO-NE. La isobata de 10 m se encuentra a una distancia aproximada de la costa de 1 km frente a Punta Novales y de 0,3 km frente a Punta Borja, mientras que para la isobata de 20 m estas distancias son de 2 km y 3 km respectivamente.

La isobata de 40 m con un trazado casi paralelo a la anterior se separa de la costa entre unos 4 km frente a Punta Novales y 5 km frente a Punta Borja.

#### 2.9.3.4 *Caracterización Física de los Sedimentos Superficiales de Fondo*

Los resultados de los análisis granulométricos realizados en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge, indican clases texturales, con un rango de tamaño de grano entre grava (canto rodado > de 4 mm) y arcilla fina - muy fina (partículas < a 0,001 mm).

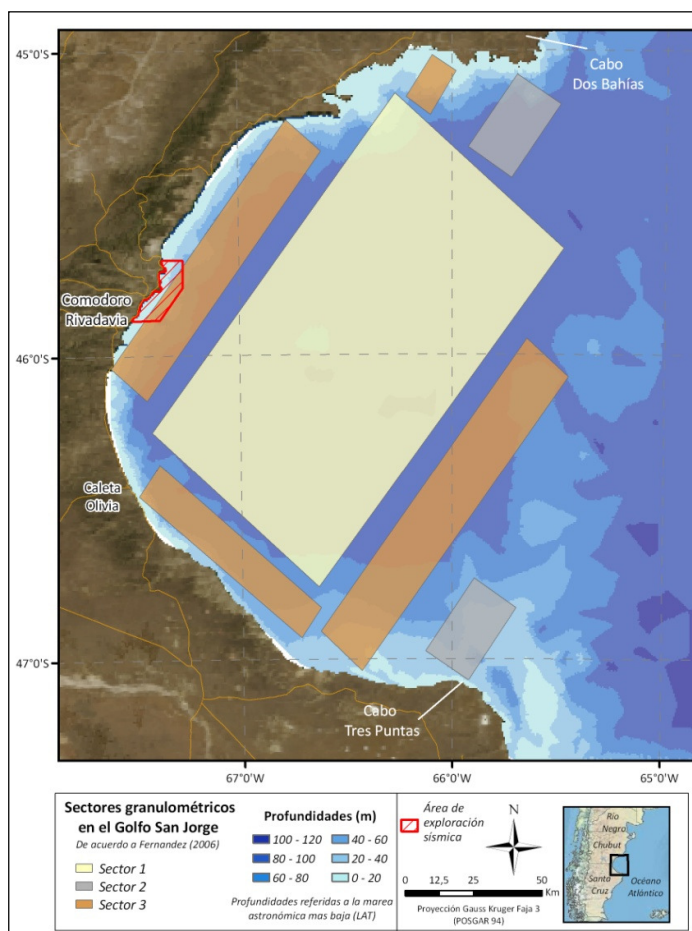
Los tipos sedimentarios que encuentran representación son: grava, grava arenosa, arena gravosa, arena limosa, limo, limo arenoso, limo arcilloso y arcilla limosa, observándose una predominancia del tipo limo arcilloso. (Fernández *et al*, 2005).

La información elaborada por el INIDEP (Fernández *et al*, 2003), señala que se identifican tres sectores bien definidos según la granulometría de los sedimentos dentro del Golfo San Jorge, según muestra la Figura N° 9.

- Sector 1: comprende las zonas costeras que incluyen al Cabo Dos Bahías y al Cabo Tres Puntas. Está caracterizado por el predominio de gravas y arenas (fracción granulométrica gruesa) y por el elevado contenido de carbonatos;
- Sector 2: comprende la zona central y profunda del golfo, donde predominan limos y arcillas;
- Sector 3: comprende la zona costera y la zona SE entre Cabo Tres Puntas y el interior del golfo, considerado un sector de transición entre los sectores 1 y 2. En esta zona predominan las arenas finas.



Figura N° 9: Sectores del Golfo San Jorge según la granulometría de los sedimentos



Fuente: ERM, adaptado de Fernández et al, (2003)

Como puede verse en la Figura N° 9 el área del proyecto ocupa parte del Sector 3.

El componente principal característico en la zona localizada al N del Cabo Tres Puntas es el limo, con valores que oscilan entre 47,56% y 76,26%, siendo la arena el segundo componente en importancia, con valores entre 17,66% y 45,87% (Fernández et al, 2003).

La zona central del golfo se caracteriza por un contenido de limo que oscila entre 60,98% y 92,75%, mientras que la arcilla representa el segundo componente en importancia, con valores entre 7,25% y 38,53% (Fernández et al, 2003).

Las zonas costeras de Comodoro Rivadavia y Cabo Aristizábal, presentan características particulares. La primera de ellas, reúne porcentajes semejantes de arena y limo. La segunda se clasifica como eminentemente limosa (Fernández et al, 2003).

Durante los cruceros de investigación científica realizados en Golfo San Jorge en noviembre de 1999 y enero de 2000 a bordo del RV "Capitán Oca Balda" (INIDEP), OB-06/99, OB-03/00 y OB-10/00 se llevaron a cabo análisis

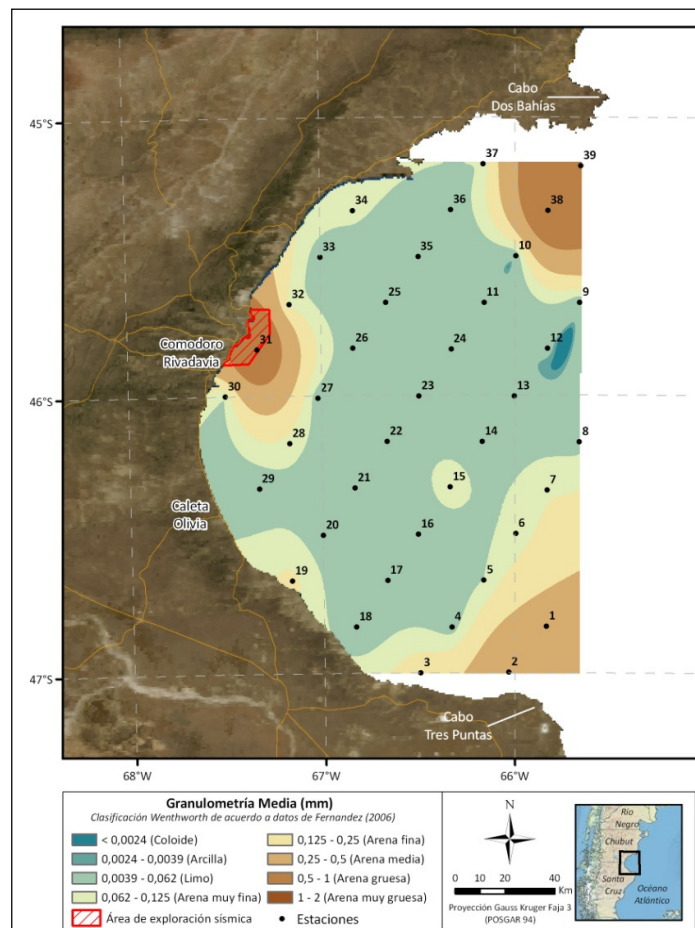
granulométricos, físicos y químicos de los sedimentos superficiales en un total de 39 estaciones de muestreo distribuidas a lo largo y ancho del golfo.

La ubicación de estas estaciones puede verse en la Figura N° 10, donde también se observa que una sola de estas estaciones se ubicó dentro del área del proyecto.

Con los resultados del análisis granulométrico de dichas muestras se elaboró un mapa de granulometría media según la clasificación de Wentworth para el área de Golfo San Jorge.

En este mapa que se presenta en la Figura N° 10 puede apreciarse que según la clasificación de Wentworth la granulometría media de los sedimentos dentro del área de exploración corresponde mayormente a arena gruesa (0,5 mm a 1 mm) y a arena media (0,25 mm a 0,5 mm).

**Figura N° 10: Granulometría media de los sedimentos según la clasificación de Wentworth para el área de Golfo San Jorge y ubicación de las estaciones de muestreo**

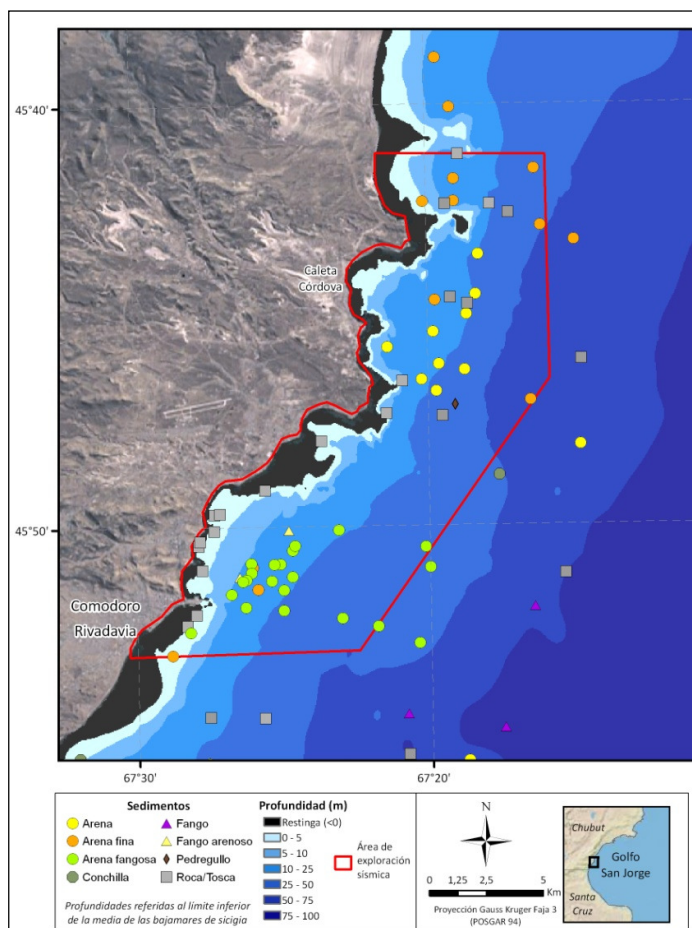


Fuente: ERM, con datos del INIDEP

Sobre la base de información incluida en las cartas náuticas indicadas en la Tabla N° 20, la Figura N° 11 muestra los distintos tipos de sedimentos presentes en la zona de exploración.

Los sedimentos predominantes en el área en estudio corresponden a distintos tipos de arena, en coincidencia con los resultados obtenidos durante los cruceros de investigación científica del INIDEP.

**Figura N° 11: Tipos de sedimentos presentes en la zona del proyecto según las cartas náuticas del SHN**



Fuente: ERM con datos de cartas náuticas del SHN

### 2.9.3.5 Caracterización Química de los Sedimentos Superficiales de Fondo

Para la caracterización química de los sedimentos se extrajeron muestras con un extractor por gravedad y una draga tipo "Picard" y se determinaron los siguientes parámetros:

- Materia orgánica total (MOT);
- Carbono orgánico total (COT);
- Nitrógeno total (TN);
- Relación C:N;
- Clorofila *a* (Cl *a* (S));
- Feopigmentos (Feop (S));
- Hidrocarburos; y
- Metales pesados.

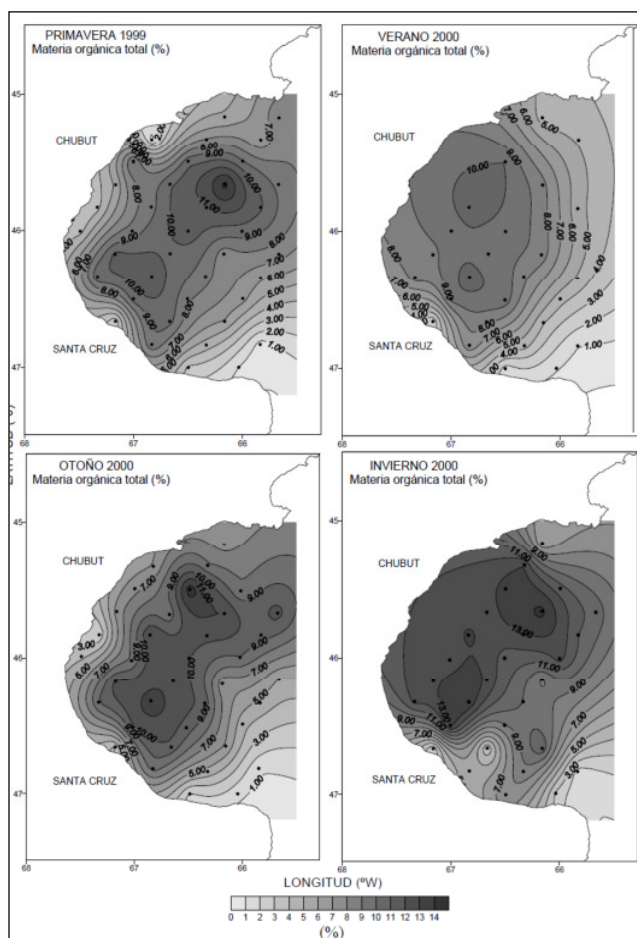
Los resultados obtenidos utilizando análisis estadísticos multivariantes, permitieron dividir al golfo en tres sectores bien definidos, que coinciden geográficamente con los identificados por Fernández et al, (2003) según la distribución de las fracciones granulométricas (Figura N° 9).

### 2.9.3.5.1 *Materia Orgánica Total*

El ciclo estacional de la distribución horizontal de la concentración de MOT presenta gran amplitud, con valores máximos en invierno (14,24 %) y mínimos (0,59%) en primavera.

Si se considera el valor medio, se observa una disminución de la concentración de MOT de primavera a verano (de 7,34 % a 6,71 %), con un leve incremento en otoño (7,42 %) y un aumento significativo en invierno (10,00 %). (Fernández et al, 2005).

**Figura N° 12: Distribución horizontal de MOT (%) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge**



Fuente: Fernández et al, 2005.

Los valores máximos en general se observan en el sector central del golfo y los mínimos hacia la costa, principalmente en el sector costero W y en los extremos del golfo. (Fernández et al, 2005).

Los valores máximos, mínimos y medios estacionales para todo el golfo se presentan en la Tabla N° 21 y en la Tabla N° 22 para cada sector identificado en la Figura N° 9.

**Tabla N° 21: Distribución horizontal de la concentración de MOT (%) en sedimentos para el Golfo San Jorge**

	Primavera 1999	Verano 2000	Otoño 2000	Invierno 2000
Mínimo	0,59	1,04	1,17	1,58
Máximo	13,33	10,48	12,73	14,24
Media	7,34	6,71	7,42	10,00
DS	3,08	3,07	3,13	3,77

Nota: DS, Desvío Standard. Fuente: Fernández et al, 2005.

**Tabla N° 22: Distribución horizontal de la concentración de MOT (%) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9.**

	Primavera 1999			Verano 2000			Otoño 2000			Invierno 2000		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Mínimo	8,42	0,96	<b>0,59</b>	5,38	1,04	<b>4,07</b>	6,30	1,17	<b>1,79</b>	5,99	1,58	<b>2,10</b>
Máximo	13,33	7,96	<b>8,72</b>	10,48	1,12	<b>4,83</b>	12,73	1,38	<b>9,68</b>	14,24	13,06	<b>10,71</b>
Media	9,82	3,73	<b>5,98</b>	8,92	1,08	<b>4,51</b>	9,66	1,28	<b>5,26</b>	11,69	6,57	<b>6,70</b>
DS	1,10	2,47	<b>2,23</b>	1,24	0,06	<b>0,27</b>	1,45	0,15	<b>2,21</b>	2,00	5,34	<b>3,63</b>

Fuente: Fernández et al, 2005.

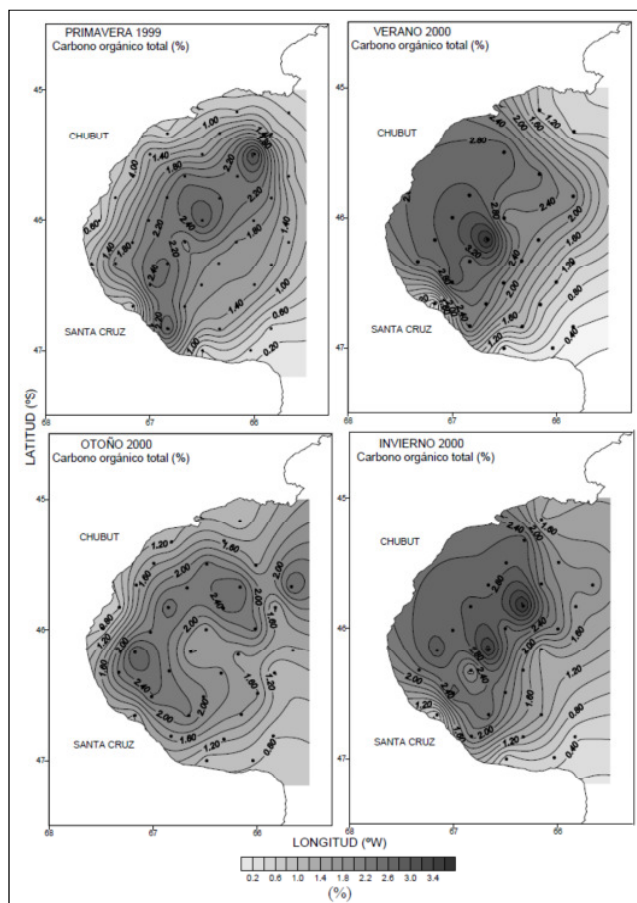
Nota: DS, Desvío Standard. Las siglas S1, S2, S3 corresponden a una división de sectores de acuerdo a lo indicado en la Figura N° 9. El área del proyecto corresponde al Sector 3.

### 2.9.3.5.2 **Cárbono Orgánico Total**

La distribución horizontal de la concentración de COT expresada en porcentaje presenta máximos en invierno (2,03 %) y verano (2,02 %). mientras que los mínimos se dan en primavera (1,56 %) y otoño (1,71 %). (Fernández et al, 2005).

Los valores máximos se localizaron en el sector central del golfo de sentido SW-NE y los valores mínimos principalmente en el sector costero W y en los extremos del golfo. (Fernández et al, 2005).

**Figura N° 1: Distribución horizontal de COT (%) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge**



Fuente: Fernández et al, 2005.

Los valores máximos, mínimos y medios estacionales para todo el golfo se presentan en la Tabla N° 23 y en la Tabla N° 24 para cada sector identificado en la Figura N° 9.

**Tabla N° 23: Distribución horizontal de la concentración de COT (%) en sedimentos para el Golfo San Jorge**

	Primavera 1999	Verano 2000	Otoño 2000	Invierno 2000
Mínimo	0,32	0,42	0,76	0,42
Máximo	3,18	3,98	2,86	3,74
Media	1,56	2,02	1,71	2,03
DS	0,74	1,00	0,61	0,88

Nota: DS, Desvío Standard. Fuente: Fernández et al, 2005.

Tabla N° 24: Distribución horizontal de la concentración de COT (%) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9

	Primavera 1999			Verano 2000			Otoño 2000			Invierno 2000		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Mínimo	1,38	0,32	<b>0,54</b>	2,12	0,42	<b>1,10</b>	1,31	0,81	<b>0,76</b>	1,33	0,42	<b>0,43</b>
Máximo	13,33	7,96	<b>8,72</b>	10,48	1,12	<b>4,83</b>	12,73	1,38	<b>9,68</b>	14,24	13,06	<b>10,71</b>
Media	9,82	3,73	<b>5,98</b>	8,92	1,08	<b>4,51</b>	9,66	1,28	<b>5,26</b>	11,69	6,57	<b>6,70</b>
DS	1,10	2,47	<b>2,23</b>	1,24	0,06	<b>0,27</b>	1,45	0,15	<b>2,21</b>	2,00	5,34	<b>3,63</b>

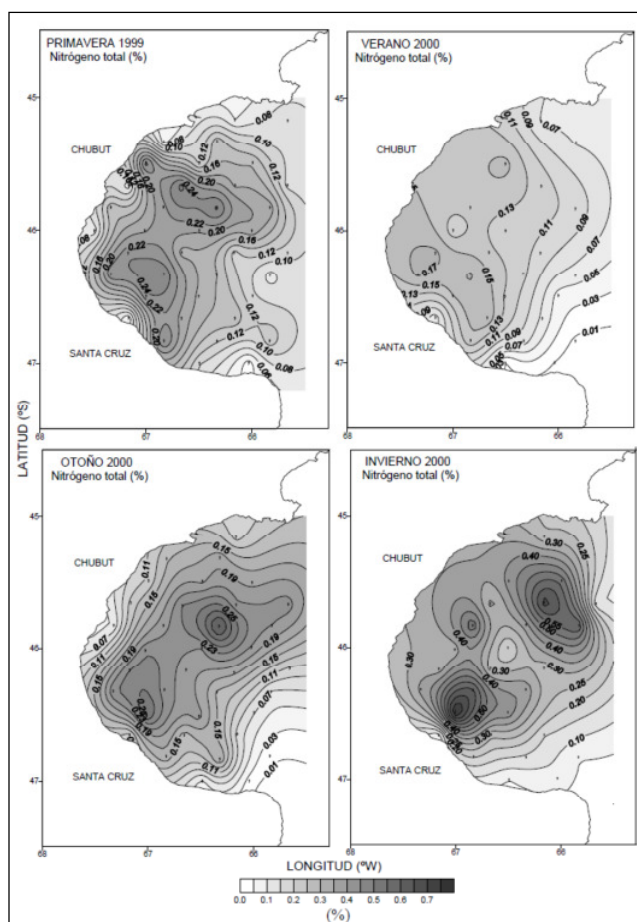
Fuente: Fernández et al, 2005.

Nota: DS, Desvío Standard. Las siglas S1, S2, S3 corresponden a una división de sectores de acuerdo a lo indicado en la Figura N° 9. El área del proyecto corresponde al Sector 3.

### 2.9.3.5.3 Nitrógeno Total

El ciclo estacional de la distribución horizontal de la concentración de NT presenta valores máximos en invierno (0,77 %) y mínimos (0,01%) en verano. Si se considera el valor medio para todo el golfo, se observa una disminución de la concentración de NT de primavera a verano (0,15 % a 0,10 %), un pequeño incremento en otoño (0,16 %) y un aumento significativo en invierno (0,33 %).

Figura N° 13: Distribución horizontal de NT (%) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge



Fuente: Fernández et al, 2005.

En todos los meses de estudio se observaron los valores máximos en el sector central, más profundo del golfo de sentido SW-NE y los valores mínimos en el sector costero W y en los extremos del golfo. (Fernández et al, 2005).

Los valores máximos, mínimos y medios estacionales para todo el golfo se presentan en la Tabla N° 25 y en la Tabla N° 26 para cada sector identificado en la Figura N° 9.

**Tabla N° 25: Distribución horizontal de la concentración de NT (%) en sedimentos para el Golfo San Jorge**

	Primavera 1999	Verano 2000	Otoño 2000	Invierno 2000
Mínimo	0,03	0,01	0,02	0,05
Máximo	0,27	0,18	0,32	0,77
Media	0,15	0,10	0,16	0,33
DS	0,07	0,05	0,07	0,19

Nota: DS, Desvío Standard. Fuente: Fernández et al, 2005.

**Tabla N° 26: Distribución horizontal de la concentración de COT (%) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9**

	Primavera 1999			Verano 2000			Otoño 2000			Invierno 2000		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Mínimo	0,12	0,03	<b>0,04</b>	0,10	0,01	<b>0,04</b>	0,15	0,02	<b>0,04</b>	0,11	0,05	<b>0,05</b>
Máximo	0,27	0,32	<b>0,18</b>	0,18	0,01	<b>0,08</b>	0,32	0,02	<b>0,17</b>	0,77	0,26	<b>0,21</b>
Media	0,21	0,13	<b>0,10</b>	0,14	0,01	<b>0,07</b>	0,21	0,02	<b>0,10</b>	0,40	0,14	<b>0,12</b>
DS	0,04	0,09	<b>0,04</b>	0,03	0,00	<b>0,01</b>	0,04	0,00	<b>0,04</b>	0,15	0,09	<b>0,08</b>

Fuente: Fernández et al, 2005.

Nota: DS, Desvío Standard. Las siglas S1, S2, S3 corresponden a una división de sectores de acuerdo a lo indicado en la Figura N° 9. El área del proyecto corresponde al Sector 3.

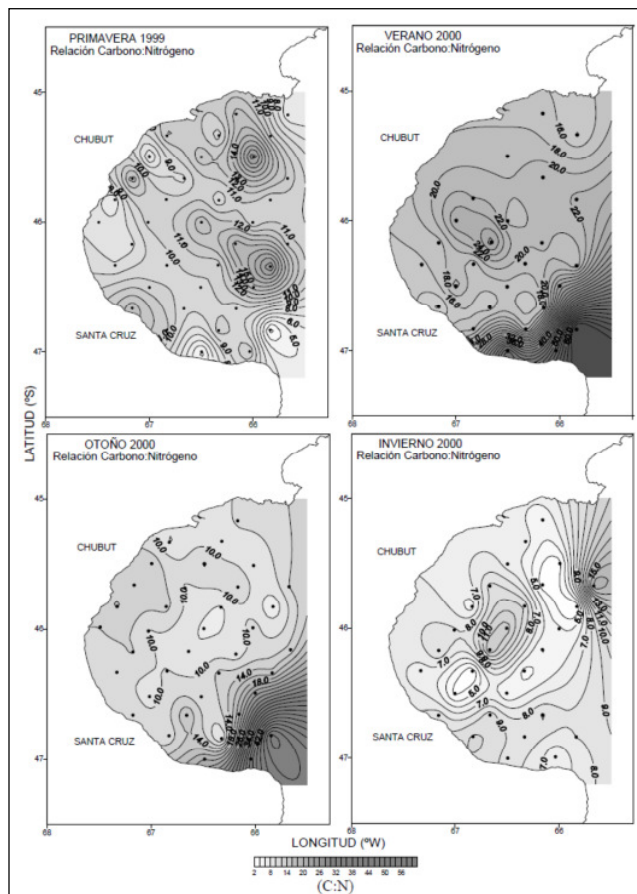
#### 2.9.3.5.4 Relación C:N

Los valores de la distribución horizontal de la relación C:N oscilaron entre 2,41 y 69,48. Si se consideran los valores medios estacionales para todo el golfo, la relación es mínima en invierno (7,43) registrándose un incremento significativo de primavera (10,67) a verano (23,75).

En cuanto a la relación espacial, los valores de la relación C:N inferiores a 10,55 se concentran en el sector central del golfo en otoño e invierno mientras que en primavera, los valores inferiores a 10, se registran en el sector S, con un gradiente positivo de E a W. En verano los valores de la relación C:N, superan 11,45 registrándose valores extremos (entre 30,00 y 69,48) en el sector sudeste del golfo. (Fernández et al, 2005).



**Figura N° 2: Distribución horizontal de la relación C:N en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge**



Fuente: Fernández et al, 2005.

Los valores máximos, mínimos y medios estacionales de la relación C:N para todo el golfo se presentan en la Tabla N° 27 y en la Tabla N° 28 para cada sector identificado en la Figura N° 9.

**Tabla N° 27: Distribución horizontal de la relación C:N en sedimentos para el Golfo San Jorge**

	Primavera 1999	Verano 2000	Otoño 2000	Invierno 2000
Mínimo	0,13	11,45	6,22	2,76
Máximo	20,29	69,48	53,36	18,09
Media	10,67	23,75	13,52	7,43
DS	3,67	13,40	9,04	3,46

Nota: DS, Desvío Standard. Fuente: Fernández et al, 2005.

Tabla N° 28: Distribución horizontal de la relación C:N en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9

	Primavera 1999			Verano 2000			Otoño 2000			Invierno 2000		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Mínimo	5,50	0,13	<b>7,69</b>	11,45	53,15	<b>17,34</b>	6,22	40,85	<b>7,19</b>	2,76	6,03	<b>8,52</b>
Máximo	20,24	13,58	<b>20,29</b>	29,59	69,48	<b>28,98</b>	12,75	53,36	<b>23,19</b>	18,09	9,72	<b>10,18</b>
Media	10,61	7,29	<b>12,25</b>	20,19	61,32	<b>17,17</b>	9,96	47,11	<b>13,80</b>	7,13	8,12	<b>9,16</b>
SD	3,13	4,72	<b>3,27</b>	3,96	11,55	<b>4,77</b>	1,99	8,85	<b>4,48</b>	3,95	1,56	<b>0,75</b>

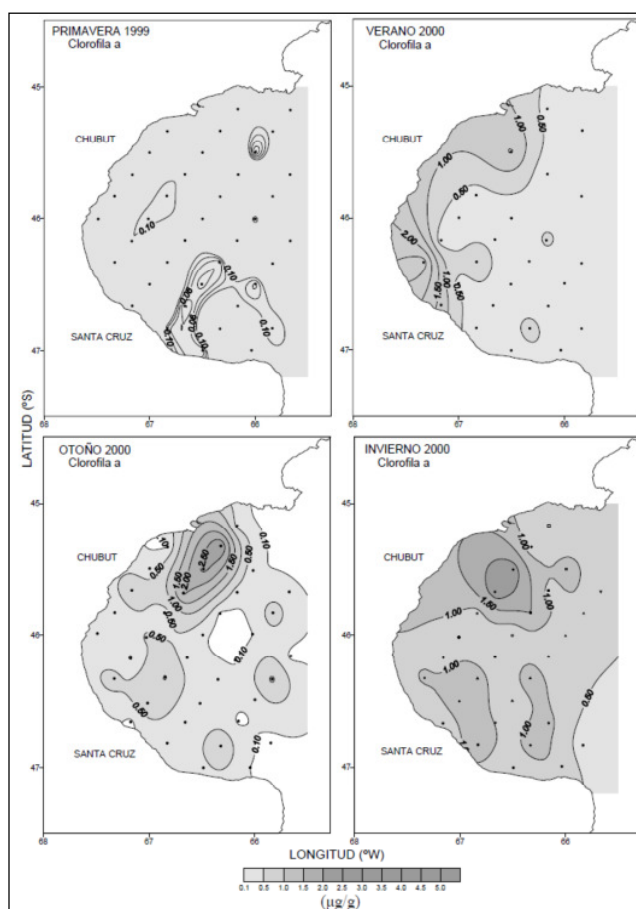
Fuente: Fernández et al, 2005.

Nota: DS, Desvío Standard. Las siglas S1, S2, S3 corresponden a una división de sectores de acuerdo a lo indicado en la Figura N° 9. El área del proyecto corresponde al Sector 3.

### 2.9.3.5.5 Clorofila a

El ciclo estacional de la distribución de la concentración de clorofila *a* en sedimentos presenta valores máximos en invierno (5,02  $\mu\text{g/g}$ ) y mínimos (0,01  $\mu\text{g/g}$ ) en primavera. El valor medio aumenta de primavera a invierno (de 0,26  $\mu\text{g/g}$  a 1,54  $\mu\text{g/g}$ ).

Figura N° 14: Distribución horizontal de la concentración de Clorofila *a* ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge



Fuente: Fernández et al, 2005.

Especialmente se observa que en otoño e invierno los valores máximos se localizaron en núcleos, mientras que en verano en el sector costero W del golfo. (Fernández et al, 2005).

Los valores máximos, mínimos y medios estacionales de la concentración de Clorofila *a* para todo el golfo se presentan en la Tabla N° 29 y en la Tabla N° 30 para cada sector identificado en la Figura N° 9.

**Tabla N° 29: Distribución horizontal de la concentración de Clorofila *a* ( $\mu\text{g/g}$ ) en sedimentos para el Golfo San Jorge**

	Primavera 1999	Verano 2000	Otoño 2000	Invierno 2000
Mínimo	0,01	0,05	0,01	0,15
Máximo	0,89	2,75	2,96	5,02
Media	0,26	0,47	0,51	1,54
DS	0,25	0,60	0,69	1,16

*Nota: DS, Desvío Standard. Fuente: Fernández et al, 2005.*

**Tabla N° 30: Distribución horizontal de la concentración de Clorofila *a* ( $\mu\text{g/g}$ ) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9**

	Primavera 1999			Verano 2000			Otoño 2000			Invierno 2000		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Mínimo	0,01	0,04	<b>0,03</b>	0,09	0,05	<b>0,13</b>	0,04	0,01	<b>0,01</b>	0,51	0,15	<b>0,87</b>
Máximo	0,89	2,41	<b>0,81</b>	2,75	0,33	<b>0,68</b>	2,96	0,10	<b>1,11</b>	5,02	1,16	<b>1,29</b>
Media	0,29	0,53	<b>0,25</b>	0,56	0,19	<b>0,32</b>	0,68	0,06	<b>0,35</b>	1,78	0,70	<b>1,13</b>
SD	0,30	0,84	<b>0,21</b>	0,71	0,20	<b>0,22</b>	0,87	0,06	<b>0,35</b>	1,30	0,44	<b>0,20</b>

*Fuente: Fernández et al, 2005.*

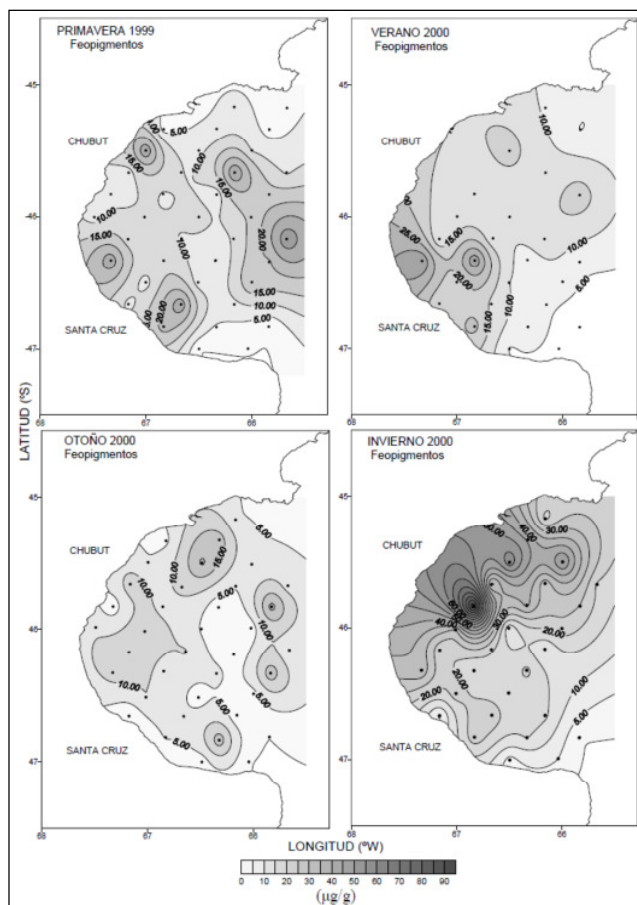
*Nota: DS, Desvío Standard. Las siglas S1, S2, S3 corresponden a una división de sectores de acuerdo a lo indicado en la Figura N° 9. El área del proyecto corresponde al Sector 3.*

### 2.9.3.5.6 Feopigmentos

La variación estacional de feopigmentos muestra valores máximos en invierno (95,78  $\mu\text{g/g}$ ) y mínimos en otoño (0,06  $\mu\text{g/g}$ ). El valor medio aumenta de primavera a invierno (de 11,86  $\mu\text{g/g}$  a 24,77  $\mu\text{g/g}$ ), con un descenso en otoño y un incremento en invierno.

En relación a la distribución horizontal de este parámetro, se observa que en general los valores máximos se ubican en el sector central del golfo principalmente hacia la costa W. (Fernández et al, 2005).

Figura N° 15: Distribución horizontal de la concentración de Feopigmentos ( $\mu\text{g/g}$ ) en los sedimentos superficiales del Golfo San Jorge



Fuente: Fernández et al, 2005.

Los valores máximos, mínimos y medios estacionales de la concentración de Feopigmentos ( $\mu\text{g/g}$ ) para todo el golfo se presentan en la Tabla N° 31 y en la Tabla N° 32 para cada sector identificado en la Figura N° 9.

Tabla N° 31: Distribución horizontal de la concentración de Feopigmentos ( $\mu\text{g/g}$ ) en sedimentos para el Golfo San Jorge

	Primavera 1999	Verano 2000	Otoño 2000	Invierno 2000
Mínimo	0,24	1,15	0,06	0,52
Máximo	34,06	35,28	22,20	95,78
Media	11,86	12,34	7,68	24,77
DS	8,77	8,20	6,13	19,15

Nota: DS, Desvío Standard. Fuente: Fernández et al, 2005.

**Tabla N° 32: Distribución horizontal de la concentración de Feopigmentos ( $\mu\text{g/g}$ ) en sedimentos para los sectores 1, 2 y 3 de la Figura N° 9**

Valor	Primavera 1999			Verano 2000			Otoño 2000			Invierno 2000		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Mínimo	6,83	0,24	<b>2,91</b>	7,47	1,15	<b>5,81</b>	1,28	0,06	<b>0,34</b>	10,57	0,52	<b>2,97</b>
Máximo	30,54	9,56	<b>34,06</b>	35,28	3,42	<b>8,55</b>	22,20	0,46	<b>18,48</b>	95,78	23,04	<b>23,00</b>
Media	15,85	3,64	<b>10,80</b>	15,47	2,29	<b>9,15</b>	9,24	0,26	<b>6,60</b>	30,28	8,17	<b>14,31</b>
SD	8,28	3,61	<b>8,37</b>	8,41	1,61	<b>1,19</b>	6,12	0,28	<b>5,77</b>	20,01	10,10	<b>8,32</b>

Fuente: Fernández et al, 2005.

Nota: DS, Desvío Standard. Las siglas S1, S2, S3 corresponden a una división de sectores de acuerdo a lo indicado en la Figura N° 9. El área del proyecto corresponde al Sector 3.

### 2.9.3.5.7 Hidrocarburos y de metales pesados

La caracterización de calidad de los sedimentos en cuanto a concentración de hidrocarburos y de metales pesados se desarrolla en base a la información de mediciones realizadas por Fundación Patagónica Natural. (FPN), (Gil y et al., 1996), donde se analizaron concentraciones de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, y de metales (Mercurio, Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc), en muestras de sedimentos de la costa patagónica.

Los resultados analíticos se comparan con niveles internacionales de referencia debido a que no existen niveles guía de calidad de sedimentos marinos a nivel provincial ni nacional. En la siguiente tabla se presentan los estándares considerados para dicha comparación.

**Tabla N° 33: Niveles internacionales de referencia**

Parámetro	PEL o Nivel de Efecto Probable	
	NOAA <sup>1</sup> (ppm)	Canadian Council <sup>2</sup> (ppm)
Total PAHs	16,7	NE
Zinc	271	271
Cobre	108,2	108
Cadmio	4,21	4,2
Plomo	112,2	112
Mercurio	0,696	0,7

Nota:

1: Screening Quick Reference Table for Inorganics in Solids, NOAA, 1993

2: Canadian Environmental Quality Guidelines for Sediments, 2002. Canadian Council of Ministers of the Environment

Del total de estaciones de muestreo, ubicadas en la costa patagónica, incluidas en el estudio por FPN, cinco de ellas se encontraban en el Golfo San Jorge (ver siguiente tabla).

**Tabla N° 34: Estación, lugar y fecha de muestreo**

N°	Localidad	Fecha de muestreo
1	Rada Tilly	marzo-junio 1995
2	Comodoro Rivadavia	marzo-junio 1995
3	Caleta Córdova	marzo-junio 1995

Fuente: Gil et al. (1996).

En cada una de las estaciones se llevó a cabo el muestreo de sedimentos de la zona de pleamar colectando muestras en tres perfiles (0-3 cm; 3-6 cm; 6-9 cm) para análisis de hidrocarburos, metales pesados, materia orgánica y granulometría (Gil et al., 1996).

Como se muestra en la Tabla N° 35 el análisis granulométrico evidencia sedimentos de textura gruesa con claro predominio de las fracciones arena y grava sobre los finos.

**Tabla N° 35: Características de los sedimentos muestreados**

Lugar	Estación	Perfil de sedimento (cm)	Fino (%)	Arena (%)	Grava (%)	Materia Orgánica (%)
Rada Tilly	Playa	0 - 9	0,3	99,7	0	0,96
Comodoro Rivadavia	Puerto	0 - 9	0,2	99,8	0	0,82
		9,- 12	2,3	97,7	0	1,91
	km 4	0-3	0,1	27,4	72,5	-
Caleta Córdova	Puerto	0-9	0,1	50,3	49,6	-

Fuente: Gil et al. (1996).

Los resultados obtenidos por Gil y colaboradores (1996) para los análisis de metales pesados en sedimentos se presentan en la Tabla N° 36.

**Tabla N° 36: Concentración de metales pesados en sedimentos en las distintas estaciones**

Fecha	Lugar	Estación	Perfil de sedimento (cm)	Zinc (ppm)	Cobre (ppm)	Cadmio (ppm)	Plomo (ppm)	Mercurio (ppm)
Marzo 95	Comodoro Rivadavia	Puerto km 4/5	0 - 9	130	7,2	n.d.	23,0	n.d.
			9 - 12	190	23,8	n.d.	32,0	n.d.
			0 - 3	54,9	4,5	n.d.	n.d.	n.d.
Marzo 95	Caleta Córdova	Puerto	0 - 9	53,0	13,0	n.d.	26,0	n.d.

Nota: n.d.: no detectable. Límite detección del equipo: Zn: 0,47; Cu: 0,64; Cd: 0,27; Pb: 1,8; Hg: 0,005.

Fuente: Gil et al. (1996).

Cabe destacar que todos los valores de los metales pesados estudiados fueron hallados por debajo de los niveles internacionales de referencia presentados en la Tabla N° 33. Sin embargo, el impacto de las ciudades como Comodoro Rivadavia y Caleta Córdova, se manifiesta claramente por la concentración de los metales analizados. (Gil et al., 1996)

El parámetro de hidrocarburos aromáticos fue analizado por fluorescencia (Gil et al., 1996) y los resultados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 37: Concentraciones de hidrocarburos aromáticos totales**

Lugar	Estación	Nivel	Perfil	Hidrocarburos (µg/g)	Mat. Org. (*) %
Rada Tilly	Playa	Superior	0 - 3	1,3	1,5
			3 - 6	1,0	
Comodoro Rivadavia	Cem. Com.	Superior	0-3	67,3	2,1
			3 - 6	58,9	
	km 4/5	Superior	0-3	20,2	
		Puerto 1	Superior	0-3	
	Puerto 2		Superior	3 - 6	
0-3		75,7			
Caleta Córdova	Puerto	Superior	0-3	107,8	1,6
			3 - 6	169,6	

*Nota: n.d., no detectable. Fuente: Gil et al. (1996).*

Con respecto a los resultados de hidrocarburos aromáticos se hallaron las máximas concentraciones en Comodoro Rivadavia y Caleta Córdova, superando el valor del nivel internacional de referencia presentado en la Tabla N° 33.

En general, entre los perfiles superior (0-3 cm) y subsuperficial (3-6 cm), no se encontraron diferencias apreciables, salvo para el caso del sedimento de Caleta Córdova en donde el perfil 3-6 cm tuvo una concentración de 170 µg/g mientras que el superficial (0-3 cm) fue de 108 µg/g. De acuerdo a los autores esto puede asociarse a un evento de derrame anterior a la sedimentación de la capa superficial.

Los autores estudiaron la correlación entre los hidrocarburos aromáticos y la materia orgánica pero no hallaron resultados significativos que asocien estas dos variables (Gil et al., 1996).

Estos hallazgos son consistentes con los realizados por Estévez y colaboradores (1993) en el año 1989 en Chubut y en la costa N de Santa Cruz. En este estudio las mayores concentraciones se observan siempre en Caleta Córdova y Comodoro Rivadavia. Sin embargo, los últimos datos tomados en 1995 muestran una concentración mayor en Caleta Córdova. Posiblemente este incremento sea producto de los últimos derrames producidos en esta localidad (Gil et al., 1996).

Según Gil y colaboradores (1996), los sedimentos de la zona del Golfo San Jorge están contaminados con hidrocarburos de origen antrópico. A su vez, durante los trabajos de investigación detectaron presencia de petróleo fresco en todas las estaciones del Golfo.

Asimismo, hallaron que altas concentraciones de hidrocarburos se encuentran asociadas a texturas gruesas, sugiriendo la presencia de una contaminación importante, dada la conocida afinidad de los hidrocarburos con las fracciones finas (texturas limosas y arcillosas) que generalmente exhiben mayores concentraciones de hidrocarburos (Gil et al., 1996).

### 2.9.3.6 *Clima de Olas*

Para describir el clima de olas en la zona del proyecto, se utilizaron datos de reanálisis obtenidos a partir del sistema de modelado de olas NOAA MULTIGRID WAVEWATCH III (NMWW3). Estos datos provienen de simulaciones numéricas que calculan el espectro direccional del oleaje, a partir de condiciones meteorológicas dadas, durante un período de tiempo.

Cuando las condiciones meteorológicas son pasadas se producen las denominadas bases de datos de reanálisis (hindcast). El reanálisis a partir de modelos oceánicos de olas se ha convertido en una herramienta habitual para complementar la disponibilidad limitada de datos observacionales.

En el sistema de modelado NMWW3 el modelo WAVEWATCH III™ multi-grid (Tolman, 2002b, 2008) es forzado con viento a 10 m proveniente del modelo GFS (Global Forecast System). WAVEWATCH III™ multi-grid es un modelo espectral de olas de tercera generación empleado como modelo operacional de pronóstico de olas en NCEP (National Center for Environmental Prediction) desde diciembre de 2007.

En la Tabla N° 38 se sintetizan las características básicas del sistema NMWW3.

**Tabla N° 38: Características básicas del sistema de modelado de olas NMWW3**

Tipo	Forzado con	Cobertura	Resolución	Prof. mínima
Global	Viento GFS a 10 m	77,5° S – 77,5° N 0° W – 359.5° W	0,5° x 0,5°	25 m

Fuente: *Environmental Modeling Center, NOAA, 2014.*

El sistema NMWW3 fue utilizado para desarrollar una base de datos global de reanálisis de olas que se extiende desde febrero de 2005 hasta noviembre de 2013 (106 meses) a intervalos de tres horas.

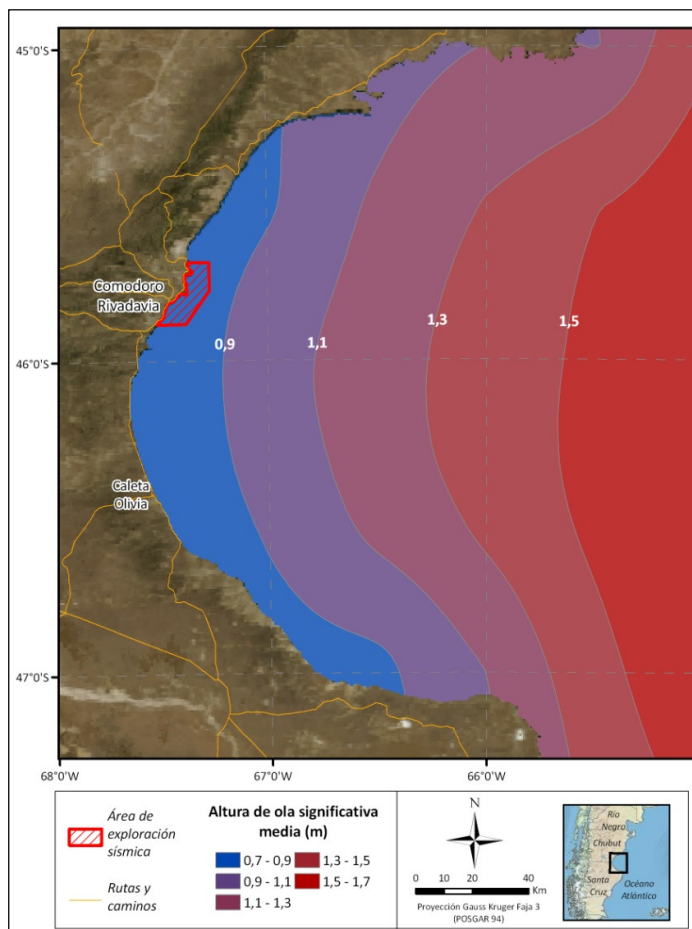
Esta base de datos contiene una serie de variables asociadas a espectros de olas oceánicas y a vientos, a saber:

- Altura significativa (Hs)
- Período de pico espectral (Tp)
- Dirección media en el período de pico espectral (Dp)
- Velocidad y dirección del viento a 10 m, del modelo GFS (Ws)

En la Figura N° 16 se presenta la distribución espacial de altura significativa media para Golfo San Jorge, obtenida a partir de la base de datos mencionada sobre 18 puntos de grilla del sistema NMWW3, para el período febrero 2005 a noviembre 2013.



Figura N° 16: Altura significativa de ola media para Golfo San Jorge



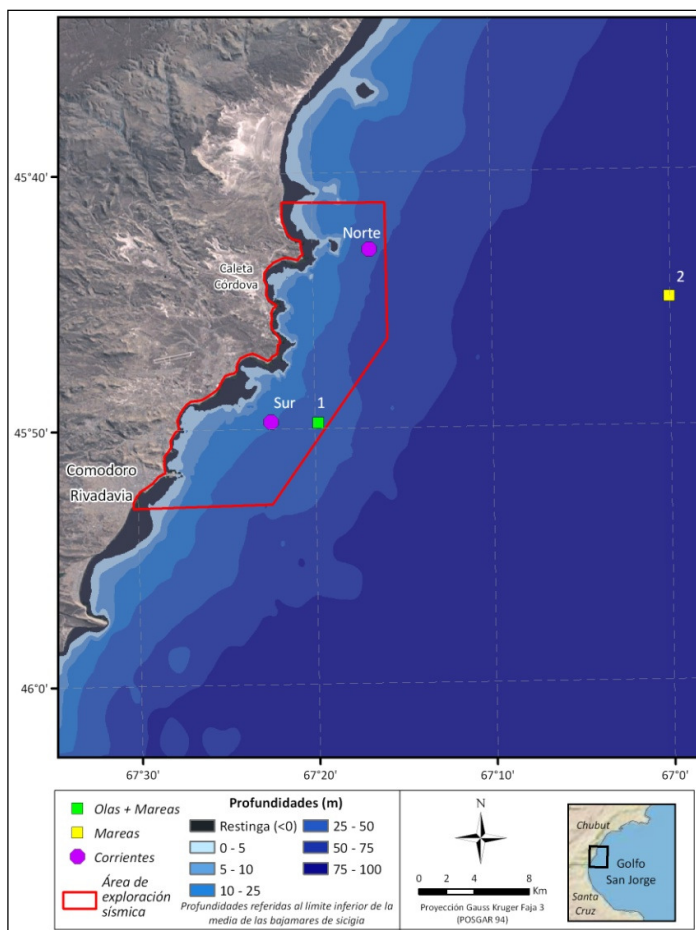
Fuente: ERM con datos Environmental Modeling Center, NOAA

La altura significativa media dentro del área en estudio se encontró por debajo de 0,9 m para el período analizado.

La Figura N° 17 muestra los puntos seleccionados para obtener datos de modelos globales de olas, marea y corrientes.

En el punto 1 indicado en color verde, se obtuvieron las series de tiempo de altura significativa de ola, dirección media en el período de pico espectral y período de pico espectral, utilizando datos de la base de reanálisis de olas descrita previamente para el período febrero 2005 a noviembre 2013.

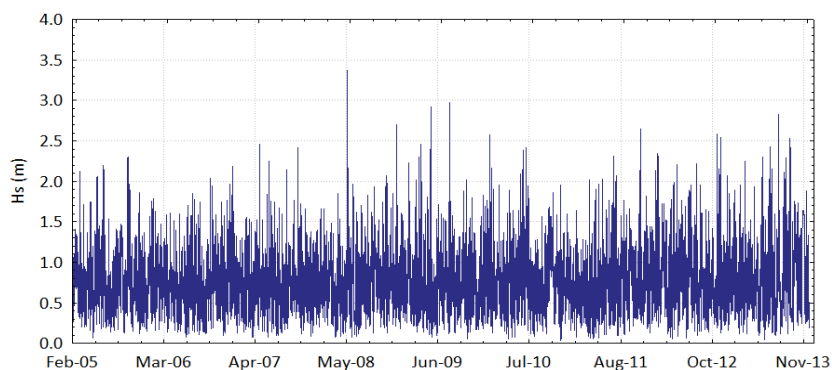
Figura N° 17: Puntos seleccionados para obtener datos de olas, mareas y corrientes de modelos globales



Fuente: ERM

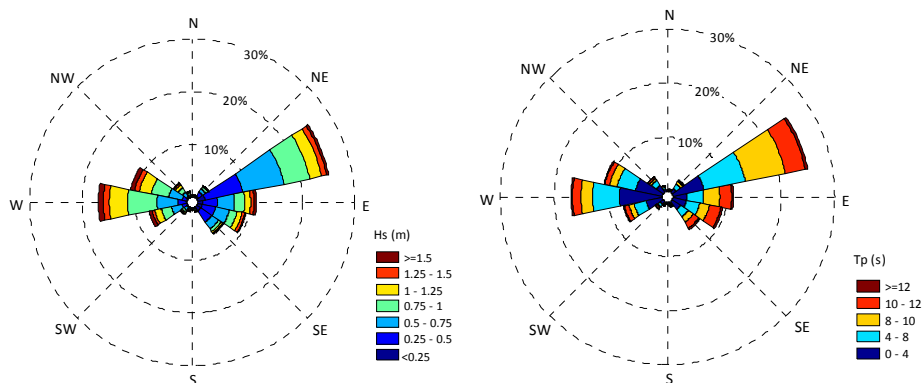
Las Figura N° 18 a Figura N° 20 muestran la serie de tiempo de altura significativa, la rosa de altura significativa por dirección, la rosa de período de pico espectral por dirección y el diagrama de dispersión Hs vs. Tp para el punto 1 de la Figura N° 17, en el período febrero 2005 a noviembre 2013.

Figura N° 18: Serie de tiempo de altura significativa para el período febrero 2005 a noviembre 2013, en el punto 1 de la Figura N° 17



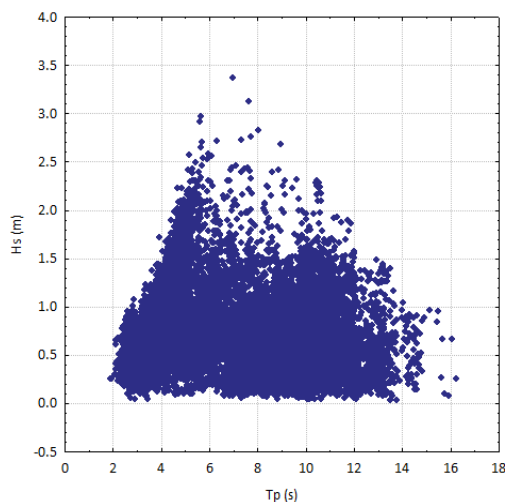
Fuente: ERM, con datos Environmental Modeling Center, NOAA

Figura N° 19: Rosa de altura significativa por dirección (izquierda) y de período de pico espectral por dirección (derecha) en el punto 1 de la Figura N° 17



Fuente: ERM, con datos Environmental Modeling Center, NOAA

Figura N° 20: Diagrama de dispersión altura significativa vs. período de pico espectral en el punto 1 de la Figura N° 17



Fuente: ERM, con datos Environmental Modeling Center, NOAA

La máxima altura significativa de ola en el punto 1 de la Figura N° 17 fue de 3,37 m incidiendo desde el E con período de pico espectral 7 s.

Las olas más frecuentes, las de mayor altura y también las de mayor período inciden sobre el área en estudio desde el ENE. Se trata de olas típicamente oceánicas que ingresan al área a través de la boca del golfo.

Las olas de mayor altura presentan períodos entre 6 s y 10 s.

Las rosas de altura significativa por dirección y de período de pico espectral por dirección muestran que una fracción importante de las olas inciden sobre el área desde el W.

Este comportamiento se debe a la gran intensidad del viento del W en la región, y a que el punto 1 de la Figura N° 17 se encuentra a una distancia de la costa adecuada para que las olas generadas por el viento se desarrollen.

En consecuencia, se debe esperar que la importancia de estas olas disminuya a medida que se avance hacia la costa dentro del área del proyecto.

### 2.9.3.7 *Mareas*

El régimen de marea en la zona es semidiurno lo cual significa que hay dos bajamares y dos pleamares por día. Una característica saliente de la marea en la región es su gran amplitud, es decir, la existencia de una gran diferencia en el nivel del mar entre pleamares y bajamares consecutivas.

Las predicciones de pleamar, bajamar y amplitud de marea máximas y medias para el año 2014 en el Puerto de Comodoro Rivadavia según las Tablas de Mareas del SHN, con referencia a la Carta argentina H-357 A y B, se presentan en la Tabla N° 39.

Vale destacar que en general las restingas velan durante la bajamar, por lo cual estarían mayormente descubiertas entre 2 hs y 3 hs antes y después de la bajamar.

Las alturas están referidas al plano de reducción que pasa 2,99 m debajo del nivel medio.

Tabla N° 39: Predicción de Marea para el año 2014 en el Puerto de Comodoro Rivadavia con referencia a la Carta argentina H-357 A y B

Alturas en metros sobre el plano de reducción, correspondientes a la predicción 2014				Amplitud	
Pleamar		Bajamar		Máxima	Media
Máxima	Media	Más baja	Media		
6,31	5,29	0,11	0,93	6,14	4,36

Fuente: Tablas de Mareas del SHN, 2014.

Para conocer el comportamiento de la marea astronómica en el área del proyecto se utilizó el modelo global de mareas oceánicas TPXO (OSU TOPEX/Poseidon Global Inverse Solution), el cual proporciona ocho componentes armónicas primarias (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1), dos componentes de período largo (Mf, Mn) y tres componentes no lineales (M4, MS4, MN4).

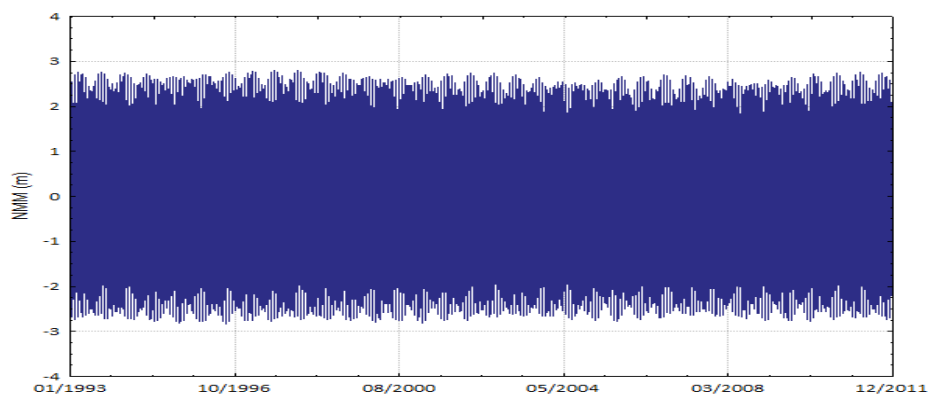
El modelo se corrió para un Ciclo de Metón, desde enero de 1993 a diciembre de 2011, en los puntos 1 y 2 de la Figura N° 17. En el punto 1 se obtuvieron niveles de marea y en el punto 2 velocidades.

Un Ciclo de Metón es un período de 19 años luego de los cuales las fases de la luna se producen aproximadamente en las mismas fechas que en el ciclo anterior.

En el punto 1 de la Figura N° 17 la máxima amplitud de marea fue 5,54 m y se verificó en marzo de 1997, mientras que la amplitud media para el período considerado fue 3,76 m.

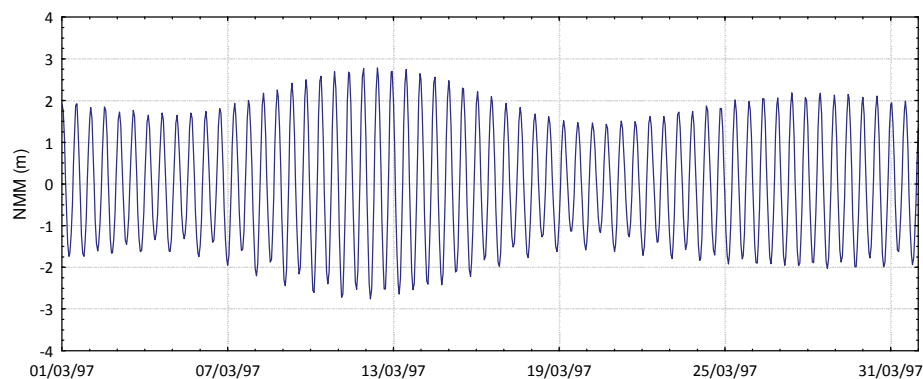
La Figura N° 21 y la Figura N° 22 muestran la predicción del Nivel Medio del Mar (NMM) obtenida mediante el modelo global TPXO para un Ciclo de Metón y para marzo de 1997 respectivamente, en el punto 1 de la Figura N° 17

**Figura N° 21: Predicción del Nivel Medio del Mar para un Ciclo de Metón en el punto 1 de la Figura N° 17**



Fuente: JBA & Asociados, 2014, con datos del modelo global TPXO

**Figura N° 22: Predicción del Nivel Medio del Mar para marzo de 1997 en el punto 1 de la Figura N° 17**



Fuente: ERM, con datos del modelo global TPXO

### 2.9.3.8 Corrientes

Para la descripción de las corrientes en el área del proyecto se consultaron las siguientes fuentes:

- Derivadores del Programa Global de Derivadores;
- Modelo global oceánico HYCOM; y
- Modelo global de mareas TPXO.

#### 2.9.3.8.1 Corrientes Superficiales en el Área: derivadores

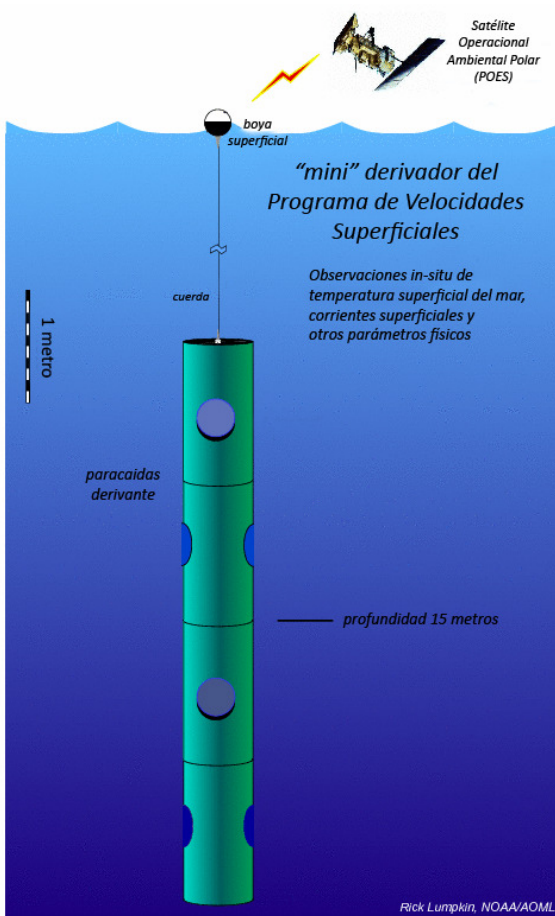
Las boyas derivantes rastreadas por satélite (derivadores) colectan mediciones de las corrientes de la capa superficial del océano mundial como parte del

Programa Global de Derivadores (GDP). La posición de los derivadores se estima a partir de 16 a 20 contactos con un satélite por día, por derivador. El Drifter Assembly Center (DAC) perteneciente a la NOAA reúne los datos crudos, les aplica procedimientos de control de calidad y los interpola a intervalos regulares de 6 horas mediante el método kriging.

Los derivadores están compuestos por una boya superficial y un paracaídas derivante también llamado ancla de capa, unidos por una cuerda larga y delgada, como se puede ver en la Figura N° 23.

El paracaídas derivante está centrado a una profundidad de 15 m por debajo de la superficie del mar para medir las corrientes en la capa de mezcla de la parte superior del océano.

Figura N° 23: Esquema de un Mini derivador del Programa Global de Derivadores



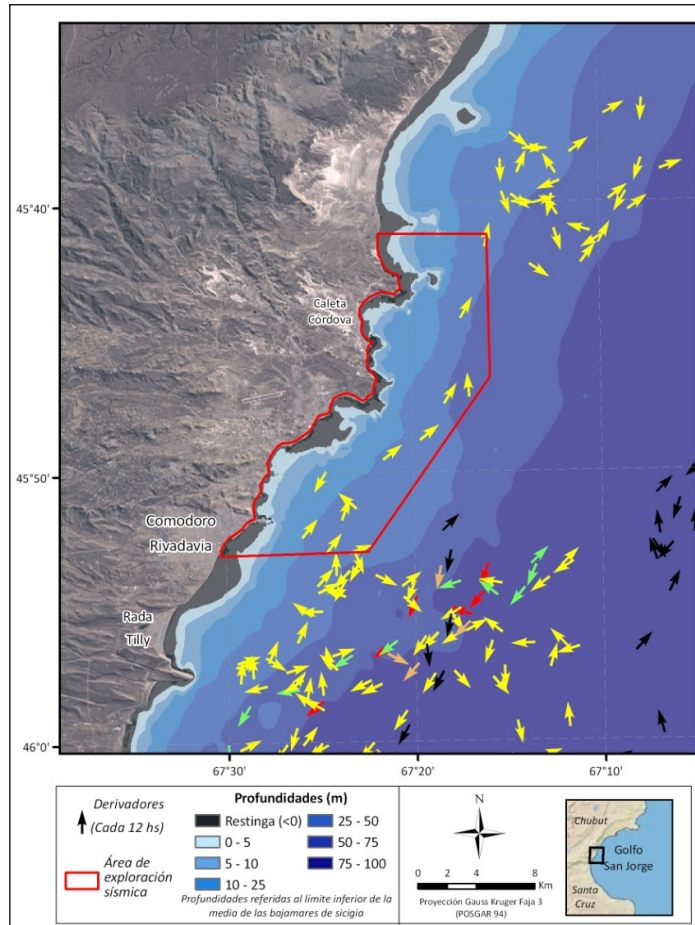
Fuente: Programa Global de Derivadores, 2014

La velocidad resultante del derivador a 15 m de profundidad en esta región, es una combinación de la corriente de marea y de la corriente debida al viento, más un deslizamiento no deseado de la boya superficial como consecuencia del efecto del viento sobre la misma que se estima en 0,7 cm/s cada 10 m/s de velocidad del viento.

La trayectoria de cada derivador individual es identificada por un color. Las flechas indican la posición y la dirección del derivador cada 12 horas.

La Figura N° 24 muestra las trayectorias de los derivadores que pasaron por el área en estudio y sus adyacencias entre los años 1994 y 2013.

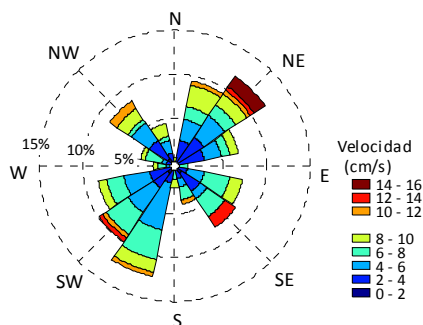
**Figura N° 24: Trayectorias de derivadores dentro del área en estudio y adyacencias**



Fuente: ERM, con datos del Programa Global de Derivadores

La Figura N° 25 muestra la rosa de intensidad de la corriente por dirección (“hacia donde va”) elaborada a partir de los datos de todos los derivadores que pasaron por el área y sus adyacencias entre 1994 y 2013.

Figura N° 25: Rosa de Corrientes por dirección obtenida con datos de derivadores GDP



Fuente: ERM, con datos del Programa Global de Derivadores

Dada la pequeña cantidad de derivadores que pasaron por el área del proyecto en el período analizado, no se pueden establecer estadísticas robustas acerca de la circulación superficial en la región.

Sin embargo, debe destacarse la pequeña intensidad de la corriente superficial observada y la reversibilidad que se observa en la dirección NE-SW, y en menor medida en la dirección NW-SE.

Se puede observar un predominio de corrientes con dirección SSW y NE. Las intensidades más frecuentes se ubican entre 10 cm/s y 16 cm/s.

#### 2.9.3.8.2 *Corrientes superficiales y subsuperficiales de gran escala en el área*

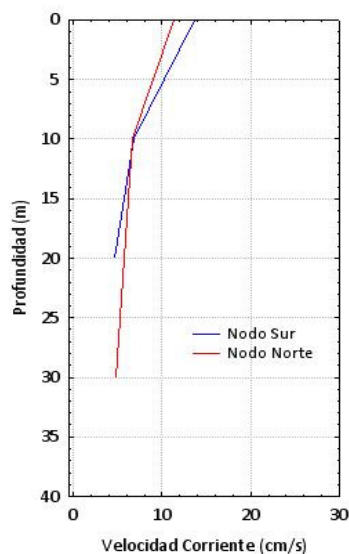
El modelo oceánico global HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model), cuenta con asimilación de datos y posee una resolución horizontal global de aproximadamente 7 km x 7 km. Conformar una grilla de 4.500 por 3.298 nodos y posee 33 niveles en la vertical llegando hasta una profundidad máxima de 5500 m. Está forzado por datos de la velocidad y esfuerzo del viento, flujos de calor y precipitación provenientes del Navy Operational Global Atmospheric Prediction System (NOGAPS).

Los productos del modelo son medias diarias de las componentes zonal (u) y meridional (v) de la corriente, además de otras variables oceanográficas, desde 2003 hasta la actualidad. Dado que los resultados del modelo son medias diarias, el mismo no representada las corrientes de marea y es probable que las velocidades máximas de corrientes debidas al viento se encuentren subestimadas.

Se elaboraron perfiles de corrientes con datos del modelo HYCOM para los puntos N y S de la Figura N° 17, ubicados a 30 m y 20 m de profundidad respectivamente. Los perfiles obtenidos se presentan en la Figura N° 26.



Figura N° 26: Perfiles medios de velocidad de corriente obtenidos del modelo HYCOM



Fuente: ERM, a partir de datos del modelo oceánico global HYCOM

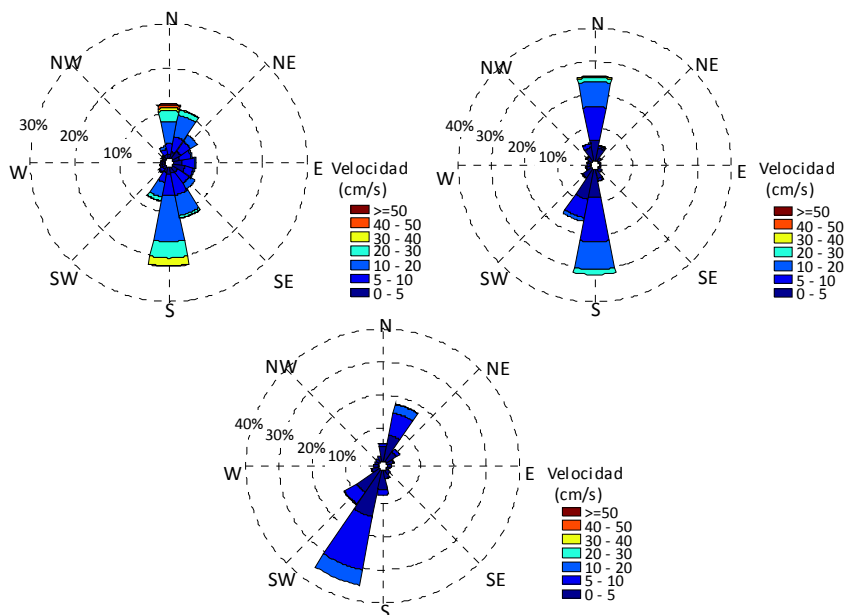
La velocidad media de la corriente presentó máximos en superficie de 12 cm/s y 11 cm/s para los puntos S y N respectivamente.

La Figura N° 27 muestra las rosas de intensidad de la corriente por dirección para el punto N de la Figura N° 17 en superficie (0 m), media agua (15 m) y fondo (30 m).

La corriente media diaria superficial en el punto N es predominantemente hacia el S con velocidades más frecuentes entre 30 cm/s y 40 cm/s.

La corriente a media agua presenta un comportamiento similar pero con velocidades menores, mientras que en el fondo la dirección predominante es hacia el SSW con velocidades entre 10 cm/s y 20 cm/s.

Figura N° 27: Rosas de corrientes por dirección para el punto N de la Figura N° 17, en superficie (izquierda), media agua (derecha) y fondo (abajo)



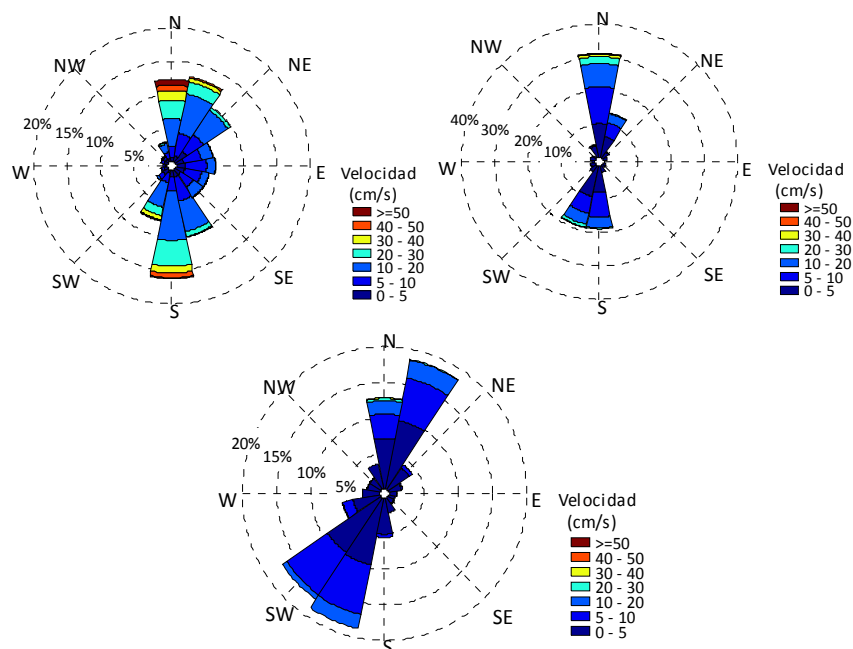
Fuente: ERM, a partir de datos del modelo oceánico global HYCOM

La Figura N° 28 muestra las rosas de intensidad de la corriente por dirección para el punto S de la Figura N° 17 en superficie (0 m), media agua (10 m) y fondo (20 m).

La corriente media diaria superficial en el punto S es predominantemente hacia el S con velocidades más frecuentes entre 40 cm/s y 50 cm/s. La corriente a media agua es predominantemente hacia el N pero con velocidades entre 20 cm/s y 30 cm/s, mientras que en el fondo la dirección predominante es SW-NNE con velocidades entre 5 cm/s y 20 cm/s.

En este punto el comportamiento de la corriente sub superficial obtenida del modelo global HYCOM se asemeja al comportamiento observado en los derivadores.

Figura N° 28: Rosas de corrientes por dirección para el punto S de la Figura N° 17, en superficie (izquierda), media agua (derecha) y fondo (abajo)



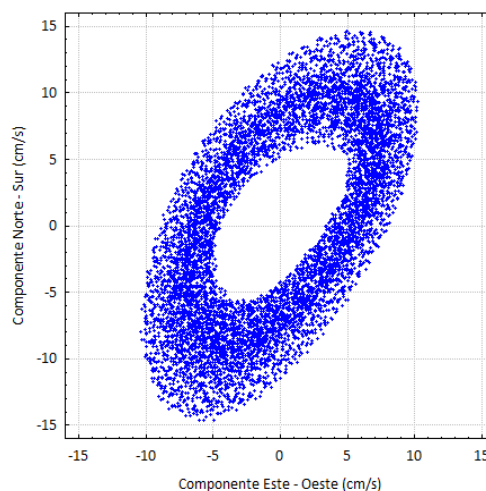
Fuente: ERM, a partir de datos del modelo oceánico global HYCOM

### 2.9.3.8.3 Corrientes de marea en el área: modelo TPXO

La onda de marea es la principal responsable de la parte periódica del régimen de corrientes en la región en estudio. Para conocer el comportamiento de las corrientes de marea en el área del proyecto se extrajeron datos del modelo global de mareas TPXO en el punto 2 de la Figura N° 17.

El modelo provee datos horarios de corrientes de marea integrada en la vertical, lo que significa que no presenta variaciones de la misma con la profundidad para un mismo lugar.

Figura N° 29: Corrientes de marea del modelo TPXO, en el área de proyecto



Fuente: ERM, a partir de datos del modelo TPXO

La Figura N° 29 muestra las componentes de la corriente de marea en el punto 2 de la Figura N° 17 para el año 1997, año en el cual se obtuvo la máxima amplitud de marea del Ciclo de Metón.

La máxima velocidad de la corriente de marea resultó 16,4 cm/s, mientras que la velocidad media obtenida fue 8,4 cm/s indicando que la contribución de la corriente de marea a la corriente total en la zona es sumamente importante.

La dirección predominante de la corriente de marea es aproximadamente SW-NW, en coincidencia con las corrientes reversibles observadas con los derivadores del programa GDP.

### 2.9.3.9 *Calidad de Agua*

#### 2.9.3.9.1 *Temperatura del Agua de Mar, Salinidad y Oxígeno Disuelto*

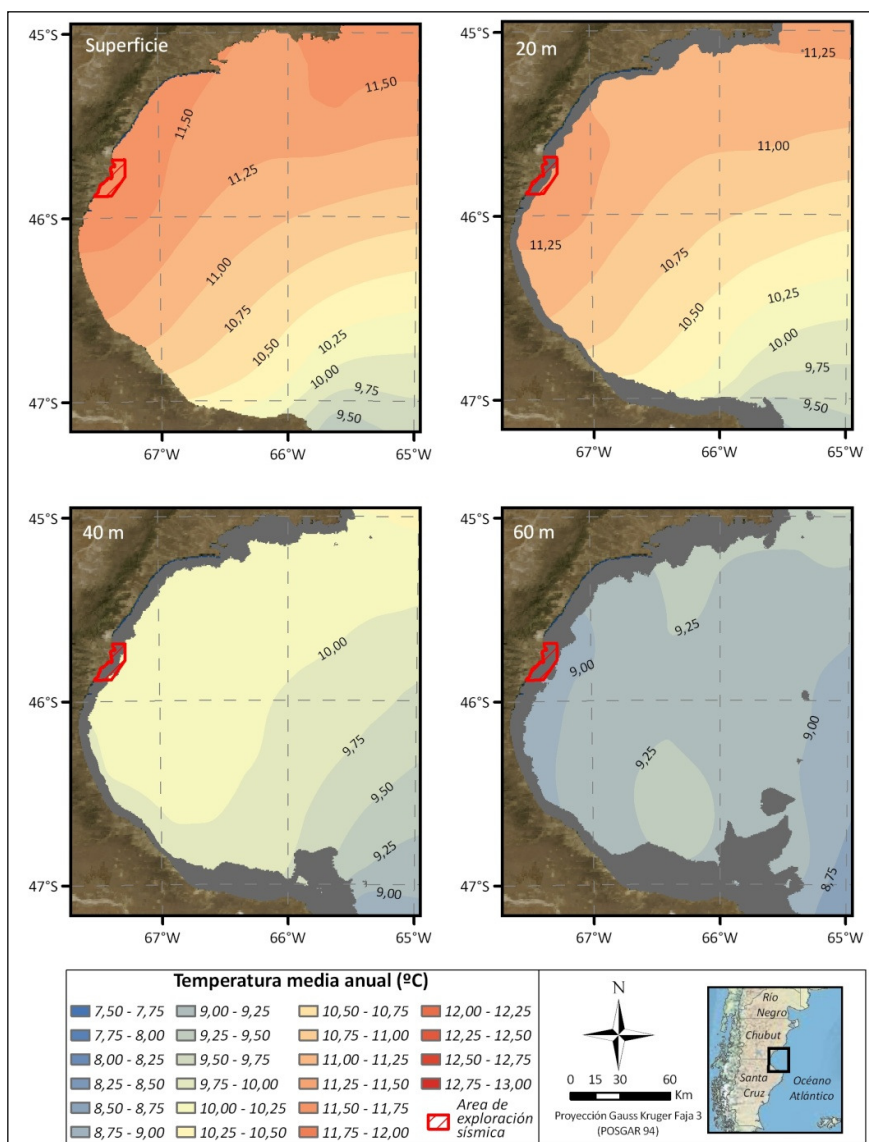
Con el propósito de evaluar la temperatura del agua de mar, la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto en el área del proyecto, se utilizaron datos de Word Ocean Data Base 2013 (WOD13) y del Centro Argentino de Datos Oceanográficos (CEADO).

WOD13 es una base de datos de perfiles oceánicos preparada por el Ocean Climate Laboratory (OCL) en el Centro Nacional de Datos Oceanográficos (NODC) en Silver Spring, Maryland, USA. Esta base de datos incluye mediciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y otras variables oceanográficas, con control de calidad realizado científicamente.

La Figura N° 30 muestra los campos medios de **temperatura** del agua de mar a 0 m, 20 m, 40 m y 60 m de profundidad elaborados con datos provenientes de WOD13.

Los valores medios de temperatura en el área de exploración van desde 11,5 °C en la superficie a 11,25 °C a 20 m de profundidad, siendo los valores más elevados del golfo. Estos valores descienden a 10 °C y a 9 °C a 40 m y 60 m de profundidad respectivamente. La temperatura media anual disminuye a medida que nos dirigimos hacia el SE del golfo.

Figura N° 30: Campos medios de temperatura del agua de mar obtenidos con datos WOD13

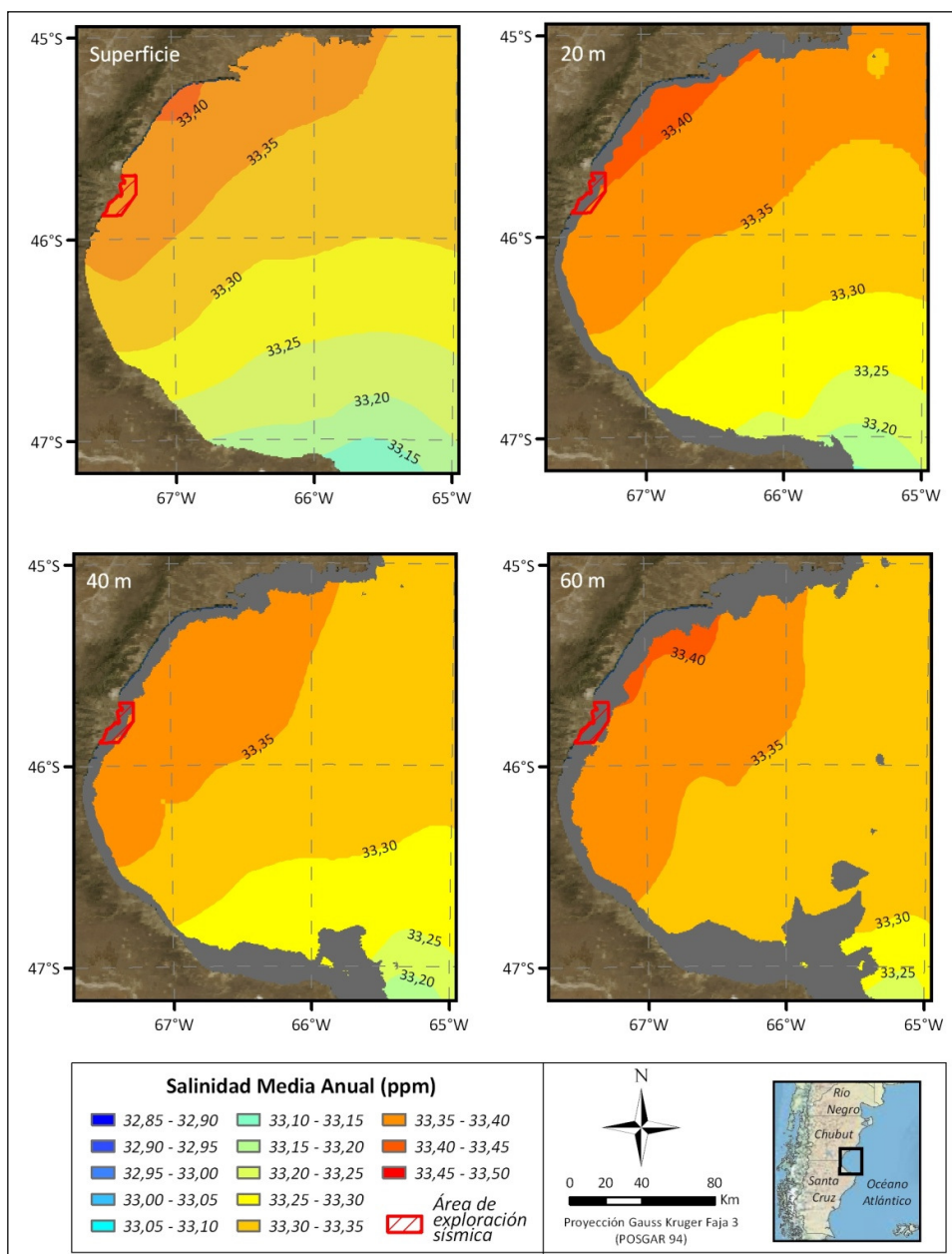


Fuente: ERM, con datos WOD13

La Figura N° 31 muestra los campos medios de **salinidad** del agua de mar a 0 m, 20 m, 40 m y 60 m de profundidad elaborados con datos provenientes de WOD13.

Los valores medios de salinidad en el área en estudio se encuentran entre 33,35 ppm y 33,40 ppm entre 0 m y 60 m de profundidad siendo los valores más elevados del golfo. La salinidad media anual disminuye a medida que nos dirigimos hacia el SE del golfo, al igual que lo ocurrido con la temperatura.

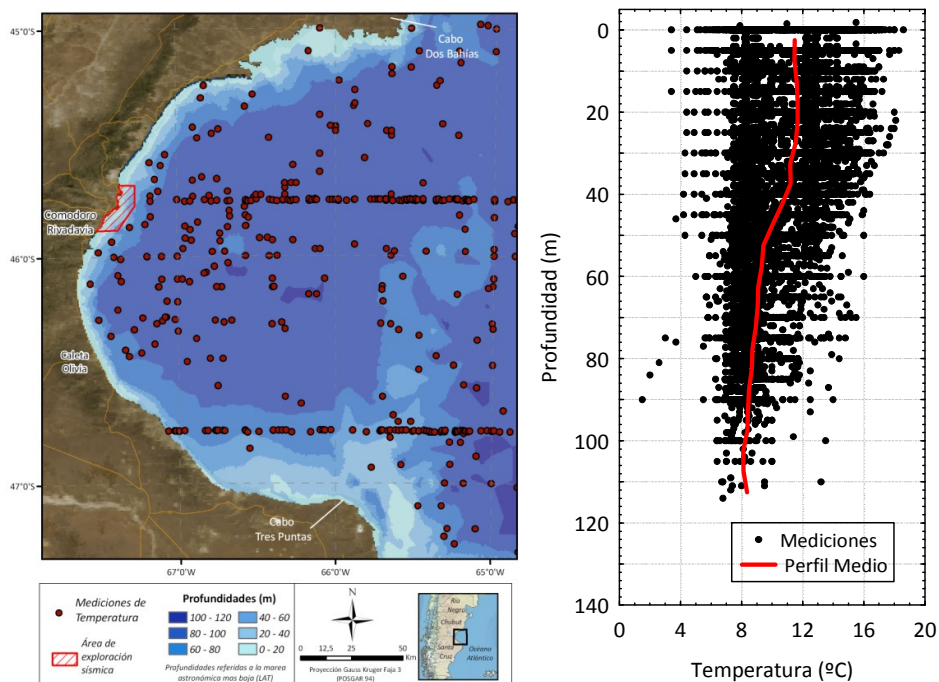
Figura N° 31: Campos medios de salinidad obtenidos con datos WOD13



Fuente: ERM, con datos WOD13

Para conocer la variabilidad de la temperatura del agua, de la salinidad y del oxígeno disuelto en la región, se determinaron los perfiles con todas las mediciones disponibles en la base WOD13 como así también el correspondiente perfil medio para cada parámetro mencionado. Estos perfiles se muestran en la Figura N° 32 a la Figura N° 34, conjuntamente con un mapa que muestra la densidad de datos disponibles en la zona para cada variable analizada.

Figura N° 32: Perfiles de temperatura en Golfo San Jorge obtenidos con datos WOD13



Fuente: ERM, con datos WOD13

El perfil medio de temperatura muestra la presencia de una capa aproximadamente uniforme que se extiende hasta 40 m de profundidad con una temperatura cercana a 12 °C. Entre 40 m y 55 m de profundidad se produce un marcado descenso de temperatura, la cual se establece en valores cercanos a 8 °C hasta el fondo de la columna de agua.

La salinidad media se mantiene en valores cercanos a 33,40 ppm hasta 90 m de profundidad. Cerca de los 100 m se observa un mínimo de 33,20 ppm.

El oxígeno disuelto presenta valores entre 5 ml/l y 7 ml/l para toda la columna con concentraciones máximas cerca de la superficie y valores mínimos entre 60 m y 82 m de profundidad.

Es importante destacar que los campos medios de temperatura y salinidad del agua de mar obtenidos para el área de exploración, son consistentes con los perfiles medios obtenidos para dichas variables utilizando todos las mediciones disponibles en el golfo.