

PROYECTO
“CENTRO DE VISITANTES ANTÁRTICO DE TIERRA
DEL FUEGO, ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO
SUR”

INFORME FINAL

Convenio UNTDF 068-2023
Contrato de Obra UNTDF-CFI



Ushuaia, 6 de agosto de 2024

Índice de contenidos

Índice de contenidos	i
Participantes	iv
Índice de figuras	v
Índice de tablas	ix
Introducción	
Origen de la propuesta	1
Metodología de trabajo	4
Estructuración del informe	6
Referencias bibliográficas y fuentes	8
PARTE 1	
Fundamentación de la propuesta para la creación de un Centro de Visitantes Antártico	
Capítulo 1: Características del turismo en Tierra del Fuego	
Tierra del Fuego, destino turístico	9
Ushuaia, puerta de entrada del turismo antártico	13
Referencias bibliográficas	19
Capítulo 2: Centros de visitantes e Interpretación	
Características de los centros de visitantes	22
La interpretación como estrategia de comunicación	24
Referencias bibliográficas	25
Capítulo 3: Perfiles de potenciales usuarios	
Los visitantes no antárticos	27
Los visitantes antárticos	29
Los residentes	31
Referencias bibliográficas	33
PARTE II	
Propuesta de contenidos temáticos para la creación del Centro de Visitantes Antártico	
Capítulo 4: Ciencias de la Tierra	
Geología	
Introducción	35
Relevamiento y sistematización de documentos geológicos Jurásico de la península Antártica. Localidades del Monte Flora y Cabo Longing	38
Relevamiento y sistematización de documentos geológicos. Cretácico Superior-Cenozoico, Archipiélago James Ross	42
Síntesis de contenidos relevantes para desarrollar en el CVA	55
Consideraciones finales	64
Actualidad científica. Indicadores paleoclimáticos en el registro fósil	66
Referencias bibliográficas y fuentes	72
Glaciología	
Introducción	89
Relevamiento y sistematización de documentos	90
Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA	90
Actualidad científica	115
Referencias bibliográficas y fuentes	118

Capítulo 5: Ciencias de la atmósfera	
Introducción	119
Relevamiento y sistematización de documentos	120
Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA	122
Actualidad científica	142
Otras consideraciones	143
Referencias bibliográficas y fuentes	145
Anexos	148
Capítulo 6: Ciencias de la vida. Bioecología	
Introducción	156
Relevamiento y sistematización de documentos	158
Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA	159
Actualidad científica	192
Otras consideraciones	195
Referencias bibliográficas y fuentes	195
Anexos	202
Capítulo 7: Ciencias sociales y humanidades antárticas	
Historia y política antártica	
Introducción	208
Relevamiento y sistematización de documentos	209
Contenidos relevantes sobre historia y política antártica para desarrollar en el CVA	215
Actualidad científica	250
Consideraciones generales	252
Referencias bibliográficas y fuentes	253
Anexos	255
Aspectos sociales	
Introducción	256
Relevamiento y sistematización de documentos	257
Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA	262
Actualidad científica	295
Otras consideraciones	297
Referencias bibliográficas y fuentes	301
Anexos	304
Filatelia antártica	
Introducción	306
Un breve recorrido por los primeros años del correo antártico argentino	306
El reconocimiento de hechos importantes a través del correo	308
Referencias bibliográficas y fuentes	309
Anexo	310
Capítulo 8: Cambio climático	
Introducción	331
Relevamiento y sistematización de documentos	333
Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA	334
Actualidad científica	354
Otras consideraciones	356
Referencias bibliográficas y fuentes	358

PARTE III

Propuesta de diseño de piezas comunicacionales y lineamientos educativos

Capítulo 9: Núcleos narrativos	360
Capítulo 10: Propuestas de piezas comunicacionales	
Lineamientos generales	364
Desarrollo de una aplicación móvil para el centro	367
Desarrollo de piezas comunicacionales	368
Propuestas de espacios de esparcimiento	387
Propuesta de concientización	389
Otras propuestas de comunicación a considerar	390
Referencias bibliográficas y fuentes	391
Capítulo 11: Diseño universal y comunicación inclusiva	
Introducción	392
Normativa	394
Qué tener en cuenta en la interacción con personas hipoacúscas	395
Qué tener en cuenta en la interacción con personas con discapacidad visual	396
Qué tener en cuenta en la interacción con personas neurodivergentes	397
Qué tener en cuenta en la interacción con personas con discapacidad motora	397
Otras consideraciones para tener en cuenta	398
Referencias bibliográficas y fuentes	399
Capítulo 12: Estética comunicacional	
Paletas amigables con el daltonismo	400
Algunos datos a tener en cuenta	401
Enlaces de interés sobre paletas amigables con el daltonismo	402
Una propuesta de “mascota” para el CVA	403
Capítulo 13: Propuesta de lineamientos educativos	405
Recursos para el nivel inicial	407
Recursos para el nivel primario	407
Recursos para el nivel secundario	409
Recursos para el nivel superior	411
Actividades del CVA con la comunidad educativa	412
PARTE IV	
Programa de necesidades y recomendaciones	
Introducción	416
Diagrama del programa de necesidades	417
Zona de recepción y servicios al visitante	420
Zona de instalaciones educativas y de recreación	423
Zona de exposición interactiva	426
Zona de administración	428
Recomendaciones	431
Anexos con material de los talleres realizados	435

Participantes

Este informe de final se realizó a partir de los aportes de un grupo interdisciplinario de expertos que elaboró diferentes partes de este trabajo:

Coordinadora del Proyecto

Marisol Vereda

Co-coordinador

Pablo Fontana

Expertos de áreas temáticas

Eduardo B. Olivero

Sebastián Marinsek

Adriana María Gulisano

Viviana Alder

Irene Schloss

Mariana Morgavi

Expertos de áreas transversales

María Sol Cófreces

Carolina Cohen

Francisco M. González

María Eugenia Raffi

Daniela Stagnaro

Participantes por el In.Fue.Tur

Andrea Barrio

María Victoria Ojeda

Carolina Ojeda

Griselda Mastropierro

María Julia Chiesa

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.	2
Figura 2. Puertas de entrada a la Antártida.	3
Figura 1.1. Itinerarios de cruceros.	10
Figura 1.2. Evolución del número de visitantes por temporada alta (2004/2005 – 2022/2023).	11
Figura. 1.3. Viajes realizados por los cruceros turísticos según modalidad de operación.	12
Figura. 1.4. Cantidad de pasajeros en cruceros turísticos según modalidad de operación.	12
Figura 1.5. Evolución de la cantidad de turistas en época invernal.	13
Figura 1.7. Rutas del turismo antártico desde las distintas puertas de entrada.	16
Figura 1.8. Discriminación según modos de operación. Ushuaia, temporada 2023/2024.	17
Figura 1.9. Promedios de pasajeros y tripulantes por embarcación, temporada 2023/2024.	18
Figura 1.10. Buques con mayor cantidad de viajes a la Antártida que operaron regularmente Ushuaia, temporada 2023/2024.	19
Figura. 3.1. Pernoctaciones, año 2017.	28
Figura 4.1.1. Regiones geológicas de la Antártida en vista polar.	37
Figura 4.1.2. Reconstrucción paleogeográfica de los distintos bloques que componen la Antártida Occidental en el margen de Gondwana a los 250 Ma y 180 Ma.	37
Figura 4.1.3. Reconstrucciones paleogeográficas en vista polar para el Cretácico Tardío (80 Ma) y dos vistas del Paleógeno, 60 Ma y 30 Ma.	38
Figura 4.1.4. Mapa esquemático mostrando la distribución de las rocas volcánicas del Jurásico-Cretácico en la península Antártica.	40
Figura 4.1.5. Parte de la flora fósil jurásica del monte Flora.	41
Figura 4.1.6. Archipiélago James Ross, al noreste de la península Antártica.	43
Figura 4.1.7.5. Estratigrafía y acontecimientos importantes comunes del Cretácico Superior-Paleógeno de Antártida y Tierra del Fuego.	44
Figura 4.1.8. Algunos amonites cosmopolitas, entre 86 y 80 Ma, Cretácico Superior de Antártida.	45
Figura 4.1.9. Algunos ammonites endémicos de la Provincia Weddelliana, 80 y 66 Ma, Cretácico Superior de Antártida.	45
Figura 4.1.10. Amonite de gran tamaño del género <i>Anapachydiscus</i> y belemnite casi completo del Cretácico Superior de Antártida, entre 80 y 66 Ma.	46
Figura 4.1.11. Bivalvos inocerámidos de gran tamaño del Cretácico Superior.	47
Figura 4.1.12. <i>Leptochiton</i> sp. Quitón fósil, con placas articuladas, del Paleógeno de la Isla Marambio.	47
Figura 4.1.13. <i>Psamoactinia</i> . Izq. reconstrucción. Der. fósil. Cretácico isla Cerro Nevado.	47
Figura 4.1.14. Trazas fósiles del Cretácico-Paleógeno de Antártida y Tierra del Fuego.	48
Figura 4.1.15. Vertebrados fósiles marinos y terrestres del Cretácico Superior-Paleógeno del Archipiélago James Ross.	49
Figura 4.1.16. <i>Antarctopelta oliveroi</i> , reconstrucción y fragmentos de huesos.	50
Figura 4.1.17. Vegetales fósiles del Cretácico Superior-Paleógeno del Archipiélago James Ross	51
Figura 4.1.18. Hojas y polen fósiles del Paleógeno de Tierra del Fuego y Cretácico Superior de Antártida.	51
Figura 4.1.19. Desarrollo de la plataforma marina en el Cretácico Superior.	53
Figura 4.1.20. Desarrollo de la Plataforma y ambiente litoral costero vegetado.	53
Figura 4.1.21. Paleogeografías resultantes durante la separación de Antártida y Sudamérica entre 40 y 10 Ma.	54
Figura 4.1.22. Paradoja Polar. Variación anual de la irradiancia o radiación solar total que llega a la superficie terrestre a distintas latitudes, ajustada para el Hemisferio Sur.	58
Figura 4.1.23. Cambios bióticos importantes en los ecosistemas antárticos del Cretácico Superior.	60
Figura 4.1.24. Anillos de crecimiento en <i>Larix</i> (conífera de hojas deciduas) del Hemisferio Norte.	67
Figura 4.1.25. Anillos de crecimiento de plantas de tropicales.	67
Figura 4.1.26. Temperatura Media Anual (MAT, °C) estimada por la anatomía de vasos conductores en madera fósil (Cretácico-Cenozoica) y en la morfología de hojas.	68
Figura 4.1.27. Hojas actuales y fósiles con márgenes enteros y dentados.	69
Figura 4.1.28. Relación entre el porcentaje de hojas de margen entero y la Temperatura Media Anual (MAT) en °C.	69
Figura 4.2.1. Transformación de la nieve en hielo.	92

Figura 4.2.2. Variación de la densidad en función de la profundidad en el glaciar Upper Seward (Alaska), en el glaciar Byrd (Antártida Occidental) y en Vostok (Antártida Oriental).	93
Figura 4.2.3. Zonas de un glaciar.	96
Figura 4.2.4. Sábanas de hielo del continente antártico.	98
Figura 4.2.5. Imagen MODIS del 10 de marzo del 2004 donde se observan el campo de hielo patagónico.	100
Figura 4.2.6. Imagen ASTER del 8 de enero de 2001 donde se ven las islas Ross y Vega en la Península Antártica.	100
Figura 4.2.7. Imagen Landsat ETM 21 de febrero de 2000 donde se ve delimitado el glaciar de descarga bahía del Diablo.	101
Figura 4.2.8. Glaciares de Valle y de Montaña cercanos a la ciudad de Ushuaia.	101
Figura 4.2.9. Vista de la Barrera de Hielo Larsen B, Península Antártica.	102
Figura 4.2.10. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).	103
Figura 4.2.11. Principales Barreras de hielo del Continente Antártico y sus áreas aproximadas.	103
Figura 4.2.12. Diagrama de la evolución del balance de masa del glaciar durante un ciclo anual a medida que transcurren las estaciones.	104
Figura 4.2.13. Representación del progreso del balance de masa anual del glaciar durante un año en las diferentes zonas del glaciar.	105
Figura 4.2.14. Vectores de velocidad en un glaciar de montaña.	106
Figura 4.2.15. (a) Distribución de velocidades en una sección del glaciar Athabasca, medidos por Raymond (1971).	107
Figura 4.2.16. Algunos elementos del hidrológico de un glaciar.	109
Figura 4.2.17. Túnel terminal del glaciar Pastaruri en Perú.	109
Figura 4.2.18. Flujo de energía a través de la atmósfera y que interactúa con la superficie terrestre.	111
Figura 4.2.19. Estación meteorológica automática utilizada para las determinaciones de los flujos de energía en las zonas de glaciares.	111
Figura 4.2.20. Mapa del Sector Antártico Argentino con las divisorias de glaciares y barreas de hielo.	113
Figura 4.2.21. Mapa de velocidades del flujo de hielo.	113
Figura 4.2.22. Extensión del hielo marino alrededor del continente antártico.	114
Figura 4.2.23 Trabajos glaciológicos en la Barrera de Hielo Larsen C y monitoreo y balance de masa del glaciar Bahía del Diablo, isla Vega.	116
Figura 4.2.24. Series de datos de balance de masa del Glaciar Bahía del Diablo, isla Vega, península Antártica.	117
Figura 4.2.25. Balance de masa Balance de Masa de la Antártida y balance de masa durante el fin del siglo XX.	117
Figura 6.1. Zonas biogeográficas terrestres.	160
Figura 6.2A. Tardígrado antártico, conocido comúnmente como “oso polar” debido a su morfología.	161
Figura 6.2B. Imagen de microscopio electrónico de barrido (MEB) de <i>Milnesium tardigradum</i> en estado activo.	161
Figura 6.2C. <i>Belgica antarctica</i> o mosquito sin alas. Se ilustra una hembra más grande y un macho más pequeño de la especie durante el apareamiento.	162
Figura 6.2D. <i>Deschampsia antarctica</i> o pasto antártico.	162
Figura 6.2E. <i>Colobanthus quitensis</i> o clavel antártico.	162
Figura 6.2F. <i>Branchinecta gaini</i> o camarón.	162
Figura 6.3: Floración de algas verdes en la capa de nieve estacional que comienza a derretirse.	163
Figura 6.4. Agujeros de crioconita en distintas escalas.	163
Figura 6.5. Esquema de un agujero de crioconita, ecosistema que representa un “oasis” en la nieve y hielo (continental y marino).	164
Figura 6.6. Diagrama de la perforación realizada en el lago Vostok en 2011.	165
Figura 6.7A. Corriente Circumpolar Antártica y posición general de los frentes polar y subantártico.	166
Figura 6.7B. Distribución de los frentes circumpolares.	166
Figura 6.7C. Se destaca la formación del Agua de Fondo Antártica.	166
Figura 6.7D. Distribución de la cinta transportadora oceánica.	167
Figura 6.7E. Cinta transportadora global (o circulación termohalina) destacando a la Región Antártica (animación).	167
Figura 6.8. El fondo “estrellado” son bacterias marinas presentes en el de agua de mar.	168
Figura 6.9A. Microalgas del hielo (epónticas) y el kril.	170
Figura 6.9B. Estructura del frústulo de una diatomea céntrica.	170

Figura 6.9C. Diatomeas coloniales. Microscopio óptico.	170
Figura 6.9D. Frústulos de diatomeas. Microscopio electrónico de barrido.	170
Figura 6.11A. <i>Euphausia superba</i> o kril antártico.	171
Figura 6.11B. Vista lateral de <i>E. superba</i> (Furcillae III) con cuatro fotóforos y cinco pleópodos desarrollados. Barra de escala: 500 µm.	171
Figura 6.11C. Desarrollo de <i>Euphausia superba</i> .	171
Figura 6.11D. Distribución de los diferentes grupos poblacionales del kril antártico.	171
Figura 6.10A. Anfípodo <i>Themisto gaudichaudii</i> .	174
Figura 6.10B. La salpa antártica <i>Salpa thompsoni</i> en su forma solitaria y agregada.	174
Figura 6.11. Familias de peces presentes en aguas antárticas y ejemplos de especies características.	176
Figura 6.12A. <i>Chaenocephalus aceratus</i> o draco rayado.	179
Figura 6.12B. <i>Chaenocephalus aceratus</i> .	179
Figura 6.13A Pingüino emperador <i>Aptenodytes forsteri</i> .	180
Figura 6.13B. Distribución, tamaño y vulnerabilidad de las colonias de <i>Aptenodytes forsteri</i> .	180
Figura 6.14. Esquema de la distribución vertical de las macroalgas antárticas que coexisten en la isla 25 de Mayo	182
Figura 6.15A. Ejemplos de animales bentónicos.	183
Figura 6.15B. Vieira antártica <i>Adamussium colbecki</i> .	183
Figura 6.15C. Erizo antártico <i>Sterechinus neumayeri</i> .	183
Figura 6.15D. Isópodo antártico gigante <i>Glyptonotus antarcticus</i>	184
Figura 6.16A. Esquema del bucle microbiano	185
Figura 6.16B. Trama trófica marina antártica, incluyendo organismos de los dominios pelágico y bentónico	185
Figura 6.16C. Trama trófica marina antártica destacando sólo organismos pelágicos	185
Figura 6.17. Esquema simplificado de la bomba biológica de carbono	186
Figura 6.18A. Área de la Convención de la CCRVMA.	188
Figura 6.18B. Áreas Marinas Protegidas en el Área de CCRVMA.	188
Figura 6.19A. Áreas de distribución de la merluza negra.	189
Figura 6.19B. Captura anual de merluza negra.	190
Figura 6.19C. Captura anual de merluza antártica.	190
Figura 6.19D. Distribución preliminar del kril antártico.	190
Figura 6.19E. Captura anual de kril en las tres áreas.	191
Figura 6.19F. Distribución espacial de los Ecosistemas Marinos Vulnerables en el área de la CCRVMA.	191
Figura 6.20. Estructura del Instituto Antártico Argentino.	194
Figura 7.1.1. <i>Nova, et integra vniversi orbis description.</i> Fine (1531).	216
Figura 7.1.2. <i>Typus orbis terrarum.</i> Ortelius (1579).	217
Figura 7.1.3. Área Marina Protegida Namuncurá Banco Burdwood.	238
Figura 7.1.4. Área Marina Protegida Yaganes.	239
Figura 7.2.1. Ubicación de bases argentinas en la Antártida.	267
Figura 7.2.2. Gobernador Florido y primer contingente de turismo antártico en el entonces destacamento Decepción.	271
Figura 7.2.3: Visitantes interactuando con la fauna en un viaje de 1967.	274
Figura 7.2.4. Turistas en la Antártida, viaje de la <i>T/N Río Tunuyán</i> .	276
Figura 7.2.5. Materiales distribuidos en la <i>TN/Río Tunuyán</i> , preparados por la Dirección Nacional de Turismo	278
Figura 7.2.6. Timbres y sellos postales relacionados con los viajes antárticos de la década del '70.	279
Figura 7.2.7. Folleto de la empresa Antartur.	280
Figura 7.2.8. Manual del crucerista, empresa Antartur.	281
Figura 7.2.9. Descendientes de Larsen, Sobral y Nordenskjöld izando el pabellón de sus respectivos países en base Esperanza.	281
Figura 7.2.10. Conferencia a bordo (1980).	282
Figura 7.2.11. Folleto turístico promocionando viajes al Ártico y a la Antártida a bordo de un rompehielos propiedad de la <i>Far East Shipping Company</i> -FESCO-.	283
Figura 7.2.12. Buque <i>Ushuaia</i> en proximidad de la base Brown.	287
Figura 7.2.13. Modalidades de turismo antártico a través de distintas puertas de entrada, temporadas 2013/2014 a 2023/2024	292
Figura 7.2.14. Total de pasajeros y viajes antárticos por temporada a través del puerto de Ushuaia. Temporadas 2008/2009 a 2023/2024.	293
Figura 7.2.15. Evolución del turismo antártico a través del puerto de Ushuaia (1958/1959 a 2023/2024).	293

Figura 7.2.16. Síntesis de filmicos recuperados por el IAA y el Museo del Cine.	298
Figura 7.2.17. Captura de la película del primer viaje a la Antártida.	299
Figura 7.2.18. Libro escrito por una pasajera antártica inspirada en la experiencia a bordo del primer crucero.	300
Figura 7.2.19. Folleto para generar conciencia en los visitantes antárticos sobre la importancia de proteger el patrimonio paleontológico antártico a través de la promoción de un turismo responsable.	305
Figura 7.3.1. Decreto de Designación de Hugo A. como encargado de la Estafeta Postal.	307
Figura 8.1. Captura de pantalla de video que muestra la evolución de la concentración de CO2 atmosférico.	335
Figura 8.2. Promedios anuales de la temperatura del aire medida en la base argentina Orcadas.	336
Figura 8.3. Adelgazamiento de la capa de ozono alcanzando las regiones Sur de Sudamérica.	337
Figura 8.4. Captura de pantalla del video explicativo acerca de la capa de ozono.	338
Figura 8.5. Captura de pantalla de la animación del movimiento del agujero de ozono sobre la Antártida.	339
Figura 8.6. Calentamiento del agua del océano proyectado para 2050.	341
Figura 8.7. Temperatura superficial del mar en caleta Potter, Isla 25 de Mayo, Shetlands del Sur, Antártida, adyacente a la base argentina Carlini.	342
Figura 8.8. Resumen de registros de datos.	343
Figura 8.9. Anomalía en la extensión del hielo marino.	345
Figura 8.10. Variación interanual del número de colonias de pingüinos antárticos.	346
Figura 8.11. Caleta Potter, en la isla 25 de Mayo, Shetlands del Sur, Antártida, en las cercanías de las base Carlini.	347
Figura 8.12. Afiche informativo acerca de los pingüinos que pueden encontrarse en el canal Beagle.	348
Figura 9.1. Núcleos narrativos y dimensiones.	363
Figura 10.1. Esquema de piezas comunicacionales.	364
Figura 10.2. Boceto de la pieza central de la dimensión atmósfera.	368
Figura 10.3. Rompecabezas con las distintas capas que conforman la geósfera y atmósfera.	369
Figura 10.4. Producción de un holograma a partir de una pantalla y segmentos de acrílico.	370
Figura 10.5. Infografía sobre efectos ópticos en las nubes.	371
Figura 10.6. Boceto de la pieza central de la dimensión geósfera.	372
Figura 10.7. Sala polar con temperatura y simulación de vientos del <i>International Antarctic Center</i> .	373
Figura 10.8. Pantalla interactiva de uso colectivo presente en el Museo Malvinas.	375
Figura 10.9. Reproducción a tamaño real con materiales de bajo coste de un dinosaurio por el paleoartista y divulgador Santiago Reuil.	376
Figura 10.10. App de realidad aumentada para visualización de contenido histórico.	377
Figura 10.11. Visualización de elementos sonoros en la pieza <i>Notes on blindness</i> .	379
Figura 10.12. Boceto de la pieza central de la dimensión hidrósfera.	380
Figura 10.13. Interfaz gráfica del documental interactivo <i>Life underground</i> .	382
Figura 10.14. "Construye la red trófica antártica".	383
Figura 10.15. Boceto de la pieza concluyente esfera con <i>video mapping</i> .	385
Figura 10.16. Boceto de la pieza concluyente "Recorriendo la historia a través de los témpanos".	386
Figura 12.1. Ilustración de mascota para el CVA (tardígrado)	403
Figura 12.2. Mascota recreada con otros colores.	404
Figura 13.1. Experiencia de arte pingüino en una escuela de Ushuaia.	409
Figura 13.2. Grupo de expertos desarrollando la actividad de armado de pingüino mediante la técnica de <i>origami</i> .	414
Figura 14.1. Diagrama de programa de necesidades: zonas y conexiones.	418
Figura 14.2. Diagrama de programa de necesidades: espacios y conexiones.	419

Índice de tablas

Tabla 4.2.1 Síntesis de documentos sobre glaciología.	90
Tabla 4.2.2. Densidad de los distintos tipos de hielo y nieve.	91
Tabla 5.1. Síntesis de fuentes revisadas sobre ciencias de la atmósfera.	121
Tabla 6.1. Síntesis de documentos sobre bioecología.	158
Tabla 7.1.1: Síntesis de documentos de especial interés de historia y política.	209
Tabla 7.1.2. Síntesis de las principales producciones cartográficas sobre el área de estudio.	217
Tabla 7.2.1: Síntesis de fuentes revisadas y puntos focales identificados sobre aspectos sociales.	257
Tabla 7.2.2. Instalaciones argentinas en la Antártida.	263
Tabla 7.3.1. Cronología de las primeras instalaciones, hechos y agencias postales.	308

Índice de anexos

Anexos Capítulo 5: Miscelánea de material ilustrativo sobre ciencias de la atmósfera.	148
Anexos Capítulo 6: Miscelánea de material sobre bioecología.	202
Anexos Capítulo 7: Fuentes de información complementaria sobre ciencias sociales y humanidades.	255
Anexos Capítulo 7: Informes sobre turismo de las últimas RCTAs.	304
Anexos Capítulo 7: Sellos postales antárticos argentinos.	310
Anexos generales sobre los talleres realizados.	435

Introducción

Origen de la propuesta

Ushuaia es la capital de la provincia argentina de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. La Ley Nacional N° 23.775 de 1990 establece la provincialización del Territorio Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur y la Ley Nacional N° 26.552 de 2009 incluye dentro de la jurisdicción provincial las islas del Atlántico Sur (Isla de los Estados, Islas Año Nuevo, Islas Malvinas, Isla Beauchêne, rocas Cormorán y Negra, Islas Georgias del Sur, Sándwich del Sur, otras islas e islotes y rocas ubicados en aguas interiores y en el mar territorial) y los territorios situados en la Antártida Argentina comprendida entre los meridianos 25° Oeste y 74° Oeste y los paralelos 60° Sur y 90° Sur (ver Figura 1).

Tierra del Fuego es un destino turístico de naturaleza conocido como ‘el Fin del Mundo’¹ (In.Fue.Tur., 2007), que recibe flujos turísticos nacionales, regionales e internacionales por vía aérea, marítima y, en menor medida, terrestre. Su mayor cercanía a la Antártida en comparación a otros accesos (ver Figura 2), el desarrollo de infraestructura y servicios que se han ido especializando desde la década de 1990 y la capacitación de agentes marítimos y turísticos locales en operaciones antárticas, han posibilitado posicionar a Tierra del Fuego y, en particular, el puerto de Ushuaia como la puerta de entrada más activa a la Antártida.

En total, cinco puertas de entrada son reconocidas internacionalmente, siendo las más cercanas a la Antártida las ubicadas en Sudamérica: Ushuaia se encuentra a tan solo 1.000 km de la Península Antártica y Punta Arenas, Chile a 1.500 km. Por otra parte, las puertas de entrada correspondientes a Christchurch, Nueva Zelanda y Hobart, Australia, operan con los flujos que se dirigen al Mar de Ross, ubicándose a más de 2.500 km de la Antártida. Cabe destacar que son muy pocos los movimientos turísticos a este sector de la Antártida. Por último, la puerta de entrada más lejana es Ciudad del Cabo, Sudáfrica (3.600 km) (Figura 2).

El turismo marítimo a la Antártida es la modalidad que mayor movimiento genera de pasajeros y de buques; Ushuaia recibe aproximadamente el 90% del flujo turístico antártico total. Durante la temporada 2023/2024, 111.497 visitantes viajaron a la Antártida a través del puerto de Ushuaia (Jensen et al, 2024), en tanto 11.343 lo hicieron desde otras puertas de entrada y cubriendo distintas modalidades, arribando así a un total mundial de 122.840 pasajeros (IAATO, 2024 a y b).

¹ En el año 2007 el Instituto Fueguino de Turismo (INFUETUR) presentó la marca destino: “Tierra del Fuego, Fin del Mundo”.

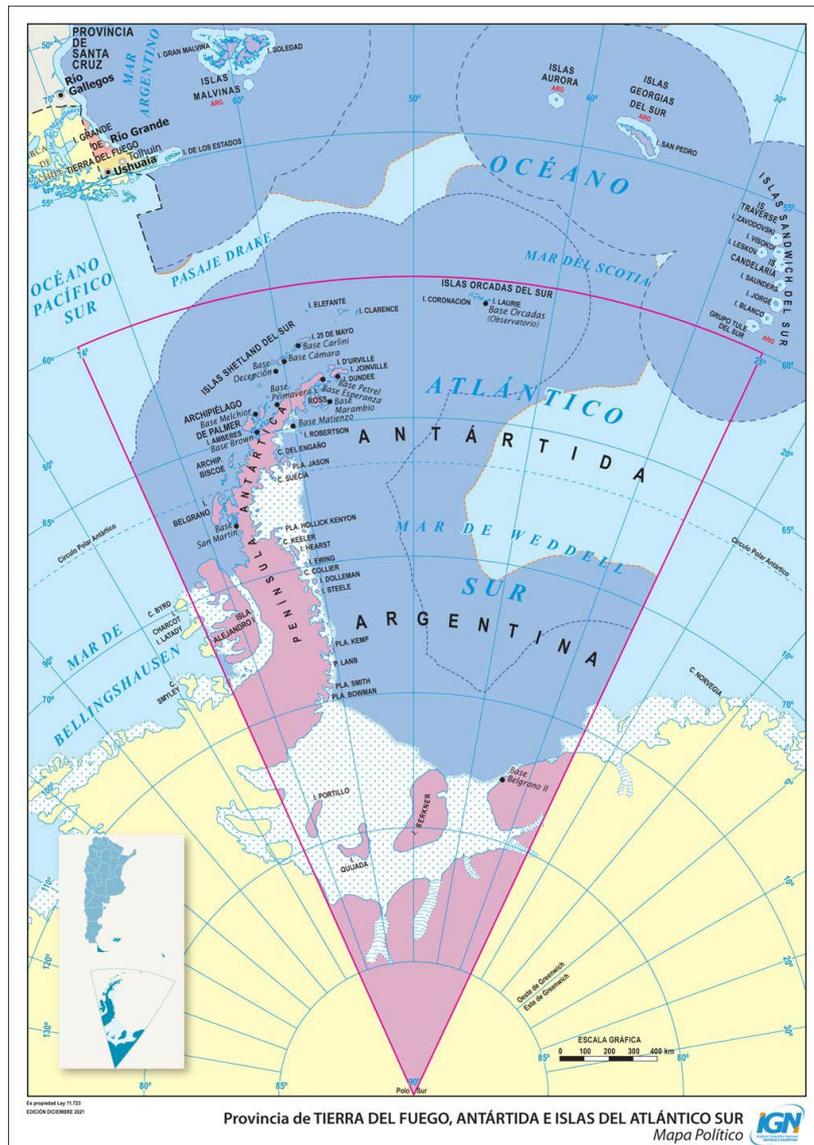


Figura 1. Mapa de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (www.ign.gov.ar)

Si bien el turismo antártico es dependiente estructuralmente de agentes externos al territorio, podemos afirmar que Ushuaia como puerta de entrada del turismo antártico, se encuentra ante la posibilidad de construir estrategias que permitan “endogeneizar” las actuaciones a partir de una oferta estudiada, especializada y controlada en la escala local, requiriendo de propuestas particulares para un segmento de demanda muy interiorizado en las diferentes temáticas polares y muy sensible ante cuestiones ambientales.

En este contexto, considerando la relevancia de Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida, el Plan Estratégico de Turismo Sustentable 2025 – PETS 2025- (In.Fue.Tur., 2022), cuya actualización fue financiada por el Consejo Federal de Inversiones en 2021, contempla la creación de un Centro de Visitantes Antártico (en adelante CVA). En el Resumen Ejecutivo del Informe de Turismo Antártico², Eje 1: Experiencia Turística, Programa 1.2 Gestión de la infraestructura turística se ubica el Proyecto 1.2.1 sobre obras de interés turístico donde se explicita como acción estratégica el desarrollo del Centro de

² https://infuetur.gov.ar/plan_estragico.

Visitantes Antártico. Cabe destacar que la formulación del PETS 2025 para Tierra del Fuego como así también la planificación del turismo antártico fueron documentos que se construyeron a partir de la discusión y participación de diversos actores relevantes para definir las acciones centrales en relación con los temas significativos para el turismo. Asimismo, este proyecto demuestra las fortalezas generadas a partir de la articulación de organismos que atienden la cuestión antártica a nivel nacional como la Dirección Nacional de Política Exterior Antártica (DNPEA) y la Dirección Nacional del Antártico (DNA) junto con el organismo provincial de turismo, Instituto Fueguino de Turismo (In.Fue.Tur.), la Dirección Provincial de Puertos (DPP) y la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (UNTDF), en pos de un objetivo común, relacionado con los intereses estratégicos de nuestro país.

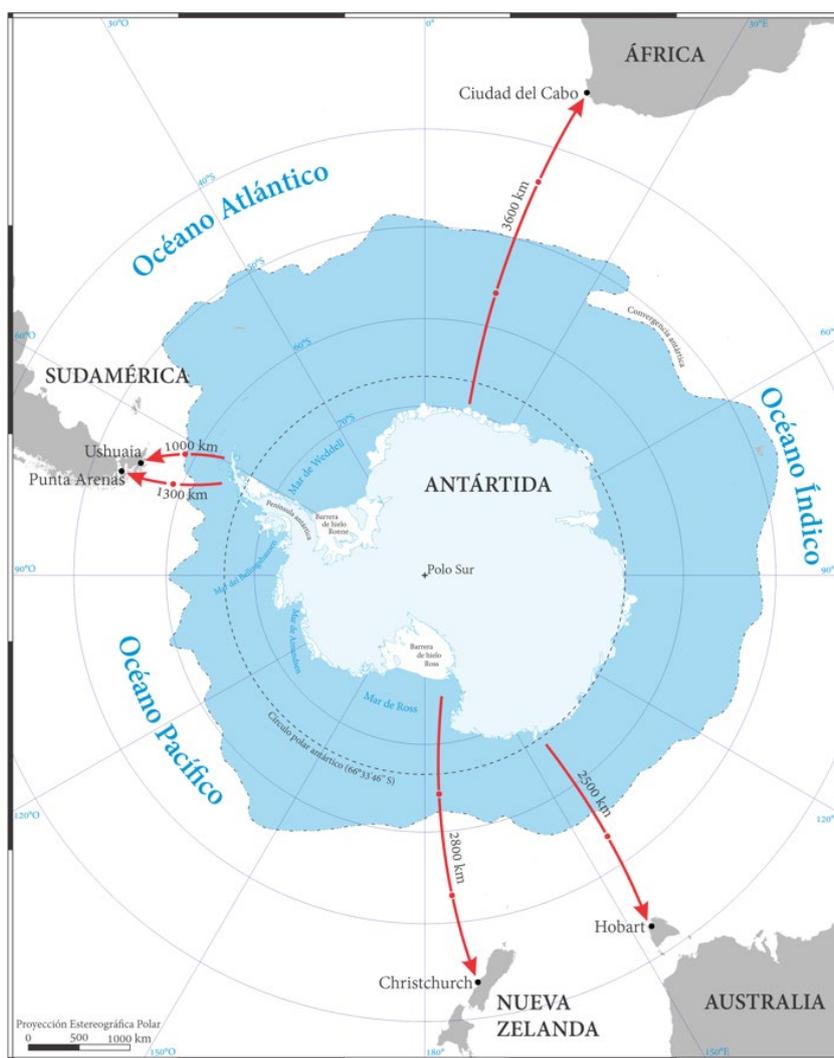


Figura 2. Puertas de entrada a la Antártida

Fuente: PIDUNTDF A1-1/2022

En síntesis, se considera central la creación de una oferta específica que permita establecer lazos con la Antártida desde diferentes dimensiones, brindando una experiencia sustantiva y consolidando el destino Ushuaia en su rol de “antesala a la Antártida”, como destino complementario y especializado. Como elemento focal de esta oferta un Centro de

Visitantes Antártico tendrá un doble impacto al contribuir, por un lado, con el sector turístico tanto antártico como no antártico y, por el otro, con la comunidad local mediante distintos elementos que favorezcan el desarrollo de una identidad territorial con un fuerte anclaje en temas antárticos. Entendemos que el aprovechamiento de esta posibilidad fortalece la vinculación de Ushuaia con la Antártida, asignándole otros valores como puerta de entrada y generando una identidad que supera la cuestión estrictamente turística y la posiciona en un rol más comprometido respecto de la comunidad local y visitantes no antárticos. En este sentido, se propicia la idea de “conocer la Antártida a través de Tierra del Fuego”, demostrando el fuerte compromiso de la puerta de entrada con distintos aspectos antárticos. Por otra parte, esta posibilidad permitirá destacar y poner en valor las actuaciones de nuestro país sobre la Antártida destacando su liderazgo en la investigación científica y la cooperación contribuyendo con los principios del Tratado Antártico, del cual es signatario original.

Si bien la construcción de este Centro será planteada en instancias futuras, es fundamental contar con contenidos y diseños de herramientas para su efectiva comunicación, así como también una propuesta de lineamientos educativos, para pensar en su creación más adelante a partir de producciones que le otorguen identidad y contenido. En este sentido, el INFUETUR le solicita a la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (UNTDF) el proyecto “Centro de Visitantes Antártico de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur” que ha sido financiado por el Consejo Federal de Inversiones. Esta primera instancia de trabajo ha tenido como finalidad la elaboración de contenidos, propuestas de comunicación y diseño de actividades para generar experiencias significativas que sirvan de base para la futura creación de un Centro de Visitantes Antártico. Esta propuesta surge como respuesta a la necesidad de contar con documentación de base que permita comprender la complejidad que resulta de interpretar los temas relacionados con la Antártida desde distintas dimensiones (natural, histórica, social, simbólica, política) y, a su vez, vincularlos con Tierra del Fuego con el objetivo de lograr que se visibilicen ambos espacios en función de sus múltiples conexiones patrimoniales y de su rol como puerta de entrada del turismo marítimo. Los resultados que se presentan en este informe final recogen el trabajo realizado por un grupo de expertos en temáticas antárticas y en áreas transversales para ser utilizados en el futuro CVA que será materializado en una futura etapa y que excede a los objetivos de este proyecto.

Metodología de trabajo

El trabajo desarrollado respondió al objetivo general de generar contenidos y materiales específicos para contribuir con el diseño de un guión que permita orientar las acciones del futuro Centro de Visitantes Antártico mediante una propuesta que, tomando algunos de los principios que señala Tilden³ para una efectiva interpretación, contemple la relación entre los objetos establecidos y el público usuario considerando las experiencias

³ Freeman Tilden define la función de interpretación como “una actividad educativa que pretende revelar significados e interrelaciones mediante el uso de objetos originales, experiencias de primera mano y medios ilustrativos, en lugar de simplemente transmitir la información de los hechos” (en Martín Piñol, 2013, p. 29).

previas que todos poseemos, la adecuación de la información para que cuente con un sentido interpretativo, la utilización de la provocación para despertar la curiosidad y el interés, propiciando una comunicación amena, pertinente, organizada y tematizada.

En función de alcanzar este objetivo, fue necesaria la conformación de un equipo de trabajo multidisciplinar para la generación de los contenidos desde los resultados que proporciona la investigación científica y que puedan ser transformados a un lenguaje de divulgación e interpretativo con el objeto de capturar la atención e interés de diferentes públicos. El equipo de trabajo contó con expertos de áreas temáticas y áreas transversales. Las áreas temáticas correspondieron a ciencias de la Tierra, ciencias de la atmósfera, ciencias de la vida y ciencias sociales y humanidades en tanto que las áreas transversales incluyeron medios audiovisuales, cartografía, ilustración, inclusión y educación formal. Además, profesionales del In.Fue.Tur. de la Dirección de Planificación y Desarrollo Turístico, y del Departamento de Turismo de Cruceros, participaron activamente de las discusiones y compartieron ideas y propuestas.

Una vez planteado el objetivo general y con la idea central de abordar los temas antárticos relacionándolos con Tierra del Fuego a fin de lograr que ambos espacios sean percibidos en función de sus múltiples conexiones patrimoniales y de su rol como puerta de entrada del turismo marítimo, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1: Generar contenidos desde cada área del conocimiento: Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Vida, Ciencias de la Atmósfera y Ciencias Sociales y Humanidades mediante una selección de temas que permitan conectar la Antártida con Tierra del Fuego para que puedan ser visibilizados en el futuro CVA.

2: Proponer el diseño de diversas formas de comunicar de una manera artística, interactiva y entretenida los contenidos generados por cada una de las áreas del conocimiento según el objetivo específico 1.

3: Proponer lineamientos para la implementación de un programa educativo para los distintos niveles de la educación formal con el fin que puedan ser utilizados en el CVA.

El trabajo se estructuró en tres (3) etapas, con sus respectivas tareas, que se cumplieron a lo largo de nueve (9) meses. Se llevaron adelante diversas reuniones periódicas donde participaron todos los expertos, estas reuniones fueron de carácter híbrido para que pudieran estar presentes los expertos que residen fuera de Tierra del Fuego. Se utilizó la plataforma zoom y se grabaron las reuniones que luego se subieron al drive del equipo para contar con todos los detalles de los intercambios siempre que fuese necesario. Asimismo, se realizaron tres talleres, uno híbrido y dos presenciales donde se definió el eje temático, los temas centrales, las dimensiones de abordaje, articulación entre los distintos temas, propuestas para su comunicación, diseño de piezas comunicacionales, lineamientos educativos, entre otros.

De las distintas reuniones y talleres realizados surgieron documentos de circulación interna como así también dos informes de avance que fueron elevados al In.Fue.Tur y al CFI oportunamente.

Luego del primer taller híbrido y de distintas reuniones de intercambio de ideas se definieron los núcleos narrativos junto con los contenidos prioritarios. Estos contenidos fueron organizados en un informe considerando como grandes áreas temáticas las ciencias de la Tierra, ciencias de la atmósfera, ciencias de la vida y ciencias sociales y humanidades.

Una vez finalizado este informe, se llevó adelante el primer taller presencial donde se expusieron los contenidos plasmados en el informe y luego se trabajó en la organización de los mismos para el diseño de propuestas comunicacionales y educativas. El taller se llevó adelante alternando entre sesiones plenarias y de trabajo en dos grupos, áreas temáticas y áreas transversales. De dicho taller resultó un documento de circulación interna que ha servido de guía para la organización de las reuniones siguientes donde se definieron diseños de piezas comunicacionales y de los lineamientos educativos. Cabe destacar que entre los temas abordados en el taller se discutió sobre la funcionalidad de distintos espacios en el marco de un programa de necesidades, esta tarea fue liderada por la Dirección de Planificación a través del equipo de arquitectura del In.Fue.Tur.

Una vez finalizado el primer taller presencial, se continuó con reuniones para diseñar las piezas comunicacionales y definir actividades educativas. Los resultados presentados por las áreas temáticas formaron parte de un informe. Posteriormente, tuvo lugar el segundo taller presencial donde se expusieron las propuestas de diseño de las piezas comunicacionales y lineamientos educativos. Las actividades se desarrollaron en sesiones plenarias, realizando algunas de las ideas generadas por el grupo de expertos, despertando el interés de todos los participantes. Luego de las exposiciones, se discutieron y evaluaron las propuestas y se revisaron los contenidos. Finalmente, se tomó nota de los cambios y/u omisiones detectadas para su consideración en el informe final.

Finalmente, como cierre de este proyecto, se ha trabajado en la elaboración de este informe final que no solo recoge los resultados presentados en los informes previos, sino que también incorpora una exhaustiva revisión de los contenidos y de las propuestas comunicativas y educativas. Además, se incluyen nuevos acápites para brindar un marco más amplio que permita contextualizar la futura instalación y funcionamiento del CVA.

Estructuración del informe

El informe se estructura en cuatro partes. La primera parte consta de tres capítulos, donde Marisol Vereda presenta los fundamentos para el desarrollo del CVA. El capítulo 1 caracteriza brevemente el turismo en Tierra del Fuego, con especial énfasis sobre el turismo antártico. En el capítulo 2 se incorporan precisiones conceptuales en relación con centros de visitantes e interpretación y el capítulo 3 brinda una aproximación sobre los perfiles de los potenciales usuarios del CVA.

La segunda parte recoge los resultados revisados y ampliados de las distintas áreas temáticas en virtud de las conclusiones arribadas durante el último taller realizado. Los cinco capítulos cubren distintos aspectos centrales de interés de la Antártida en su relación con Tierra del Fuego y con importancia a nivel global.

En el capítulo 4, sobre ciencias de la Tierra, en primer lugar, Eduardo Olivero presenta un itinerario por la historia geológica antártica, prestando especial atención a la geología, paleontología y rasgos ambientales del Jurásico en el área del monte Flora y cabo Longing. En segundo lugar, aborda las características geológicas del archipiélago Ross, como tema integrador de la geología antártico-fueguina en un espacio y tiempo particular, dadas las características del lugar que posibilitan estudiar las características y relaciones entre el

ambiente, la fauna y la flora de los ecosistemas marinos y continentales polares, previo al englazamiento total de la Antártida, tal como la conocemos en la actualidad. En este capítulo, Sebastián Marinsek continúa con el tema glaciaciones de una forma amena y completa, desarrollando conceptos clave para entender la dinámica de los glaciares con claros ejemplos de la Antártida como así también de la Patagonia. De esta manera, acerca un tema central para pensar la Antártida y que resulta de gran interés al relacionarlo con el pasado de Tierra del Fuego y con ciertas evidencias que hoy son fácilmente reconocibles en el paisaje fueguino.

El capítulo 5 sobre ciencias de la atmósfera, comprende un recorrido por aspectos que despiertan una gran curiosidad. Adriana Gulisano presenta de una forma clara y precisa los conceptos necesarios para entender la atmósfera terrestre, factores relevantes, los fenómenos meteorológicos y climáticos, con foco en los aspectos relacionados a los fenómenos atmosféricos que se desarrollan en el territorio austral, que forma parte de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, y su interrelación con la alta atmósfera de la Tierra y el entorno terrestre. Los fenómenos de la climatología antártica de altas latitudes se hacen también presentes en muchas ocasiones en el ámbito regional, las borrascas, así como la precipitación nival no son ajenas a los habitantes de la Provincia sobre todo durante las épocas invernales. El adelgazamiento de la capa de ozono, por ejemplo, durante algunos periodos ha afectado a la Isla Grande de Tierra del Fuego y regiones de la Patagonia austral. Es así que tanto el territorio sudamericano como el antártico se ven interrelacionados.

En el capítulo 6 sobre ciencias de la vida, Viviana Alder centra la atención en la bioecología de la Antártida, haciendo especial hincapie en la complejidad y heterogeneidad de los ecosistemas antárticos. En su desarrollo muestra parte de ese “mundo escondido” revelando sus significados. Asimismo, también destaca las especies emblemáticas que caracterizan a la Antártida desde la narrativa tradicional.

El capítulo 7, llevado adelante por Mariana Morgavi, con la colaboración de Pablo Fontana y Marisol Vereda, brinda distintos elementos que componen este amplio espectro de temas. Este capítulo cuenta con tres apartados. En el primero, sobre historia y política antártica, se destaca la sugerencia de utilizar una línea de tiempo que permite poner en perspectiva distintos hechos que sucedieron en el ámbito internacional en relación con la Antártida, contemplando el escenario local y que permite poner en perspectiva el relato de nuestro país. En el segundo apartado, se consideran distintos aspectos sociales como las instalaciones antárticas, el turismo antártico, donde se detalla el rol de Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida. Asimismo, el último acápite hace referencia a la filatelia antártica.

El capítulo 8, sobre cambio climático, es presentado por Irene Schloss, desarrollando un tema que cobra especial notoriedad en la actualidad y, particularmente, en relación con el continente antártico. Desde ese lugar, acompaña las explicaciones teóricas con una serie de estrategias didácticas para su mejor comprensión.

En todos los casos los autores han armado síntesis comentadas sobre la literatura más oportuna para cada tema como así también realizan una breve aproximación al estado actual de la actividad científica para cada campo del conocimiento que se trata en esta parte.

Todos los temas hasta aquí planteados han permitido elaborar la parte III de este informe. En este caso, las áreas transversales han trabajado de manera conjunta en la

elaboración de los capítulos que se presentan. Carolina Cohen, María Sol Cófreces, Francisco González, María Eugenia Raffi y Daniela Stagnaro desarrollaron de manera integral el diseño de diferentes piezas comunicacionales para el público del futuro CVA. Además, generaron propuestas de actividades orientadas para cada ciclo de la educación formal. Cabe destacar que el trabajo realizado en esta parte responde a los distintos momentos de interacción que tuvieron lugar durante este proyecto, resultando en una serie de capítulos que contemplan diversos aspectos a considerar para la futura materialización del CVA.

Si bien no se había contemplado la posibilidad de avanzar sobre requerimientos para el desarrollo de las propuestas en un espacio físico, a partir de las reuniones y talleres mantenidos, se evidenció la necesidad de ir desarrollando paralelamente el programa de necesidades que el edificio pudiera requerir en función de las propuestas de espacios expositivos, complementarios y funcionales. En ese sentido, la contraparte -In.Fue.Tur- decidió asignar los recursos para que el equipo técnico de la Dirección de Planificación pudiera avanzar aportando estas bases para el proyecto del CVA.

Por último, durante las reuniones plenarias, el equipo de trabajo ha delineado una serie de recomendaciones para acompañar la creación del futuro CVA. Estas recomendaciones toman en consideración diferentes aspectos que resultan muy valiosos ya que han surgido a lo largo de todo el proceso que nos ha permitido concluir con este informe final.

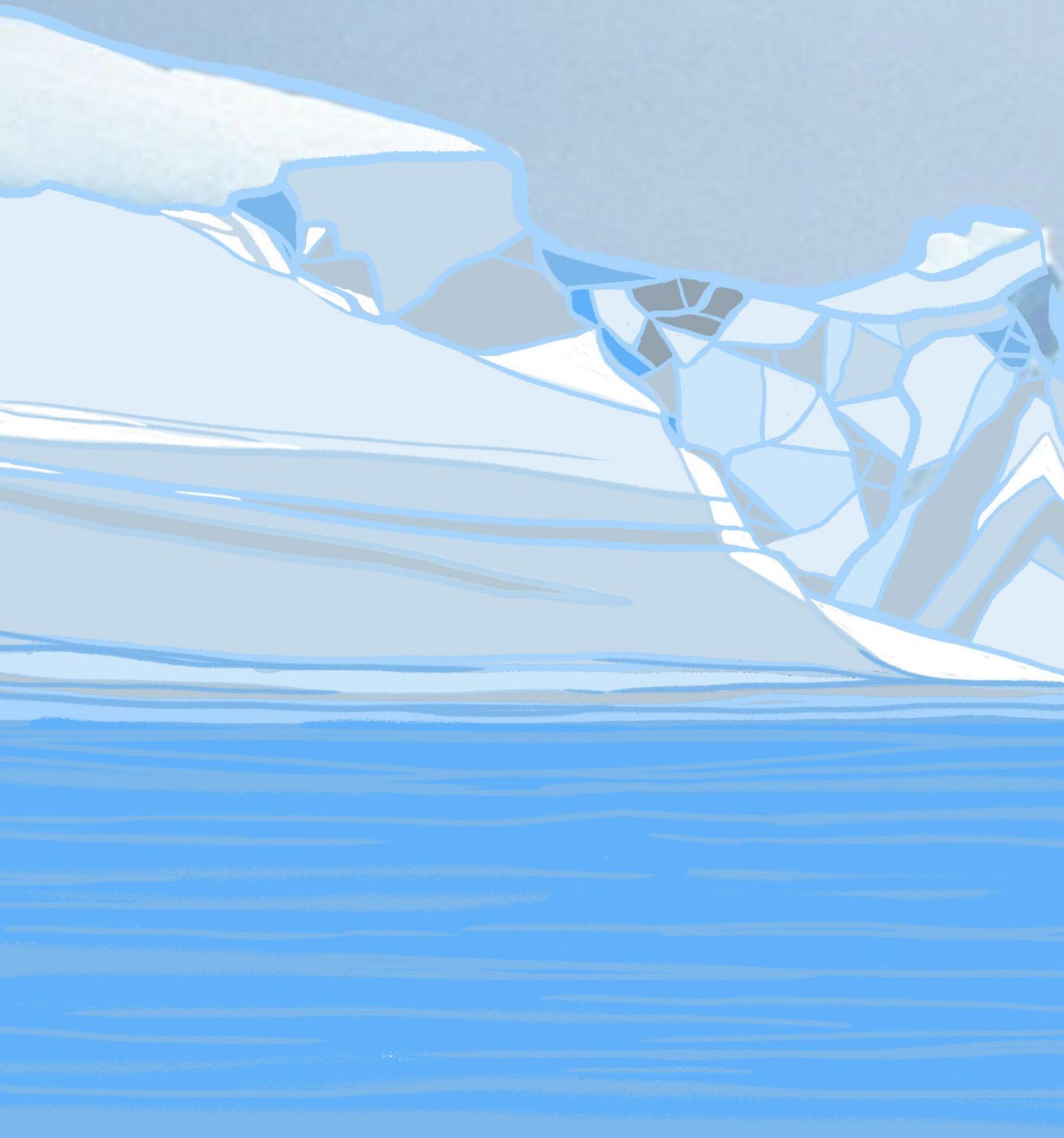
En virtud de lo expuesto, este informe presenta los contenidos temáticos y las propuestas de diseño de piezas comunicacionales y lineamientos educativos que servirán de base para la materialización del CVA en una futura etapa.

Referencias bibliográficas y fuentes

- IAATO. (2024a). IAATO overview of Antarctic vessel tourism: The 2023-24 season, and preliminary estimates for 2024-25. IP 102 rev. 1. *XLVI Reunión Consultiva del Tratado Antártico*, Kochi, 20-30 mayo 2024.
- IAATO. (2024b). IAATO deep field and air overview of Antarctic tourism. the 2023-24 season, and preliminary estimates for 2024-25. IP 103. *XLVI Reunión Consultiva del Tratado Antártico*, Kochi, 20-30 mayo 2024.
- In.Fue.Tur. (2007). *Marca destino: Plan de promoción y desarrollo de piezas de comunicación*. Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- In.Fue.Tur. (2022). *Plan Estratégico de Turismo Sustentable de la Provincia de Tierra del Fuego PETS-TDF 2025*. Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- Martín Piñol, C. (2013). *Manual del centro de interpretación*. Ediciones TREA,
- PIDUNTDF A1-1/2022. (2023). *Turismo y territorio: repercusiones del turismo antártico en Ushuaia como puerto base y de escala de cruceros. (2023-2025)*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, UNTDF.

PARTE I

FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO DE VISITANTES ANTÁRTICO



Capítulo 1

Características del turismo en Tierra del Fuego

1.1 Tierra del Fuego, destino turístico

El posicionamiento de Tierra del Fuego como destino turístico se relaciona con el interés por viajes a sitios remotos, inspirados en rutas de antiguos exploradores como así también por la creciente atracción por espacios poco alterados por el ser humano para desarrollar actividades vinculadas al ambiente natural. Mientras Tierra del Fuego ocupa un lugar destacado en el imaginario colectivo al ser identificada como ‘el fin del mundo’ que, a su vez, se constituyó desde el año 2007 en la marca destino (In.Fue.Tur., 2007; 2010), la ciudad de Ushuaia cobra un valor especial en virtud de su posición geográfica, reconocida como la ‘ciudad más austral del mundo’.

Un total de 635.514 visitantes conocieron Ushuaia durante la temporada 2022/2023. De ese total se estima que 361.030 accedieron al destino por vía aérea (57%), en tanto un 6% lo hizo por carretera (37.144), un 1% en micros de media y larga distancia (4.454) y 232.886 llegaron mediante un crucero turístico (37%) (In.Fue.Tur., 2023).

El verano austral (octubre-abril) constituye la temporada alta de este espacio reconocido como destino de naturaleza. En este sentido, presenta una fuerte articulación con la localidad de El Calafate, conformando el Corredor Turístico de la Patagonia Austral (Mintur, 2015) y también con Puerto Madryn, en ambos casos el transporte aéreo desempeña un rol central. Ushuaia como centro turístico es el núcleo desde donde se organizan y distribuyen las excursiones que, en su mayoría, se basan en la naturaleza como principal factor de atracción, característica que comparte con otros destinos de Patagonia, como los ya mencionados. Además, el valor simbólico que representa el ‘fin del mundo’ aporta un componente importante en la promoción de la oferta turística.

Durante la temporada estival, Ushuaia también forma parte de los itinerarios de los cruceros turísticos que operan bajo diferentes modalidades (ver Figura 1.1), reconociendo los cruceros internacionales, regionales y antárticos, según la clasificación que proporcionan Jensen y Daverio (2004) y Vereda et al. (2020). Al respecto, en la Figura 1.2 se observa la distribución de la cantidad de

pasajeros según modalidad de viaje, distinguiendo los pasajeros alojados en hoteles de los que han viajado a bordo de un crucero.

Los cruceros internacionales pertenecen a empresas extra regionales que operan estacionalmente en el hemisferio sur, especialmente como “solución de invierno” a la baja en la demanda en el Caribe y el Mediterráneo durante la temporada invernal. Dentro de este grupo encontramos a los cruceros con itinerarios alrededor del mundo o Sudamérica que realizan escala en Ushuaia, los que operan en itinerarios pendulares entre Buenos Aires / Montevideo y Valparaíso / San Antonio, con recaladas en diversos puertos tales como Puerto Madryn, Islas Malvinas, Ushuaia, Punta Arenas, Puerto Chacabuco, Puerto Montt y en algunos casos viajes de posicionamiento al iniciar o finalizar la temporada antártica.

Otra modalidad de cruceros corresponde a la de ‘regionales’, tratándose de viajes a través de los canales australes del archipiélago fueguino, desde Punta Arenas a Ushuaia y viceversa, donde se visitan diferentes puntos de interés en el Canal Beagle y Estrecho de Magallanes, una sola compañía opera de esta manera desde la temporada 2001/2002, actualmente realiza el recorrido con dos embarcaciones con una capacidad aproximada para 200 pasajeros cada uno.

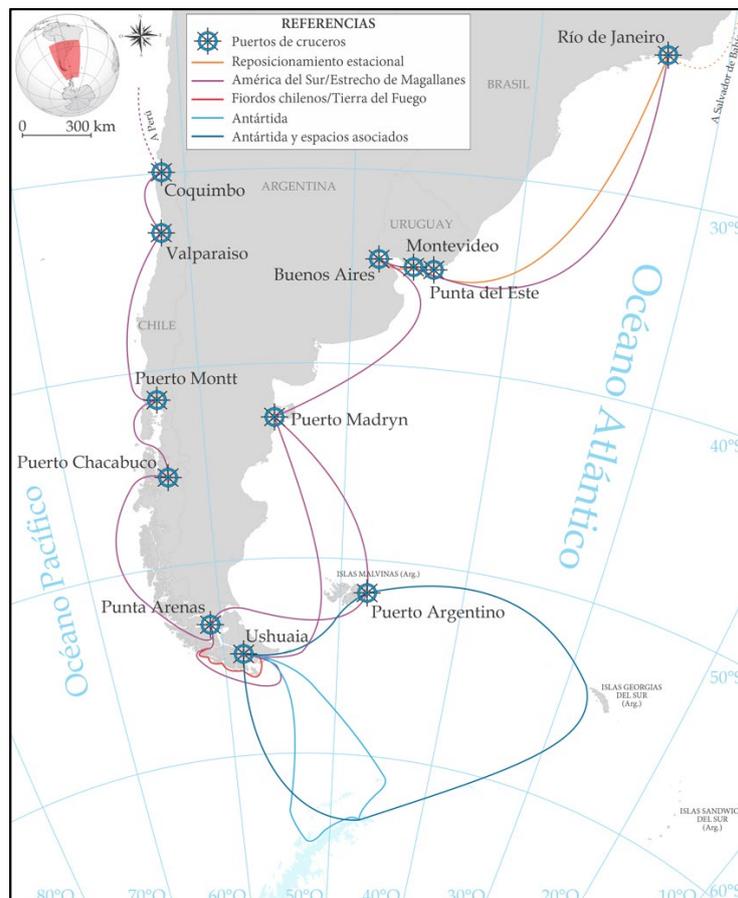


Figura 1.1. Itinerarios de cruceros
Fuente: Cohen y Vereda (2020).

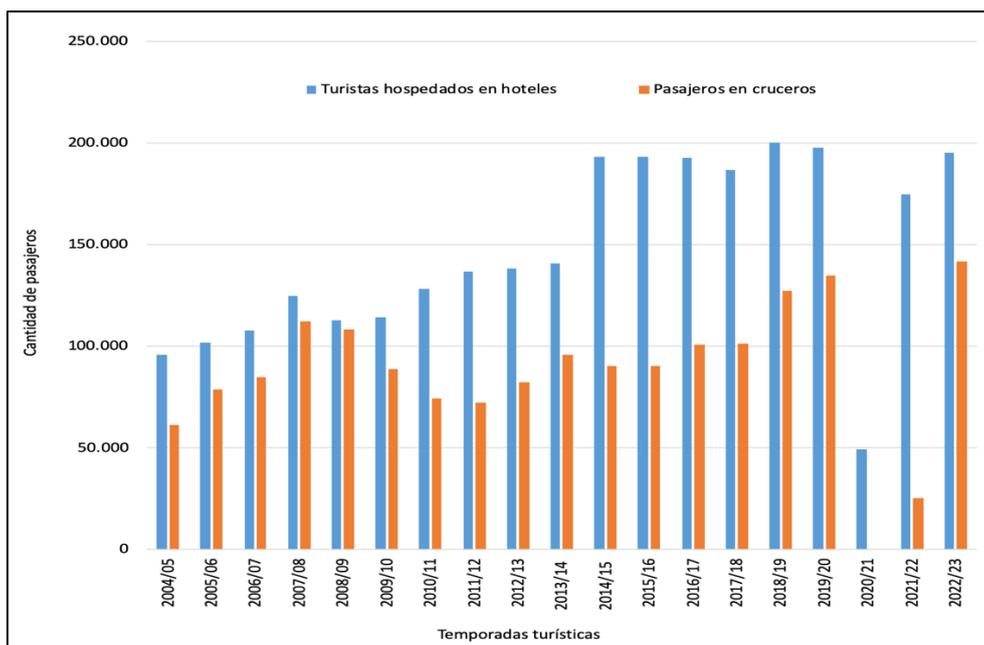


Figura 1.2. Evolución del número de visitantes por temporada alta (2004/2005 – 2022/2023).
Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Ocupación Hotelera, Prefectura Naval Argentina y PIDUNTF A1-1/2022.

Por último, los cruceros antárticos son aquellos que navegan al sur de los 60° de latitud sur, visitando la Península Antártica e Islas Orcadas del Sur e incluyendo en algunos itinerarios otros espacios asociados como las Islas Georgias del Sur, Islas Sandwich del Sur e Islas Malvinas. Se hace una diferenciación entre los cruceros de expedición, que identifica a los buques que transportan hasta 500 pasajeros y realizan desembarcos en distintos sitios de visita en la región de destino, de los buques de gran porte, que transportan más de 500 pasajeros y solamente navegan aguas antárticas sin realizar desembarcos. Desde la década de los '90, a través del puerto de Ushuaia se realizan más del 90% de los viajes turísticos por vía marítima a la Antártida.

En las Figuras 1.3 y 1.4 se presenta el comportamiento del turismo de cruceros por modalidad. En la Figura 1.3 se puede observar el mayor aporte de recaladas por parte de los cruceros antárticos ocupando un segundo lugar en cuanto al flujo de visitantes, como se evidencia en la Figura 1.4. Al mismo tiempo los cruceros internacionales con menos recaladas aportan la mayor cantidad de visitantes, dando cuenta del mayor porte de los buques que operan esta modalidad, siendo los cruceros regionales los que transportan la menor cantidad de visitantes.

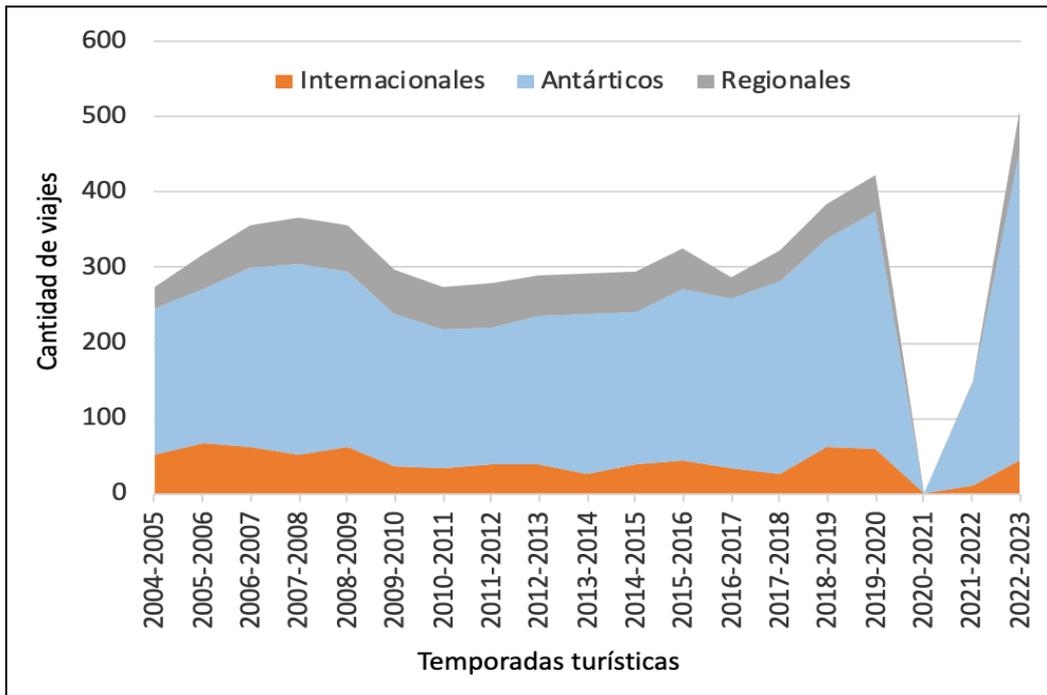


Figura. 1.3. Viajes realizados por los cruceros turísticos según modalidad de operación
Fuente: Vereda et al., 2020 actualizado para este trabajo.

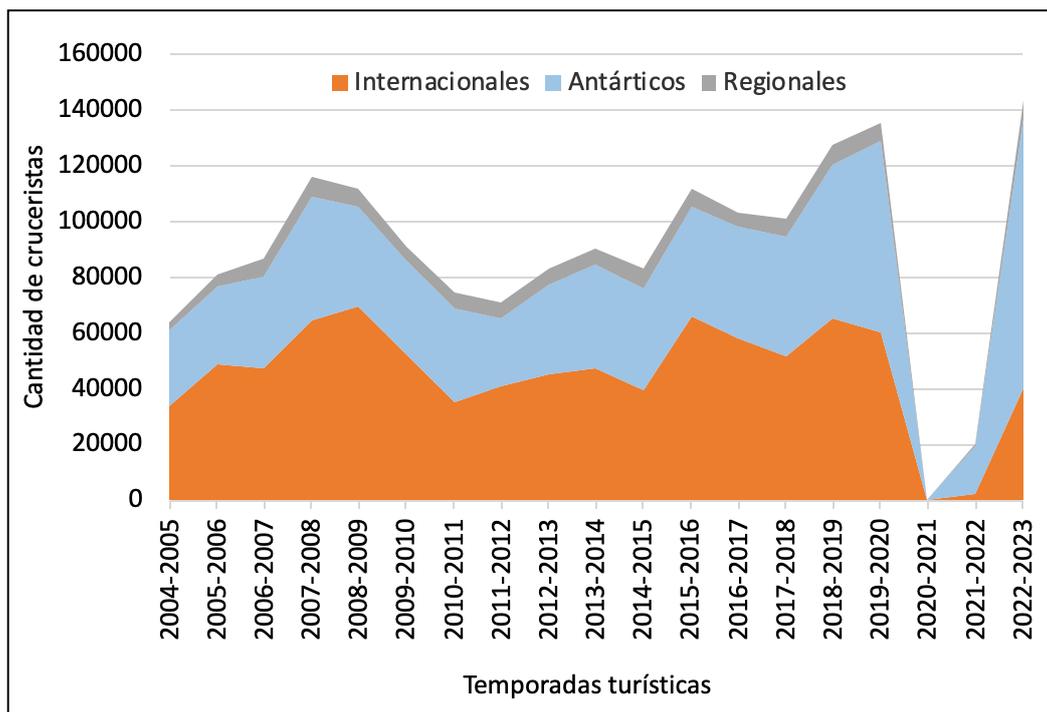


Figura. 1.4. Cantidad de pasajeros a bordo de los cruceros turísticos según modalidad de operación.
Fuente: Vereda et al., 2020 actualizado para este trabajo.

Por otra parte, si bien Ushuaia contaba con una pista para la práctica de esquí alpino y distintos lugares para realizar esquí de fondo, la posibilidad de establecer una temporada de invierno que pudiera compensar el decrecimiento

de flujos turísticos producido luego de semana santa, la proveyó la construcción de un centro de esquí en el faldeo del Cerro Krund, denominado complejo ‘Cerro Castor’, el gobierno de la provincia realizó las obras para la apertura de pistas y la instalación de los medios de elevación. Desde el año 1999 funciona este moderno centro de esquí que contribuyó para la generación del turismo de invierno, disminuyendo significativamente los meses de temporada baja (Vereda et al., 2020). En la Figura 1.5 se presenta la evolución de visitantes en temporada invernal.

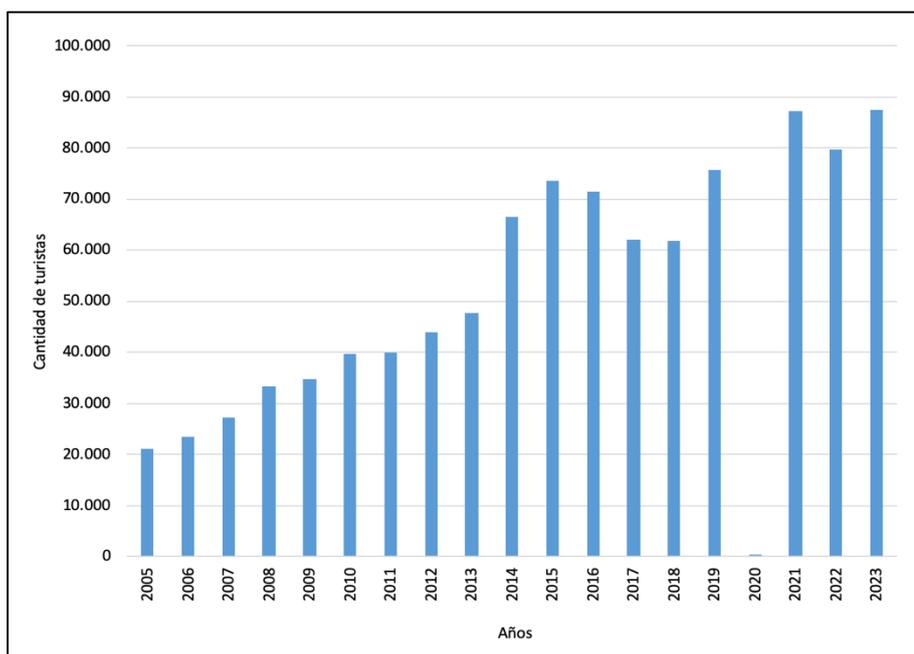


Figura 1.5. Evolución de la cantidad de turistas en época invernal.
Fuente: Tomado de Vereda et al. (2020), actualizado para este trabajo.

1.2 Ushuaia, puerta de entrada del turismo antártico

El turismo antártico es definido como la actividad comercial que involucra el desplazamiento de personas al sur de los 60° S o área del Tratado Antártico (TA), con fines de ocio, prestando especial atención a motivaciones relacionadas con la vida silvestre, paisajes dramáticos, interés científico e historia de la exploración antártica, requiriendo de puertas de entrada para su efectiva materialización (Vereda y Jensen, 2019).

Para el turismo antártico, el rol que cumplen las puertas de entrada es fundamental ya que los buques requieren de ciudades puerto al inicio y fin de cada viaje. En términos generales, las puertas de entrada comprenden los puntos de ingreso y egreso a un país o región en función de las rutas de transporte, a través de las cuales circulan cuando ingresan a un destino. En un sentido más estricto, Guyer (2006) señala que “puerta de entrada a la Antártida” deriva de la idea de “Estados de Entrada”, que se refiere a los países ubicados

en el hemisferio sur, este término se originó en la Conferencia de Washington en 1959 cuando el Tratado Antártico fue firmado. Bertram et al. (2007) definen el concepto puerta de entrada como aquel puerto costero o isleño, capaz de beneficiarse de los recursos antárticos y de ejercer su control, debido a su proximidad, incluyendo todas las actividades que tienen lugar ya sean gubernamentales (investigación científica y logística asociada) como no gubernamentales (pesca y turismo).

Debido a las características del turismo antártico, las ciudades puertas de entrada deben contar con la infraestructura necesaria y adecuada para que los operadores turísticos puedan operar con un amplio margen de confiabilidad, tales como un aeropuerto que garantice las operaciones de recambio de pasajeros, facilidades portuarias para el amarre y zarpe de buques. Los servicios portuarios, provistos tanto por el sector público como privado, incluyen el practicaje, amarre, estiba, aprovisionamiento, abastecimiento de agua y combustible, disposición final de residuos y de aguas de sentina, entre otros. Además, otros servicios son necesarios relacionados con el turismo, como alojamiento, excursionismo, gastronomía, transporte a puntos de interés turístico, etc., destacándose la importancia de contar con recursos humanos cualificados para atender los requerimientos de un segmento muy especializado de la demanda turística como el antártico.

Asimismo, Jensen y Vereda (2016) agregan que las puertas de entrada se caracterizan por contar con expresiones educativas, artísticas y culturales que las conectan con la Antártida, favoreciendo el involucramiento de la comunidad receptora de esos flujos turísticos, contribuyendo a la generación de una identidad territorial. Por su parte, Salazar et al. (2022) sostienen que las cinco puertas de entrada a la Antártida tienen una posibilidad singular de desempeñar un rol relevante en relación con la Antártida más allá de ser un nodo funcional. El autor se refiere a su desarrollo como centros urbanos involucrados en la difusión de los valores de la Antártida.

Además, Kriwoken y Williamson (1993) establecen la importancia de Hobart como puerta de entrada a la Antártida en virtud de su historia. En el mismo sentido y ampliando la mirada desde la perspectiva del patrimonio, Medina (2022) analiza la percepción de los visitantes y los residentes de Ushuaia sobre las conexiones existentes entre Tierra del Fuego y la Antártida.

En este marco, entendiendo el significado de puerta de entrada a la Antártida en sentido amplio, se presentan los resultados del relevamiento obtenido durante la temporada turística 2023/2024 con el objeto de conocer las características del turismo antártico que opera a través de Ushuaia. En el capítulo 7 se aborda la temática de turismo antártico desde sus inicios.

En muchos casos, como ya se ha mencionado, los viajes a la Antártida se complementan con otros espacios asociados a la visita en el Atlántico Sur, incorporando en los itinerarios las Islas Malvinas y las Islas Georgias del Sur,

ambos archipiélagos son especialmente seleccionados por su alto valor ecológico y simbólico. En la Figura 1.7 se pueden identificar los distintos itinerarios que tienen lugar asociados al viaje antártico, no solo para Ushuaia, sino para todas las puertas de entrada.

El turismo marítimo a la Antártida es la modalidad que mayor movimiento genera de pasajeros y de buques. Esta modalidad se ha consolidado a partir de la década de 1990 (ver capítulo 7), momento en el que en Ushuaia se desarrollaron dos obras de infraestructura, la ampliación del puerto y la construcción del nuevo aeropuerto, contribuyendo con la facilitación de las operaciones de los buques antárticos. Ello, sumado a la corta distancia que separa esa ciudad de la Península Antártica, ha permitido a las operadoras turísticas ampliar la frecuencia de viajes durante la temporada turística.

En relación con el turismo marítimo antártico que utiliza el puerto de Ushuaia, se reconocen claramente diversos tipos de embarcaciones que realizan aproximaciones diferentes al área de la Península Antártica. Por un lado, los buques que efectúan desembarcos en distintos sitios y, por otro lado, embarcaciones de gran porte que únicamente navegan aguas antárticas. De igual modo, las prestaciones requeridas en el puerto de Ushuaia permiten señalar otra distinción: los buques que solamente recalán en Ushuaia en el marco de un itinerario más extenso en América del Sur y la Antártida, y aquéllos que utilizan el puerto de Ushuaia como base para sus operaciones. En general, estas últimas operaciones se refieren al recambio de pasajeros en Ushuaia articulando con el aeropuerto de la ciudad, servicios marítimos, abastecimiento de distintos insumos y servicios turísticos. Por último, cabe mencionar que al inicio y al final de la temporada turística, varias embarcaciones se aproximan y/o se retiran de Ushuaia, llevando adelante viajes de posicionamiento desde y hacia otros destinos.

A fin de presentar el movimiento de los flujos de visitantes y de los buques que, a través del puerto de Ushuaia, visitaron la Antártida para la temporada 2023/2024¹ se utiliza la información provista por Jensen et al., 2024.

Para la temporada 2023/2024, un total de 111.497 turistas visitaron la Antártida, utilizando Ushuaia como puerto de conexión hacia y/o desde la Antártida. De ese total de pasajeros, se pueden identificar tres categorías: **a)** aquéllos que embarcaron y desembarcaron en el puerto de Ushuaia, **b)** aquéllos que solamente embarcaron o desembarcaron en Ushuaia -es decir que pasaron una sola vez, ya sea en el viaje de ida o de regreso de la Antártida- y **c)** aquéllos que viajaron a la Antártida, embarcando y desembarcando en otros puertos,

¹ La información sobre el movimiento de flujos y buques de turismo antártico a través de Ushuaia la realiza el equipo de investigación de turismo antártico de la UNTDF para elevar a la Dirección Nacional de Política Exterior Antártica para ser presentada como informe de la Argentina en la Reunión Consultiva del Tratado Antártico. Los informes se pueden consultar en www.ats.aq para cada año desde 2009.

haciendo únicamente escala en Ushuaia (Ver Figura 1.8). Para el primer caso (punto a), se consideraron solamente los zarpes de los buques para realizar el conteo de los pasajeros. En el segundo (punto b), se contabilizaron tanto los pasajeros que entraron como los que salieron por el puerto de Ushuaia, ya que varias embarcaciones han comenzado o finalizado el viaje en otros puertos, ya sea combinando con otras modalidades como vuelo-crucero o visitando la Antártida como parte del viaje de inicio y/o final de temporada, operando luego localmente (en Ushuaia) durante todo el período. En el último punto (c), se trata de embarcaciones en tránsito, contabilizando los pasajeros en las entradas o salidas, según fuera el caso.

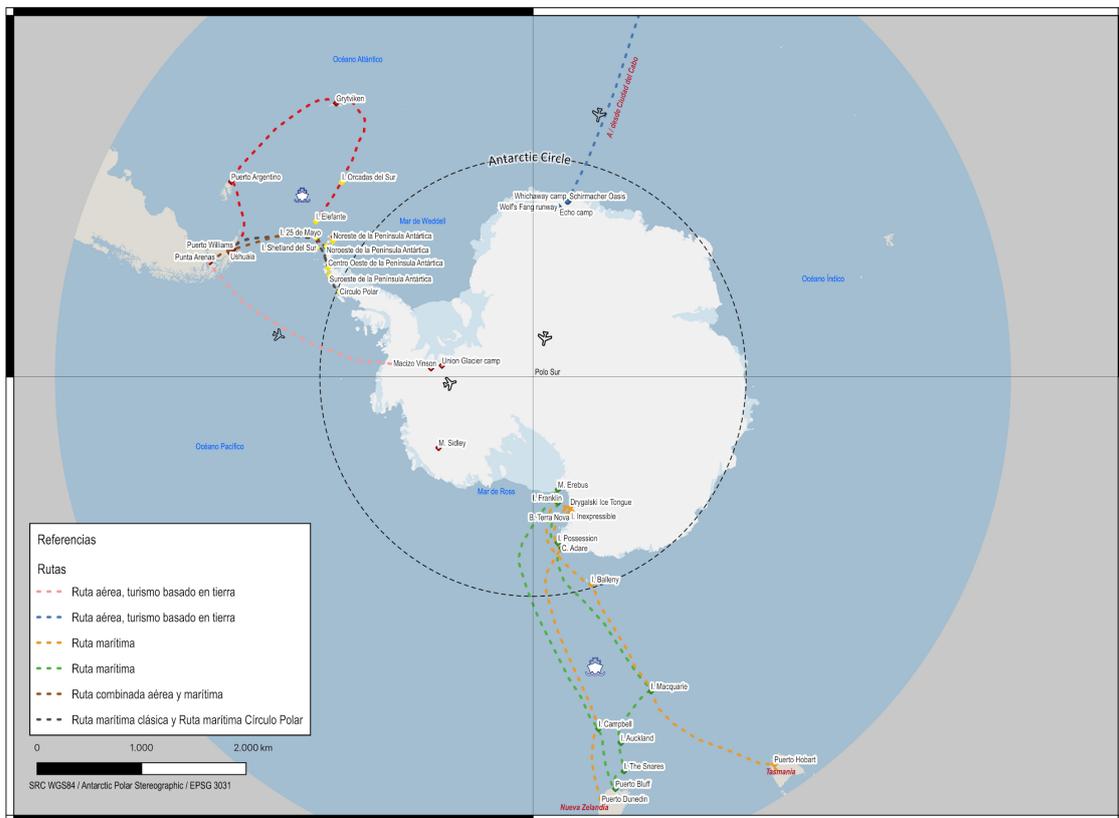


Figura 1.7. Rutas del turismo antártico desde las distintas puertas de entrada. Fuente: Vereda y Jensen (2022).

Los visitantes antárticos se distribuyen en buques de distinto porte. Al respecto, se ha realizado una distinción, en relación con la Medida 15 (2009) adoptada en la XXXII Reunión Consultiva del Tratado Antártico, entre los buques que han transportado 500 pasajeros o menos, y los que han llevado más de 500. De este modo, los buques que han transportado más de 500 pasajeros fueron 8, completando 21 viajes en total transportando 40.340 pasajeros, es decir el

36,18% del total de pasajeros que visitaron la Antártida. En la Figura 1.9 se presentan los promedios de tripulación y de pasajeros² transportados.

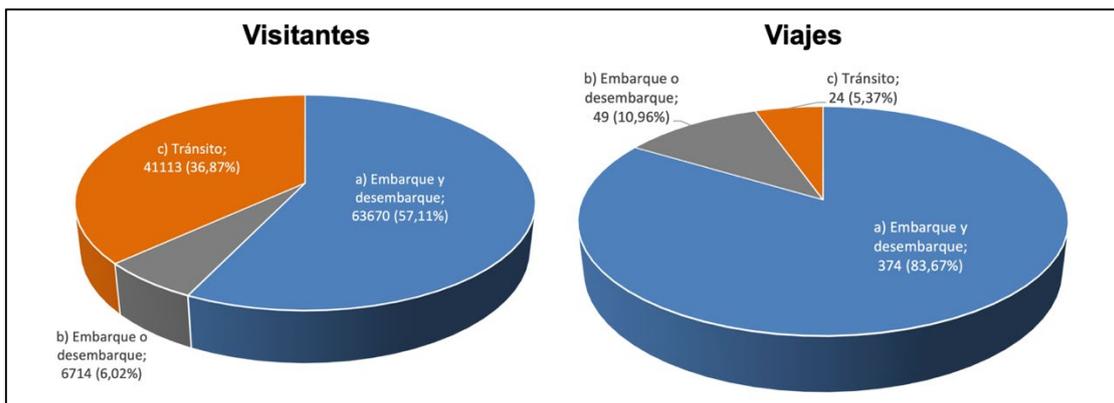


Figura 1.8. Discriminación según modos de operación. Ushuaia, temporada 2023/2024. Fuente: Jensen et al., 2024 (Argentina, IP 47, www.ats.aq).

Cabe señalar que los buques *Greg Mortimer*, *Magellan Explorer*, *Ocean Adventurer*, *Ocean Nova*, *Sylvia Earle*, *World Explorer* y *World Voyager* tuvieron un comportamiento diferente del resto de los buques, al operar también en forma directa desde la Isla 25 de Mayo, archipiélago de las Shetland del Sur, con pasajeros cuyos arribos y partidas se realizaron por modo aéreo desde Punta Arenas (Chile). Se han contabilizado los casos cuando estos viajes iniciaron o finalizaron en Ushuaia con pasajeros, no se sumaron aquellos viajes que se realizaron únicamente con tripulantes y miembros del staff de expedición a través de este puerto.

Asimismo, buques como el *National Geographic Endurance* y *Le Commandant Charcot* realizaron viajes de semicircunnavegación del continente antártico entre Ushuaia y Dunedin/Lyttelton (Nueva Zelanda) en ambos sentidos de navegación. El *Hanseatic Spirit* realizó una semicircunnavegación desde Ushuaia a Lyttelton.

Por otra parte, se distingue un grupo de 36 buques, que representa el 65,45 % sobre el total de embarcaciones analizadas, que ha mantenido un tránsito regular hacia la Antártida, operando durante toda la temporada desde el puerto de Ushuaia, realizando cada buque entre 7 y 15 viajes a la Antártida, según se indica en la Figura 1.10. Estos buques son de especial interés para el desarrollo de Ushuaia como puerta de entrada ya que presentan mayores posibilidades para pernoctar y llevar adelante distintas actividades.

²Se considera el promedio de pasajeros transportados y no la capacidad del buque, ya que en algunos casos puede tratarse de embarcaciones que transportan un número menor de pasajeros respecto de la capacidad total del mismo.

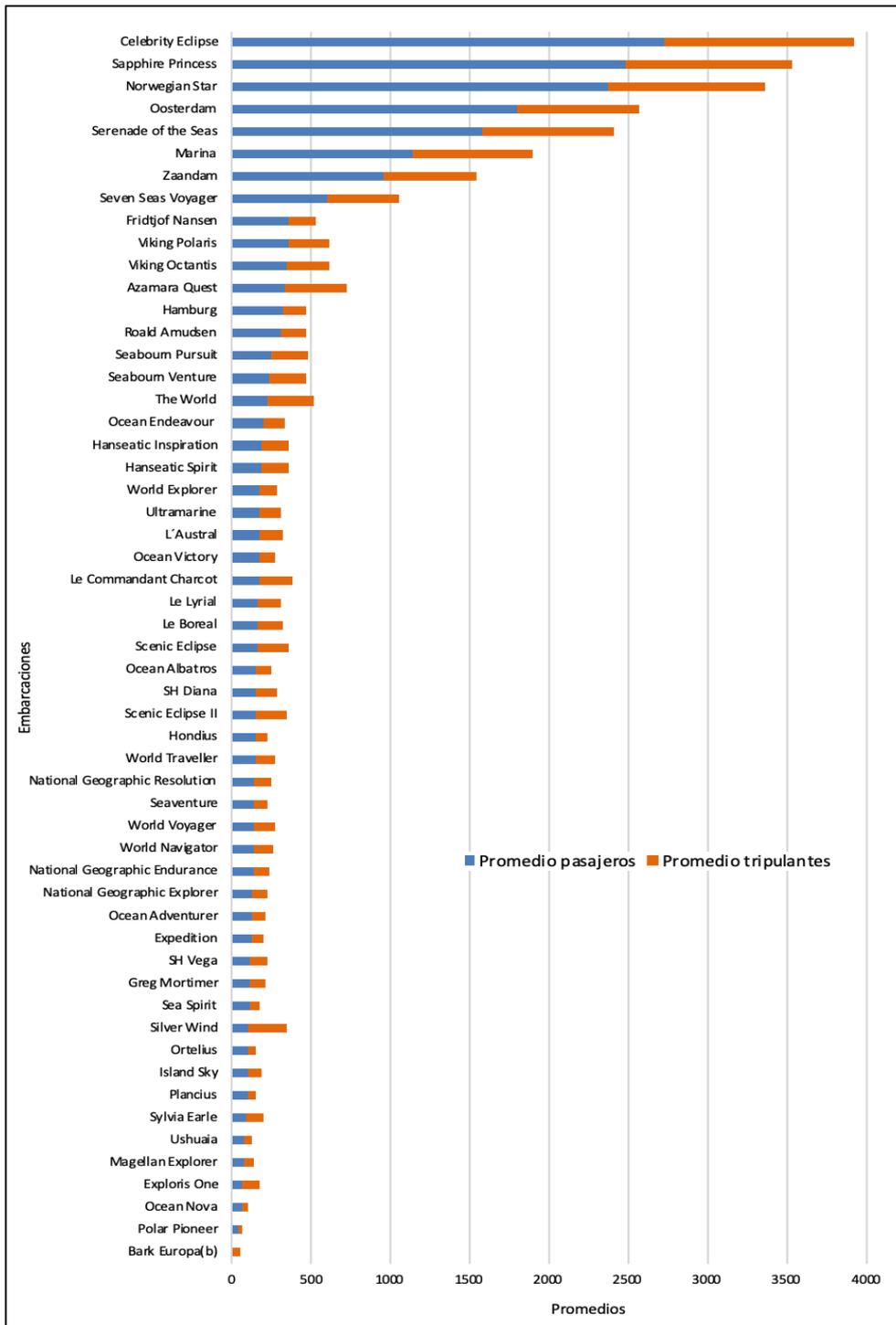


Figura 1.9. Promedios de pasajeros y tripulantes por embarcación, temporada 2023/2024.
 Notas: El buque *Azamara Quest*, a pesar de transportar menos de 500 pasajeros, indica que solamente navega aguas antárticas. La embarcación *Bark Europa* declara que lleva a bordo “aprendices”, y son enlistados como tripulantes.
 Fuente: Jensen et al., 2024 (Argentina, IP 47, www.ats.aq).

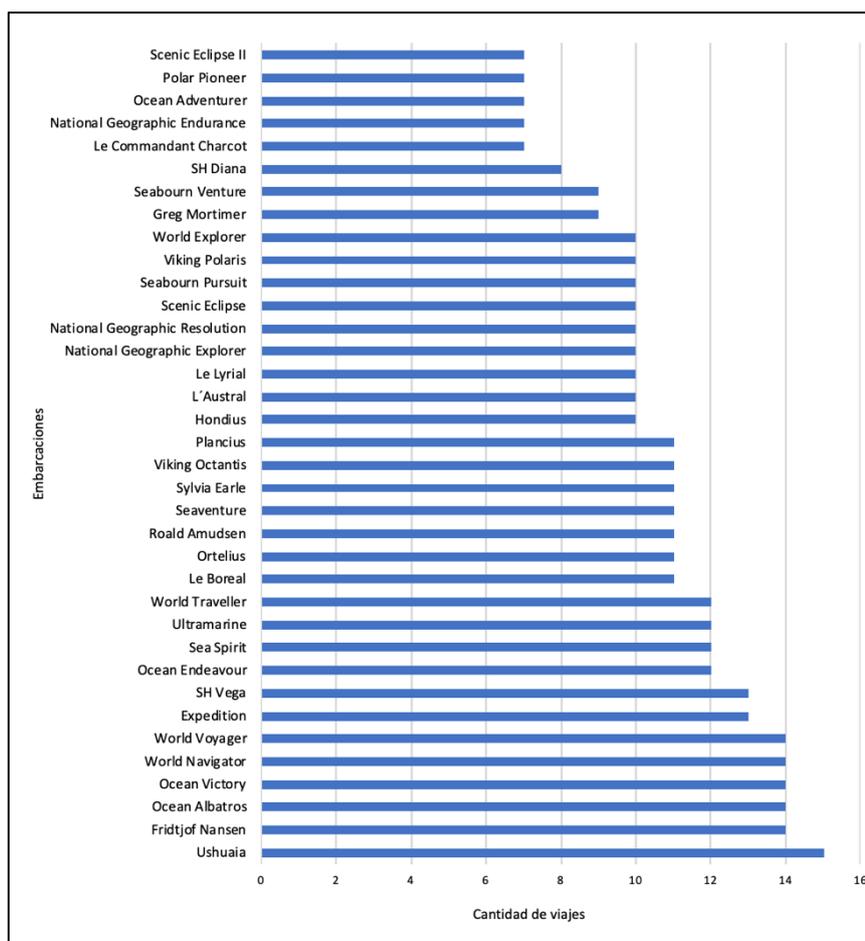


Figura 1.10. Buques con mayor cantidad de viajes a la Antártida que operaron regularmente. Ushuaia, temporada 2023/2024
Fuente: Jensen et al., 2024 (Argentina, IP 47, www.ats.aq).

En función de la información presentada para la última temporada turística de cruceros antárticos, se observa que continúa el crecimiento que comenzó en la temporada 2022/2023, recuperándose luego de la pandemia por COVID-19. De todos modos, el incremento de la última temporada fue menos acelerado. La cantidad de viajes y pasajeros que visitan la Antártida a través del puerto de Ushuaia requieren de distintos servicios, como ya se ha señalado. El Centro de Visitantes Antártico brindaría la posibilidad de contar con una oferta especializada para este segmento de la demanda, constituyendo, a su vez, una oportunidad de negocio.

Referencias bibliográficas

Bertram, E.; Miur, S. y Stonehouse, B. (2007). Gateway ports in the development of Antarctic tourism. En J. M. Snyder y B. Stonehouse (Eds.) *Prospects for Polar Tourism* (pp.123-146). CABI.

- Cohen, C. y Vereda, M. (2020). La construcción de significados de un destino turístico a partir de la experiencia de los visitantes de crucero. El caso de Ushuaia. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, (27), 049. DOI: //https://doi.org/10.37.838/unicen/est.27-049
- Guyer, R. E. (2006). Circunstancias que llevaron a la negociación y adopción del Tratado Antártico en 1959. En A. D. Abruza (Ed.), *A cien años de la presencia permanente e ininterrumpida de la Argentina en la Antártida* (pp.36-40). Legislatura de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur y Asociación Argentina de Derecho Internacional.
- In.Fue.Tur. (2007). *Marca destino: Plan de promoción y desarrollo de piezas de comunicación*. Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- In.Fue.Tur. (2023). *Informe de temporada, 2022-2023*. Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- Jensen, M. y Daverio, M. E. (2004). Los cruceros turísticos en Ushuaia, Argentina. Relaciones buque-destino. *Aportes y Transferencias*, 8 (1), 89-112.
- Jensen, M. y Vereda, M. (2016). The development of Antarctic tourism through Ushuaia as a gateway port. En M. Schillat, M. Jensen, M. Vereda, R. A. Sanchez y R. Roura (Eds.). *Tourism in Antarctica. A multidisciplinary view on new activities carried out on the White Continent*, pp. 75-99. Springer. DOI 10.1007/978-3-319-39914-0_1.
- Jensen, M.; Vereda, M. y Morgavi, M. (2024). Informe sobre flujos de visitantes y de buques de turismo antártico que operaron en el puerto de Ushuaia durante la temporada 2023/2024. IDEI, UNTDF. [IP 47, presentado por Argentina en la XLVI Reunión Consultiva del Tratado Antártico. Kochi, 20-30 de mayo de 2024].
- Kriwoken, L. K. y Williamson, J. W. (1993). Hobart, Tasmania: Antarctic connections. *Polar Record*, 29 (169), 93-102.
- Medina, G. E. (2022). Tierra del Fuego y Antártida: relaciones patrimoniales como eje para el desarrollo de una oferta turística tematizada. *Tesis de Grado Licenciatura en Turismo*, UNTDF.
- MINTUR (2015). *Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable 2025*. Ministerio de Turismo de la Nación.
- PIDUNTDF A1-1/2022. (2023). *Turismo y territorio: repercusiones del turismo antártico en Ushuaia como puerto base y de escala de cruceros. (2023-2025)*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, UNTDF.
- Salazar, J. F.; Leane, E.; Roldán, G.; Frase, C.; Macías Díaz, K.; Power, C.; Garro, F.; Silima, R. y Barticevic, E. (2022). The Antarctic youth coalition: an experiment in citizen participation and south-south cultural diplomacy. *The Polar Journal*, 12 (1), 5-21.

- Vereda, M. y Jensen, M. (2019). A geo-historical analysis of Antarctic tourism: Practices and representations. *Antarctic Affairs*, Vol. VI (1): 35-52.
- Vereda, M.; Jensen, M.; Paredes, F. & Gómez Abregu, M. V. (2020). El turismo en Ushuaia. Continuidades y cambios en el territorio a partir de la Ley Nacional de Turismo. En E. Amadasi y J. L. López Ibañez (Comps.). *El turismo en la Argentina desde 2005: una mirada desde la Ley Nacional de Turismo* (pp.283-344). Editorial Servicop.
- Vereda, M. y Jensen, M. (2022). *Apuntes sobre turismo antártico*. Seminario Turismo Antártico de la Maestría en Estudios Antárticos, UNTDF.

Capítulo 2

Centros de visitantes e interpretación

2.1 Características de los centros de visitantes

Contar con un Centro de Visitantes en un destino provoca un doble impacto al brindar un espacio de visita para los turistas como así también generando vínculos la comunidad local mediante distintos elementos que favorezcan el desarrollo de una identidad territorial con un significativo anclaje en los temas de interés para ese territorio en particular. En el caso que nos ocupa, entendemos que el aprovechamiento de esta posibilidad fortalece la vinculación de Tierra del Fuego con la Antártida, asignándole otros valores a Ushuaia como puerta de entrada y generando una identidad que supera la cuestión estrictamente turística y la posiciona en un rol más comprometido respecto de la comunidad local y visitantes no antárticos. En este sentido, se propicia la idea de “conocer la Antártida a través de Tierra del Fuego”, demostrando el fuerte compromiso de la puerta de entrada con distintos aspectos antárticos.

Según un estudio realizado por UNESCO (2019), los centros de visitantes deben llevar adelante tres roles centrales: promover el turismo sustentable, desarrollar la interpretación del patrimonio y generar servicios educativos y favorecer el involucramiento de la comunidad local.

En el primer caso, se considera que los centros deben ser ecológica y culturalmente sostenibles, si se gestionan adecuadamente, tienen un gran potencial de impacto para el desarrollo local y la sostenibilidad a largo plazo. La influencia en el comportamiento de los visitantes es un aspecto clave para desarrollar un turismo responsable, crucial para proteger los valores y atributos de los lugares y contribuir a una experiencia de alta calidad. Los centros de visitantes se constituyen en espacios con capacidad para promover la sostenibilidad, influir en las actitudes para estimular visitas comprometidas en distintos lugares y permiten recopilar datos sobre la cantidad y actividades de los visitantes, junto con información sobre sus necesidades y motivaciones. Gestionar el turismo de manera sostenible requiere tanto de una perspectiva a largo plazo como de una cuidadosa consideración de las muchas formas en que

las actividades turísticas y las interacciones con las comunidades y el medio ambiente se relacionan entre sí.

Los Centros de Visitantes contienen múltiples funciones dependiendo de su desarrollo y gestión. Pueden utilizarse para promover el destino, proporcionar información e interpretación de las atracciones del área, controlar y filtrar flujos de visitantes y, en algunos casos, ser un sustituto de las visitas en el lugar, de especial interés para el caso que se presenta sobre la Antártida.

Además, estos centros pueden contar con un espacio para generar ingresos a través de la venta de boletos, souvenirs, artesanías locales, libros, entre otros, constituyendo recursos importantes para contribuir con financiamiento para su cuidado.

Por otro lado, en relación con el CVA, se destaca la posibilidad que ofrece como un atractivo en sí mismo, como espacio de visita de carácter independiente y con entidad propia, identificando a Ushuaia en un rol singular respecto de su conexión con la Antártida, con capacidad para promover una estadía más prolongada y propiciar un mayor gasto de los visitantes. Es interesante destacar la importancia que alcanzan otros destinos al contar con espacios de estas características, tal es el caso de Puerto Madryn con el Ecocentro, de Trelew con el Museo Paleontológico Egidio Feruglio o de El Calafate con el Centro Glaciarium.

En relación con el segundo caso, los centros de visitantes cumplen un rol central en la presentación de los bienes patrimoniales tanto materiales como simbólicos, propios de su territorio, así como también la forma en que son comunicados y su vínculo con la educación. De esta manera, buscan fomentar la concientización y comprensión de problemas clave que enfrenta la sociedad, como su relación con los recursos naturales, los efectos del cambio climático y la reducción de riesgos vinculados con desastres naturales. En consecuencia, los centros de visitantes deben producir diversos mecanismos informativos y desarrollar actividades para la difusión, incluida una identidad que promueva la pertenencia territorial.

La interpretación se implementa comúnmente como el conjunto completo de actividades potenciales destinadas a aumentar la conciencia pública y mejorar la comprensión de las complejidades de los sitios. La presentación, más específicamente, denota la comunicación cuidadosamente planificada del contenido a través de la disposición de información interpretativa y la infraestructura dirigida a diferentes objetivos.

Para el tercer caso, cabe destacar que el involucramiento de la comunidad es reconocido como un ítem fundamental en la Agenda 2030 para el logro de un desarrollo sustentable; en el caso de los centros de visitantes deberían formar parte de la planificación general para su manejo. A través de las actividades que

integran a la comunidad local se promueve la conciencia sobre el valor de los bienes objeto de interés del centro de visitantes y se trabaja sobre la adopción de un sentido de pertenencia por esos bienes que se encuentran en el territorio.

2.2 La interpretación como estrategia de comunicación

La interpretación es una forma efectiva de comunicación que debe ser amena, pertinente, organizada y debe contener un tema (Ham, 1992). De acuerdo con Knapp (2007) el primer uso del término interpretar en el sentido que encarna actualmente desde la psicología de la interpretación, se le atribuye a Muir, cuando escribió:

Interpretaré las rocas, aprenderé el lenguaje de las inundaciones, tormentas y avalanchas. Me familiarizaré con los glaciares y los jardines silvestres, y me acercaré al corazón del mundo tanto como pueda³ (citado en Knapp, 2007, p. 15).

La interpretación como herramienta fue generada, originalmente, para las áreas protegidas con el fin de promover conciencia entre los usuarios de la importancia de conocer y cuidar el entorno natural (Encabo et al., 2009). A partir de su implementación se la comenzó a utilizar en distintos espacios, desarrollándose, además, instalaciones específicas para su materialización, conociéndose como centros de interpretación.

Como señala Morales Miranda (2001), el centro de visitantes, más allá de brindar un espacio para el visitante, debe sostener una función prioritaria: interpretar los valores del lugar. Sin embargo, considera que no es suficiente denominarlo “centro de interpretación” dado que sus funciones exceden la interpretación del patrimonio al brindar otro tipo de servicios. De todos modos, es interesante destacar que el espíritu del CVA será comprometer al visitante y/o residente con los contenidos desde un punto de vista interpretativo, es decir, contando con las herramientas necesarias para que los principios de la interpretación sean la motivación central, pero deberá incorporar una serie de equipamiento y servicios que contribuyan con la calidad de la experiencia y su confort.

Según Martín Piñol (2013), si bien un centro de visitantes tiene funciones turísticas, patrimoniales y educativas, no es ni una oficina de turismo, ni un

³ Traducido del original: I'll interpret the rocks, learn the language of flood, storm and the avalanche. I'll acquaint myself with the glaciers and wild gardens, and get as near the heart of the world as I can.

museo, ni una escuela. Siguiendo esta idea, enumeramos algunos de los ítems que presenta para ser considerados en el armado del contenido de un centro de visitantes:

- Relacionar el objeto a interpretar con las ideas previas del visitante/residente
- Enseñar, emocionar, provocar o desencadenar ideas, no tan sólo informar
- Seleccionar los conceptos relevantes
- Incluir elementos lúdicos
- Utilizar recursos comunicacionales diversos
- Concebir la idea de manera global
- Interpretar objetos sin la necesidad que los contenga

Es así como se observa el lugar relevante que ocupan los contenidos en la génesis de un centro de visitantes. Atendiendo al concepto de “aprendizaje afectivo” (Roberts, 1993), se desarrollan estrategias para generar emociones y trabajar sobre las actitudes de cierto espacio y/o tema. Las experiencias que involucran la emoción tienden a ser más memorables y brindan una mayor sensación de bienestar.

La interpretación adquiere un significado especial, tanto pedagógico como lúdico, al estimular el interés y el entusiasmo por conocer más el ambiente que se propone presentar. A partir de un estudio sobre centros de visitantes, Moscardo y Pearce (1986) señalan que los centros que ofrecen un mayor disfrute son también los que motivan más a los visitantes a aprender. Asimismo, observaron que las actividades físicamente envolventes y las propuestas dinámicas logran capturar la atención de público de diferente edad y contexto social. Es importante destacar que cuando los grupos de usuarios no son cautivos es fundamental que las propuestas de los centros les permitan participar activamente de un proceso de aprendizaje. De esta manera, nos encontramos más cerca de la posibilidad de acceder a una experiencia memorable.

Referencias bibliográficas

- Encabo, M.; Sánchez, M.; Torre, M. G.; Andrés, J. y Mc Caskill, A. (2009). *La interpretación en la naturaleza*. Educo.
- Ham, S. (1992). *Interpretación ambiental*. Universidad de Idaho.
- Knapp, D. (2007). *Applied interpretation. Putting research into practice*. National Association for Interpretation.

- Martín Piñol, C. (2013). *Manual del centro de interpretación*. Trea.
- Morales Miranda, J. (2001). *Guía práctica para la interpretación del patrimonio*. Junta de Andalucía.
- Moscardo, G. y Pearce, P. L. (1986). Visitor centres and environmental interpretation: An exploration of the relationships among visitor enjoyment, understanding and mindfulness. *Journal of environmental Psychology*, 6, 89-108.
- Roberts, L. C. (1993). Analysing (and intuiting) the affective domain in Museum visitor studies in the 90s. En S. Bicknell y G. Farmelo (Eds). *Museum studies in the 90s*. (pp. 97-101). Science Museum.
- UNESCO (2019). *The role of Visitor Centres in UNESCO Designated Sites*. United Nations, Regional Bureau for Science and Culture in Europe.

Capítulo 3

Perfiles de potenciales usuarios para el CVA

Conocer la audiencia potencial del CVA constituye un requisito fundamental para la organización de sus contenidos, las estrategias comunicacionales, el diseño del edificio, las necesidades que se deben prever, entre otras cuestiones. En relación con los usuarios potenciales del CVA, es importante tener en cuenta a distintos tipos de usuarios, entre los que identificamos a tres grupos: (a) los visitantes no antárticos, (b) los visitantes antárticos y (c) los residentes. A continuación, se ofrece una caracterización de cada tipología.

3.1 Los visitantes no antárticos

Esta categoría incluye a todos los visitantes del destino que no son antárticos, encontrando a visitantes nacionales e internacionales que acceden, principalmente por modo aéreo, en cruceros no antárticos y, en menor medida, por carretera.

Como ya se señaló en el Capítulo 1, la marca destino de Tierra del Fuego es 'fin del mundo', denotando su ubicación geográfica como rasgo singular. Asimismo, el turismo de naturaleza corresponde a la motivación central para la visita en este destino, fortalecida por el tipo de prácticas que prevalecieron post-pandemia, es decir, las búsquedas de entornos donde la naturaleza ocupa el lugar central.

De acuerdo al Plan de Marketing Turístico⁴ de la provincia, recientemente comunicado por el In.Fue.Tur. (MADZEN, 2024), los mercados estratégicos prioritarios corresponden a Argentina, Brasil, Estados Unidos, Chile, Uruguay, España, Francia, Italia, Alemania, Gran Bretaña y China. Entre las actividades y experiencias destacan las realizadas en contacto con la naturaleza, tales como ecoturismo, senderismo, excursiones al Parque Nacional Tierra del Fuego,

⁴ El Plan de Marketing fue realizado por la consultora MADZEN, a solicitud del In.Fue.Tur y financiado por el CFI.

áreas protegidas provinciales, observación de aves, paseos en bicicleta, entre otras.

Un estudio realizado sobre la cuenta satélite de turismo para Tierra del Fuego indica que la mayor parte de los visitantes de origen doméstico provienen de Buenos Aires (tanto de la Ciudad de Buenos Aires como de la provincia homónima), región centro y litoral, en menor medida. Respecto de los visitantes internacionales, la mayoría corresponde a Brasil, Estados Unidos y Canadá junto con otros países de América y Europa. El promedio de estadía para la demanda internacional es de 2,91 días en tanto que para la demanda nacional es de 3,42 (In.Fue.Tur., 2022).

Es importante señalar que el turismo interno representa un porcentaje importante para las visitas dentro del sector argentino de la Isla Grande, con una estadía promedio de 2.17 días (In.Fue.Tur., 2022). Respecto de las pernoctaciones según el origen de los turistas para el año 2017, la categoría receptivo doméstico es la que demuestra un mayor porcentaje (ver Figura 3.1).

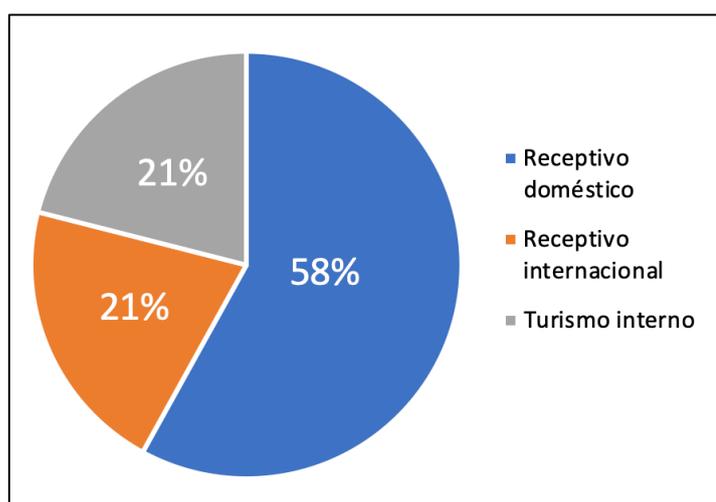


Figura. 3.1. Pernoctaciones, año 2017.
Fuente: In.Fue.Tur. (2022).

En relación con el gasto, los turistas provenientes de Brasil y de Europa fueron quienes demostraron un gasto mayor en el grupo de turismo receptivo internacional. Respecto del receptivo doméstico, el principal mercado correspondió a Ciudad Autónoma de Buenos Aires y provincia de Buenos Aires. A su vez, el alojamiento representó el gasto más importante, seguido por gastronomía y compra de bienes (In.Fue.Tur., 2022).

En otro orden de cosas, los visitantes de cruceros no antárticos, regionales e internacionales, tienen otro comportamiento ya que no pernoctan en el centro turístico, sino que lo hacen en la embarcación. Los cruceros internacionales pertenecen a empresas extra regionales que operan estacionalmente en el Hemisferio Sur; dentro de este grupo encontramos a los

cruceros con itinerarios alrededor del mundo o Sudamérica que realizan escala en Ushuaia, los que operan en itinerarios pendulares entre Buenos Aires/Montevideo y Valparaíso/ San Antonio, con recaladas en diversos puertos tales como Puerto Madryn, Islas Malvinas, Ushuaia, Punta Arenas, Puerto Chacabuco, Puerto Montt y en algunos casos viajes de posicionamiento al iniciar o finalizar la temporada antártica (Vereda et al., 2020).

Los cruceros regionales corresponden a una empresa domiciliada en la ciudad de Punta Arenas, Chile, y sus itinerarios recorren espacios de navegación entre esa ciudad y Ushuaia, destacándose la zona de los glaciares en el brazo sudoeste del Canal Beagle, Chile.

Los visitantes de crucero permanecen en la ciudad por unas horas, generalmente entre 7 y 12, desplazándose hacia algún atractivo particular fuera del ejido urbano o permaneciendo en el núcleo urbano visitando museos y negocios.

3.2 Los visitantes antárticos

El turismo antártico se desarrolla entre los meses de octubre y abril, la modalidad mayoritaria corresponde a al turismo marítimo, con un 90% de participación del puerto de Ushuaia como puerto base y/o de recalada de este tipo de cruceros. De acuerdo a estudios previos que se han desarrollado sobre visitantes antárticos (Cajiao et al., 2022; Vereda, 2010; 2016), en términos generales, su perfil socio demográfico puede definirse como viajeros de más de 45 años, con formación universitaria y de nivel socio económico alto. La mayor parte de los visitantes que conocen la Antártida a través de Ushuaia, corresponden a estadounidenses (44%), seguidos por chinos (8%), australianos (7%), Reino Unido (7%) entre más de 100 nacionalidades (Jensen, Vereda y Morgavi, 2024). La mayor parte de estos visitantes viajan en cruceros denominados de “expedición”, que llevan hasta 500 pasajeros y un 36,18% en buques de gran porte que no realizan desembarcos. Este segmento de visitantes manifiestan que la Antártida es un destino especial asociado a un paisaje prístino, remoto y con presencia de vida silvestre de carácter excepcional. Estos atributos refuerzan la idea del *wilderness* o naturaleza salvaje, el último lugar en la Tierra y ambientes únicos que motivan las visitas turísticas (Vereda, 2016). Es importante destacar la presencia de grupos con intereses específicos en este tipo de viajes, cuyos intereses se relacionan con distintos aspectos del itinerario, por ejemplo, se trata de observadores de aves, historiadores, naturalistas, entre

otros. Asimismo, se organizan viajes educativos, como los programas de SIT⁵ y Students on Ice⁶, basados en el conocimiento profundo de temáticas antárticas y viajes de membresías, en este caso, se pueden mencionar los grupos de *Smithsonian*, *National Geographic*, academias de geografía y distintos museos o agrupaciones.

Durante los viajes a la Antártida, los visitantes son instruidos sobre los cuidados necesarios que se deben tener para evitar la generación de impactos y, además, se desarrollan una serie de actividades, como conferencias a bordo sobre diferentes temas (especialmente: geología, avifauna, mamíferos marinos e historia), proyección de películas, desembarcos en diferentes sitios de contenido natural y cultural, paseos en botes semirrígidos, caminatas y baños en aguas antárticas. A bordo se sostiene la conducta de cuidado de la indumentaria para no afectar sitios de desembarco y hacia el final del día se propician momentos de refuerzo o recapitulación para recordar las actividades realizadas y anunciar las previstas para el día siguiente. Por otra parte, y dependiendo de la operadora turística, se llevan adelante distintas actividades de aventura que cada vez generan mayores preocupaciones en el ámbito de deliberaciones de las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico (Vereda y Jensen, 2020).

Los turistas que viajan a la Antártida tienen una diversidad de expectativas y motivaciones que se relacionan con componentes cognitivos, tales como el hielo y los pingüinos, especialmente, y con componentes afectivos como la sensación de encontrarse en el “último continente” y pasar por la experiencia de “una vez en la vida”, entre otros. Estas motivaciones encuentran durante el viaje su materialización a través de la experiencia. En este sentido, es importante destacar el alto grado de satisfacción alcanzado, demostrando la importancia de la Antártida como espacio que reúne los valores esperados por los visitantes (Cajiao, 2022; Vereda, 2010, 2016).

Por su parte, Alexander et al. (2019) definen a los visitantes antárticos como posibles “embajadores antárticos”, entendiendo que pueden actuar como guardianes y divulgadores de la Antártida en virtud de lo que han conocido y de la experiencia vivida.

Durante los últimos años, varios buques recientemente botados (Vereda et al., 2024), cuentan con laboratorios a bordo para que los visitantes puedan

⁵ *School for International Training*. Se trata de una organización con sede en Estados Unidos y desarrollan programas de educación experiencial, que fusiona el aprendizaje práctico con la reflexión. Cuentan con un programa que tiene lugar en Ushuaia, donde los estudiantes residen durante el periodo de cursada e incluyen la Antártida en los contenidos que se dictan en la sede Ushuaia y, además, incorporan un viaje para conocer el lugar y trabajar sobre las problemáticas actuales (<https://studyabroad.sit.edu/about/this-is-sit/>).

⁶ *Students on Ice* es una organización que ofrece expediciones educativas transformadoras para jóvenes en distintos puntos del mundo, incorporando la Antártida como uno de los lugares para estudiar y conocer (<https://www.facebook.com/StudentsOnIce/>).

tener experiencias relacionadas con aspectos científicos, dado que la Antártida es un continente dedicado a la paz y a la ciencia, en este sentido, se desarrollan programas conocidos como “ciencia ciudadana”.

3.3 Los residentes

El sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego cuenta con cuatro núcleos urbanos. Las ciudades principales son Ushuaia, capital provincial y Río Grande. Tolhuin es la localidad ubicada próxima a la cabecera del lago Fagnano o Kami y Almanza un pequeño poblado sobre la margen sur del Canal Beagle.

La configuración urbana de las ciudades de Río Grande y Ushuaia se encuentra fuertemente influenciada por los efectos de la Ley Nacional N° 19.640, sobre exención impositiva en el entonces Territorio Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, que fue sancionada en 1972. A partir de la instalación de establecimientos industriales, el crecimiento de la población fue altamente significativo, pasando en Ushuaia de 7.115 habitantes en 1975 a 18.408 en 1984 (Gobierno de Tierra del Fuego, 1985). En 2010 Ushuaia ya contaba con una población de 56.956 habitantes (INDEC, 2015) y en el censo del año 2022 se contabilizaron 185.732 habitantes para Tierra del Fuego, de los cuales 80.371 corresponden a Ushuaia, 99.241 a Río Grande, 6.039 a Tolhuin y 81 personas fueron censadas en la Antártida (INDEC, 2023).

En relación con la población ocupada a nivel provincial, el rubro principal lo constituye la administración pública/educación/salud/servicios sociales con el 33%, seguido por la industria manufacturera con el 22% y el rubro comercio/hotelería y restaurantes con el 17,6, entre los más significativos (datos correspondientes al segundo trimestre de 2015, proporcionados por la Dirección General de Estadística y Censos, 2015).

La edad mediana de la población corresponde a 31 años, demostrando el importante componente joven con que cuenta la provincia. En relación con la educación, tomando la información del Instituto Provincial de Análisis e Investigación, Estadística y Censos (IPIEC, 2014) Tierra del Fuego presenta valores de accesibilidad cercanos a la universalidad de la educación en las edades correspondientes a los niveles primario (6 a 11 años) y medio (12 a 17 años), tanto en 2001 como en 2010.

Más allá de cuestiones generales sobre la población fueguina, en virtud de un estudio particular que realizó Medina (2022) sobre la percepción de los residentes de Ushuaia sobre la Antártida, se encontraron resultados muy interesantes para los fines de este trabajo y, especialmente, para la definición de perfil de usuario residente. A partir de una encuesta que llevó adelante a 319

residentes en 2020, indagó si habían tenido la oportunidad de viajar a la Antártida y, en caso contrario, si les gustaría poder hacerlo, sólo el 6% de los encuestados visitó el continente antártico y, según los comentarios brindados, pudieron hacerlo trabajando a bordo de cruceros de expedición. El 77% no viajó a la Antártida y manifestó su deseo de hacerlo, mientras que un 7% de ellos no estaba interesado. En este sentido, Medina (2022) infiere que el factor determinante para realizar dicho viaje se relaciona con el ingreso mensual, dado que el valor de estos viajes está fuera del alcance de una gran mayoría de residentes. Por otro lado, ha consultado sobre el grado de identificación que siente el residente con la Antártida, encontrando que este nivel es muy alto. Asimismo, a partir de los resultados obtenidos, Medina concluye que los residentes encuestados reconocen las conexiones materiales y simbólicas que asocian a Ushuaia con la Antártida y mostraron interés en aprovechar diferentes ofertas que el destino Ushuaia podría proponer para acercarse al contenido de estas relaciones patrimoniales, aunque han reconocido un importante desconocimiento respecto de los diferentes elementos que configuran estas conexiones. El grupo de los residentes centró su interés en componentes naturales, pero quedaron menos posicionados los relacionados con la historia de la Antártida Argentina. Por lo tanto, estos elementos históricos deberían utilizarse para reforzar una identidad antártica.

En síntesis y en virtud de lo expuesto en este apartado, se observa que el perfil de los potenciales usuarios del CVA es diverso y, en consecuencia, se debe atender a diferentes públicos. Como se ha desarrollado, Tierra del Fuego es un destino turístico que recibe visitantes tanto nacionales como internacionales que acceden por distintas vías (aérea, marítima y terrestre). Los turistas que no visitan la Antártida pueden encontrar en el CVA una posibilidad de conocer el continente blanco a través de las diferentes propuestas del Centro. Por otro lado, un segundo grupo, identificado como los visitantes antárticos, ya cuentan con conocimiento específico sobre la Antártida, además de la oportunidad de visitarla, para este grupo el desafío radica en ampliar su conocimiento y brindarles la posibilidad de encontrar en la puerta de entrada a la Antártida un Centro específico que condense contenidos sobre este espacio. Por último, pero no menos importante, la población de Tierra del Fuego es un público objetivo cuya atención se debe capturar para lograr que en el Centro puedan reconocer un espacio que les acerque la Antártida como parte de la provincia donde residen. Como parte de este último grupo, la conexión del CVA con la educación formal permitirá extender lazos identitarios con la comunidad residente en general.

Referencias bibliográficas

- Alexander, K. A., Liggett, D.; Leane, E.; Nielsen, H. E. F.; Bailey, J. L.; Brasier, M. J. y Haward, M. (2019). What and who is an Antarctic ambassador? *Polar Record*, 55 (6), 497-506. doi:10.1017/S0032247420000194
- Cajiao, D.; Leung, Y. F.; Larson, L. R. y Benayas, J. (2022). Tourists' motivations, learning, and trip satisfaction facilitate pro-environmental outcomes of the Antarctic tourist experience. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 37 (6), 100454. [10.1016/j.jort.2021.100454](https://doi.org/10.1016/j.jort.2021.100454)
- Dirección General de Estadísticas y Censos (2015). Tierra del Fuego 2014-2015. Gobierno de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.
- Gobierno de Tierra del Fuego (1985). *Esto es Tierra del Fuego en cifras*. Ushuaia: Dirección General de Programación y Desarrollo Económico del Ministerio de Economía y Hacienda.
- INDEC (2015). *Estimaciones de población por sexo, departamento y año calendario 2010-2025*. Informe N° 38. Serie de análisis demográfico.
- INDEC (2023). *Indicadores demográficos, por sexo y edad*. https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2022_indicadores_demograficos.pdf
- In.Fue.Tur. (2022). *Caracterización del perfil de la demanda y el consumo turístico*. Gobierno de Tierra del Fuego.
- IPIEC (2014). Serie de Análisis Social. Indicadores de educación. 2000-2010, N° 5. Gobierno de Tierra del Fuego. https://ipiec.tierradelfuego.gov.ar/wp-content/uploads/2014/09/SAS_051.pdf
- Jensen, M.; Vereda, M. y Morgavi, M. (2024). Informe sobre flujos de visitantes y de buques de turismo antártico que operaron en el puerto de Ushuaia durante la temporada 2023/2024. *Informe elaborado para la XLVI Reunión Consultiva del Tratado Antártico*, Kochi, 20-30 de mayo, 2024.
- MADZEN (2024). *Plan de Marketing Turístico de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur*. In.Fue.Tur.
- Medina, G. E. (2022). Tierra del Fuego y Antártida: relaciones patrimoniales como eje para el desarrollo de una oferta turística tematizada. Tesis de Grado Licenciatura en Turismo. UNTDF.
- Vereda, M. y Jensen, M. (2020). Turismo antártico: Consideraciones para su análisis desde el Sistema del Tratado Antártico y la evolución de los flujos de visitantes. *Cuadernos de Política Exterior Argentina*, No 132, 97-116. DOI: <https://doi.org/10.35305/cc.vi132.97>.
- Vereda, M. (2010). A study on the expectations of Antarctic visitors towards their trip. Images created about Antarctica and the relationship with Ushuaia (Argentina) as a gateway city. En J. Saarinen & M. Hall (Eds.) *Tourism and*

Change in Polar Regions. Climate, Environments and Experiences (pp. 236-246). Routledge.

Vereda, M. (2016). Antarctica in the mind of visitors. Representations of a remote destination. En M. Schillat, M. Jensen, M. Vereda, R. A. Sanchez y R. Roura (Eds.). *Tourism in Antarctica. A multidisciplinary view on new activities carried out on the White Continent*, pp. 1-19. Springer.

Vereda, M.; Jensen, M. y Cohen, C. (2024). Current issues and trends in Antarctic tourism: An examination of maritime flows via the port of Ushuaia. *8th International Polar Tourism Research Network (IPTRN)*. 5-9 de junio de 2024, Särkimukka, Suecia.

PARTE II

PROPUESTA DE CONTENIDOS TEMÁTICOS PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO DE VISITANTES ANTÁRTICO



Capítulo 4

Ciencias de la Tierra

4.1 Geología

4.1.1 Introducción

La Antártida tiene dos regiones geológicas bien diferenciadas (Figura 4.1.1). La Antártida Oriental, caracterizada por rocas muy antiguas —arcaicas, proterozoicas y paleozoicas— entre 3.800 y 300 Millones de Años (Ma) y la Antártida Occidental, centrada en la península Antártica, caracterizada por un mosaico de distintos terrenos conformados por rocas más jóvenes, originadas durante los últimos 300 Ma y en parte en continuidad con los Andes Fueguinos (Figuras 4.1.2 y 4.1.3). Entre ambas regiones se sitúan los Montes Transantárticos, donde hay rocas mesozoicas —triásicas y jurásicas (250-145 Ma)— fosilíferas (Figura 4.1.1, Torsvik et al., 2008).

Estas dos regiones geológicas han tenido historias complejas de deformación tectónica y de deriva continental, integrando repetidas veces distintas masas continentales y posiciones geográficas polares y ecuatoriales (Figura 4.1.2, Torsvik et al., 2008). Además, tienen en conjunto una superficie semejante a la de América del Sur, por lo que la definición de un tema, un espacio y un tiempo para ilustrar el área temática Geología Antártica para el CVA no es tarea sencilla. Se opta entonces por elegir un tema integrador de la geología antártico-fueguina —en un espacio y en un tiempo particular— que es la geología del Archipiélago James Ross, situado al NE de la península Antártica. Durante los últimos 90 Ma el Archipiélago ocupaba una latitud semejante a la actual (64°S) y entre los 90 y 40 Ma estuvo físicamente conectado al extremo austral de América del Sur (Figura 4.1.3). El área actualmente ocupada por este archipiélago, formaba parte de una extensa cuenca marina, denominada Cuenca Larsen (Figura 4.1.4).

La geología del Archipiélago James Ross durante los últimos 90 Ma se complementa por razones de tradición histórica, importancia paleontológica e interés geológico, con una breve caracterización de la geología y paleontología

de rocas del Jurásico del Monte Flora, entre aproximadamente 163 y 145 Ma, y de otros sectores de la península Antártica, como las del cabo Longing (Figura 4.1.4). Además, las rocas sedimentarias continentales jurásicas del Monte Flora, bahía Esperanza, Antártida, contienen una flora fósil común con otras localidades de Patagonia y las rocas marinas del cabo Longing, tienen rasgos comunes con rocas jurásicas de Tierra del Fuego.

Argentina tiene larga tradición de investigación científica en el Archipiélago James Ross, iniciada en 1902 con la expedición sueca de Otto Nordenskjöld en la cual participó José M. Sobral (Nordenskjöld, 1908; Reguero y Moly, 2017; Strelin y Sobral, 2019). La tradición continuó en el Siglo XX, incrementándose desde la década de 1980, y continuando en la actualidad (Véase bibliografía). En continuidad con esta tradición, las rocas sedimentarias con plantas fósiles del Monte Flora, fueron también descubiertas por el geólogo Gunnar Andersson, miembro de la expedición de Nordenskjöld. A su vez, las rocas sedimentarias del Archipiélago ofrecen una fascinante ventana —la única conocida en todo el continente Antártico— para estudiar las características y relaciones entre el ambiente, la fauna y la flora de los ecosistemas marinos y continentales polares en un lapso crítico, entre 86 y 34 Ma, previo al englazamiento total de la Antártida, tal como la conocemos en la actualidad.

Los ecosistemas polares, y de alta latitud en general, se distinguen por su singularidad. Esto se aplica tanto a los ecosistemas actuales como a los del Cretácico-Paleógeno, que a pesar de tener densas forestas y vertebrados terrestres como otros ecosistemas de bajas latitudes, sus rasgos polares con marcada estacionalidad en la provisión de alimentos por fotosíntesis, con noches y días que duran meses, les confieren rasgos muy distintivos. En el Archipiélago se exponen más de 3 km de espesor de rocas sedimentarias marinas que cubren el lapso Cretácico Tardío (86-66 Ma)-Paleógeno (66-34 Ma) y preservan un cúmulo de información ambiental, paleontológica y paleobiológica, paleogeográfica, paleoclimatológica, y paleoceanográfica, en la cual investigadores argentinos han tenido y tienen un papel central, reconocido internacionalmente. De tal manera, la posibilidad de realizar una adecuada exposición de esta información en el área temática Geología Antártica del CVA, utilizando el conocimiento adquirido a lo largo de más de 120 años de investigación en el Archipiélago James Ross y su conexión con información geológica de Tierra del Fuego, presenta considerable interés.

En el siguiente apartado (4.1.2.) se presenta en primer lugar una breve descripción de la geología, paleontología y rasgos ambientales del Jurásico del Monte Flora y cabo Longing. En segundo lugar (apartado 4.1.3) se presenta un relevamiento de parte de la base de datos de investigación geológica-paleontológica en el Archipiélago James Ross y parte de Tierra del Fuego, documentada mediante trabajos científicos publicados, que se agrupan en distintas líneas temáticas. La información provista no es exhaustiva, pero se trata

de incluir las referencias más relevantes en cada caso. Se eligieron las siguientes líneas temáticas para agrupar los distintos documentos del relevamiento de la información geológica: Geología del Cretácico Superior-Cenozoico del Archipiélago James Ross, que incluye Geología General y Estratigrafía; Paleontología de Invertebrados; Paleontología de Vertebrados; Paleobotánica; Paleoambientes y Paleo -geografía, -biogeografía, -climatología.

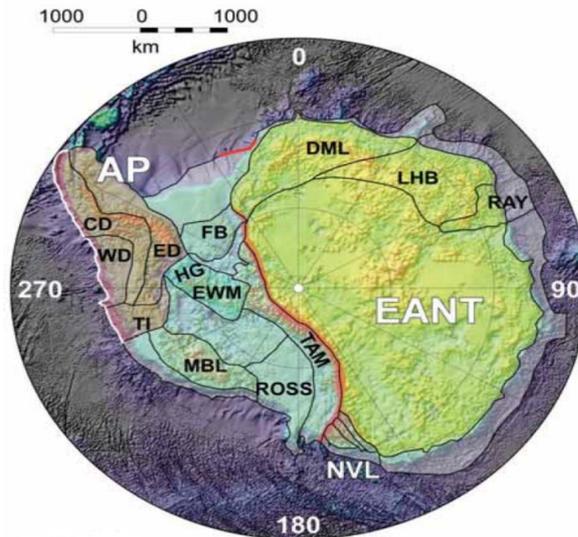


Figura 4.1.1. Regiones geológicas de la Antártida en vista polar: Antártida Oriental (EANT) y Antártida Occidental centrada en la península Antártica (AP). Ambas regiones están divididas por los Montes Transantárticos (TAM) y están constituidas por un mosaico de terrenos amalgamados (anteriores placas tectónicas), identificados con siglas en letras negras (CD, WD, etc.). Modificado de Torsvik et al. (2008).

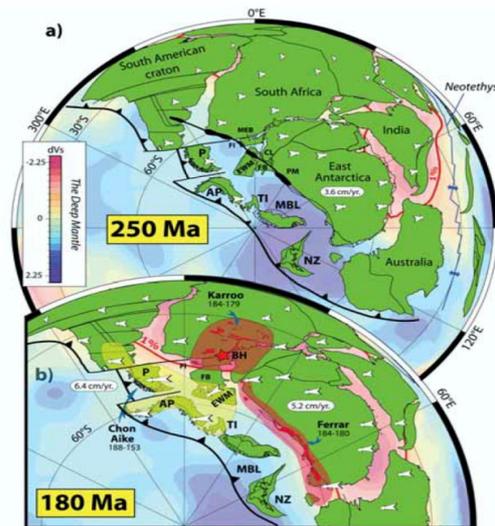


Figura 4.1.2. Reconstrucción paleogeográfica de los distintos bloques que componen la Antártida Occidental en el margen de Gondwana a los 250 Ma y 180 Ma. Nótese que a los 180 Ma la península Antártica ya estaba unida al continente Sudamericano, pero Antártida Occidental todavía no estaba configurada y seguía sin integrarse a la Antártida Oriental. La Provincia volcánica de Chon Aike, en Patagonia, es simultánea en parte con el volcanismo jurásico del Monte Flora.

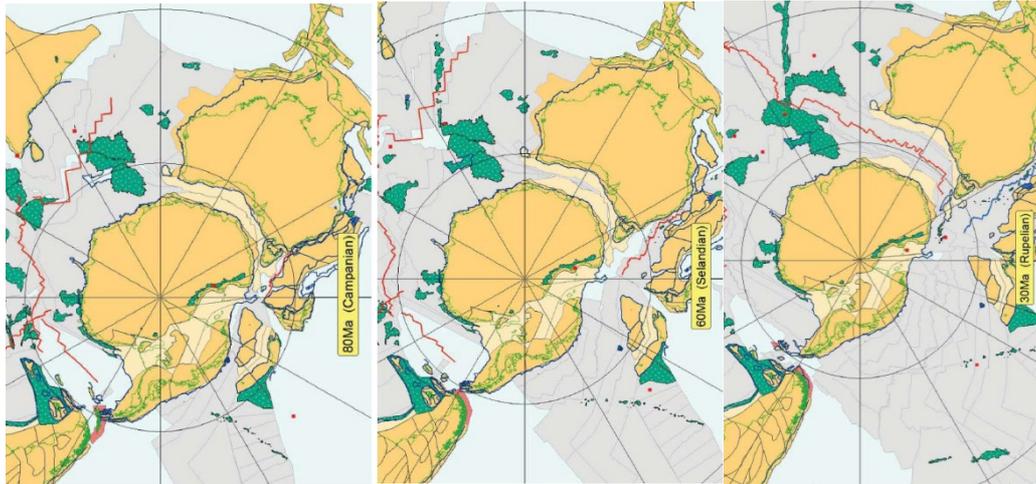


Figura 4.1.3. Reconstrucciones paleogeográficas en vista polar para el Cretácico Tardío (80 Ma, izquierda) y dos vistas del Paleógeno, 60 Ma (centro) y 30 Ma (derecha). Antártida Oriental y Occidental ya integraban un solo continente; Tierra del Fuego comenzaba a derivar progresivamente hacia el norte; y el canal de Drake ya está abierto hacia los 30 Ma. (Lawver et al., 2015).

4.1.2 Relevamiento y sistematización de documentos geológicos. Jurásico de la península Antártica. Localidades del Monte Flora y Cabo Longing

El Monte Flora situado en la bahía Esperanza, extremo NE de la península Antártica (Figura 4.1.4) es una de las más famosas localidades fosilíferas de la Antártida descubierta por miembros de la expedición sueca de Otto Nordenskjöld, 1901-1903. La localidad es famosa por la exquisita preservación de una espectacular flora fósil (Figura 4.1.5), que constituyó desde el primer momento un hallazgo que concitó el interés científico mundial. Debido al particular significado científico de esta flora fósil, descrita originalmente por Halle (1913), el Monte Flora ha sido declarado como la Zona Antártica Especialmente Protegida 148 (ASPA 148, por sus siglas en inglés) del Tratado Antártico.

En el Monte Flora, situado en las inmediaciones de la Base Esperanza (Argentina), se exponen tres formaciones geológicas que, en orden de superposición y edad, corresponden a rocas sedimentarias plegadas del Paleozoico Superior-Mesozoico inferior en la base del Monte Flora. En forma discordante y separada de la anterior por una superficie de erosión importante se superpone la Formación Monte Flora, portadora de la famosa flora fósil jurásica que motiva la Zona Antártica Especialmente Protegida 148 (Figura 4.1.5). La Formación Monte Flora, a su vez es cubierta concordantemente por rocas volcánicas jurásicas, originalmente lavas y cenizas volcánicas, generadas durante una fase de volcanismo muy extendida, con edades entre 188 y 153 Ma (Jurásico). Esta fase de volcanismo forma una gran provincia volcánica en el Hemisferio Sur, que cubre además la mayor parte de la Patagonia, donde se la

reconoce con distintos nombres según las provincias o ambientes geológicos, p. ej. Marifil en Chubut, Chon Aike en el macizo del Deseado (Figura 4.1.4), o Lemaire en los Andes Fueguinos, entre otros. Se interpreta que esta extendida fase representa el volcanismo fisural relacionado con la fracturación inicial y formación de depresiones tectónicas (valles tipo rift) asociadas al inicio del desmembramiento del megacontinente Gondwana.

La Formación Monte Flora está constituida por una parte inicial formada por estratos espesos con gravas y bloques de gran tamaño, que son portadores de abundantes fragmentos de troncos fósiles. Estos estratos basales incluyen un horizonte espeso de cenizas volcánicas, que representa parte del inicio del volcanismo de Chon Aike, con edades de 163,5 Ma (Scasso et al., 2022). La porción superior de la Formación Monte Flora, está constituida por sedimentos más finos dominados por arenas y fangos. Las capas de fango son las portadoras de la espectacular flora fósil (Figura 4.1.5) del Jurásico del Monte Flora (Halle, 1913; Scasso et al., 2022).

El ambiente en el que se depositó la Formación Monte Flora se correspondía en su parte inicial con abanicos aluviales dispuestos al pie de cordones montañosos, que rellenaron con gravas y bloques, aportados por ríos que fluían hacia una depresión tectónica (tipo valle rift) en un área vegetada y húmeda. Parte de la foresta fue devastada por explosiones volcánicas, y remanentes en forma de troncos fueron sepultados por cenizas y lápili volcánicos. Las capas dominadas por arenas y fangos de la parte superior de la Formación Monte Flora se depositaron en ambientes profusamente vegetados, fluvio-deltaicos y lacustres. La flora fósil preservada es muy diversa e incluye entre otros espectaculares especímenes de varios tipos de helechos, formas afines a las cícadas, helechos con semilla o pteridospermoformas, coníferas (Figura 4.1.5) y equisetos, entre otros. En su mayor parte, las capas portadoras de la flora fósil se originaron en ambientes lacustres, que también incluyen los primeros registros de moluscos bivalvos de agua dulce en la Antártida, escarabajos y restos de peces (Andersson, 1906; Halle, 1913; Camacho, 1957; Martínez et al., 2020; Scasso et al., 2022).

La flora fósil del Monte Flora es semejante a otras floras fósiles del Jurásico-Cretácico de América del Sur. Particularmente, esta flora fósil antártica es llamativamente semejante a la flora de la Sierra de Traquestrén, valle del río Chubut, del Jurásico temprano de Patagonia. La disparidad de edades de estas floras semejantes, pero casi 17 Ma más joven en la Antártida que en Patagonia ha sido interpretada como originada por factores ecológicos diacrónicos, es decir la aparición de ambientes terrestres análogos con una vegetación semejante, pero en tiempos distintos, probablemente debido a migraciones en la flora siguiendo ambientes propicios (Scasso et al., 2022).

Otra sucesión jurásica de la península Antártica que guardan semejanza --por tener edades comparables y haberse formado en ambientes similares-- con

depósitos de los Andes Fueguinos, particularmente con secciones de la Formación Lemaire en los alrededores de Ushuaia, es la Formación Ameghino (o Nordenskjöld) que se expone en el cabo Longing, península Antártica, situado al suroeste de la isla James Ross (Figura 4.1.4).

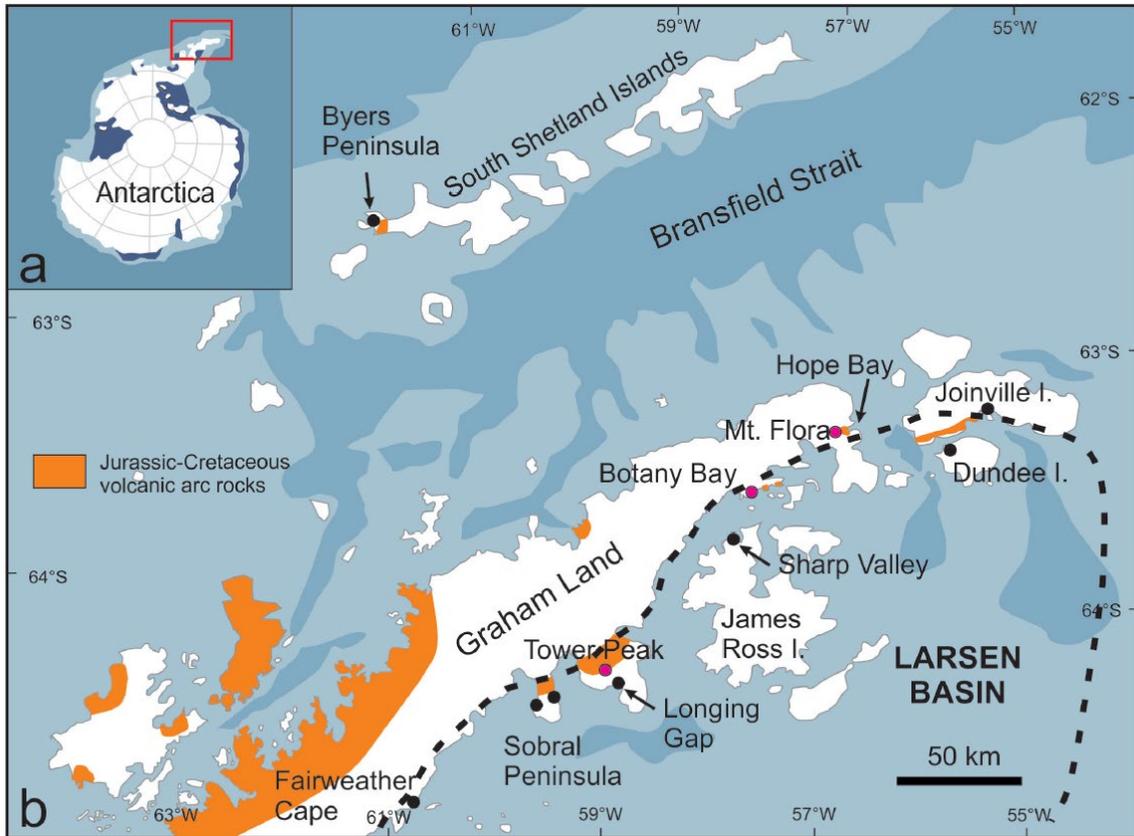


Figura 4.1.4. Mapa esquemático mostrando la distribución de las rocas volcánicas del Jurásico-Cretáceo en la península Antártica. Se indican las localidades del Monte Flora en la bahía Esperanza (Hope Bay) y del cabo Longing (Longing Gap). Tomado de Scasso et al. (2022).

En el cabo Longing, la Formación Ameghino se compone predominantemente en su parte inferior de una alternancia rítmica de estratos delgados y láminas finas, de unos pocos centímetros a milímetros de espesor de una mezcla de partículas de arcilla y limo (fango) fosilíferos, negros a gris oscuro, y cenizas volcánicas de tonalidades blanquecinas. Las capas y láminas de fango negro contienen abundantes microfósiles marinos como radiolarios y calciesferas, y megafósiles como amonites, peces y raros reptiles marinos, que indican una edad jurásica superior-cretácica basal (O’Gorman et al., 2018; Kietzmann y Scasso, 2019).

La Formación Ameghino comprende una sucesión de sedimentos depositados en ambientes marinos relativamente profundos, donde los fangos negros representan episodios de sedimentación en ambientes carentes de oxígeno en el fondo marino (fondos anóxicos), el que periódicamente recibía una lluvia de cenizas volcánicas que decantaban de una suspensión en el fondo marino (Scasso, 2001; Kietzmann y Scasso, 2019).

En los Andes Fueguinos, la Formación Lemaire, o Tobífera como se la denomina en Chile, representa localmente a la extendida provincia volcánica del Jurásico en Patagonia y Antártida (ver más arriba) y se compone de rocas volcánicas, lavas y brechas, y rocas sedimentarias marinas. Estas últimas, contienen horizontes espesos caracterizados por una alternancia rítmica de estratos y láminas delgadas, de fangos gris oscuro a negro con radiolarios y niveles de color claro, compuestos predominantemente de ceniza volcánica. Estos horizontes de fangos con radiolarios y láminas de cenizas volcánicas intercaladas son muy semejantes en su origen y edad a las rocas de la Formación Ameghino en la Antártida.

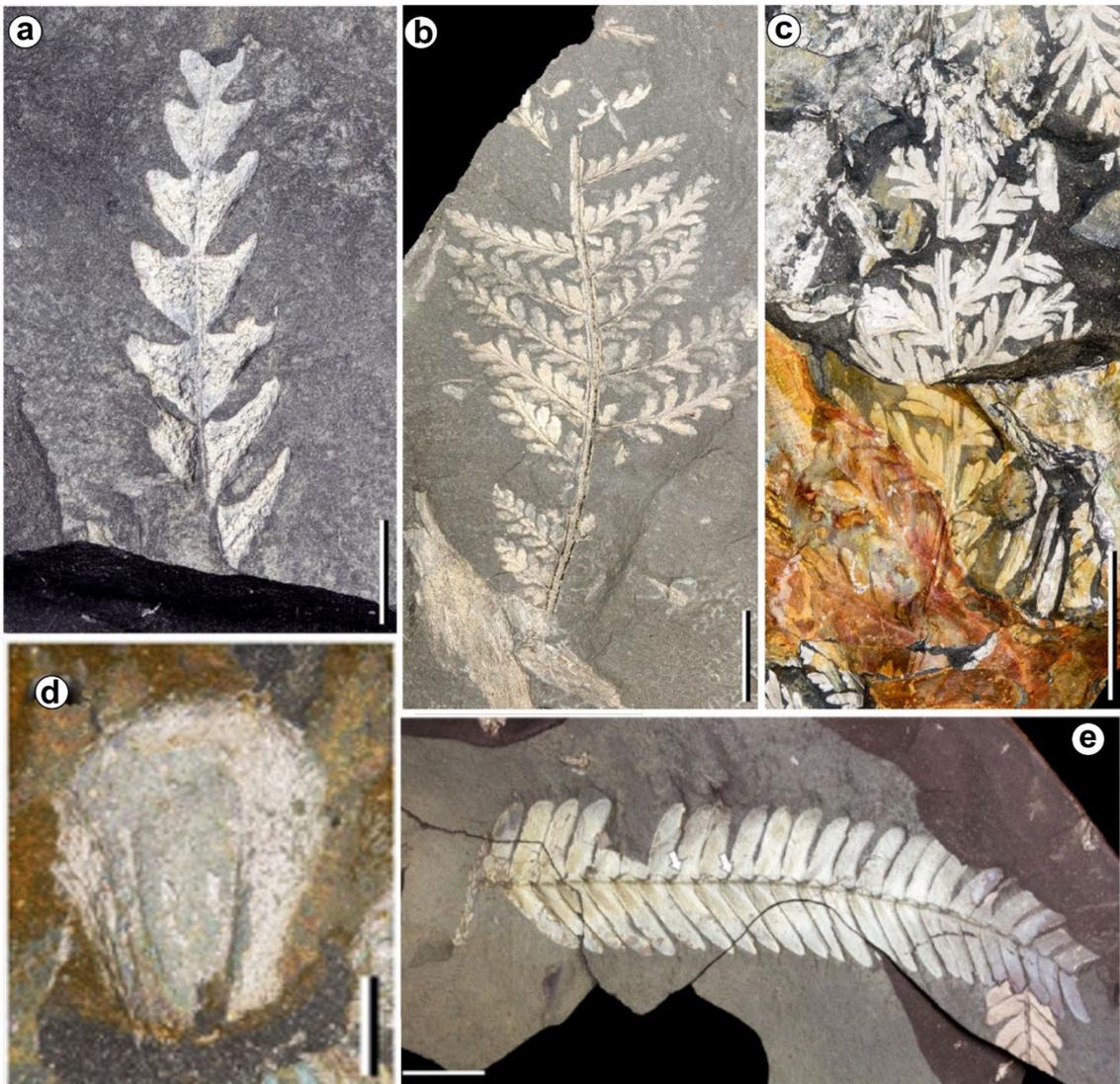


Figura 4.1.5. Parte de la flora fósil jurásica del Monte Flora. Helechos (a, *Goeppertella* cf. *jeffersonii*); helechos con semillas (b, *Archangelskya furcata*; c, *Pachypteris indica*); gimnospermas del grupo de las araucariáceas (d, semilla y bráctea de *Araucarites* sp. y otras plantas con semillas afines a las cicadales (bennetiales, e, *Otozamites linearis*). Modificado de Scasso et al. (2022).

4.1.3 Relevamiento y sistematización de documentos geológicos. Cretácico Superior-Cenozoico, Archipiélago James Ross

4.1.3.1. *Geología general y estratigrafía.* Comprende trabajos de investigación geológica realizados con el objetivo de entender la composición y estructura de las rocas, sus relaciones de contacto y los procesos que les dieron origen. La estratigrafía a su vez trata el ordenamiento temporal y espacial de rocas y de eventos o sucesos registrados en las rocas.

Los primeros trabajos, focalizados en las islas Marambio (Seymour), Cerro Nevado y James Ross oriental (Figura 4.1.6), fueron realizados por miembros de la expedición de O. Nordenskjöld al Archipiélago James Ross durante los años 1902 y 1903 (Andersson, 1906; Nordenskjöld, 1908). Casi 60 años después (Bibby, 1966) realiza un trabajo pionero, reconociendo la parte occidental de la isla James Ross. Comenzando con el trabajo de Rinaldi et al. (1978), una serie de estudios realizados en el marco del Plan Geoantar del Instituto Antártico Argentino, continúa el relevamiento geológico general y el conocimiento de la estratigrafía del Archipiélago (e.g. Olivero et al., 1986) y en 1992 se edita el libro Geología de la Isla James Ross (Rinaldi, 1992), que resume 15 años de trabajos geológicos en el Archipiélago. Otras fuentes de documentación importantes, resultado de investigaciones apoyadas por el Instituto Antártico Argentino, son los trabajos de Scasso et al. (1991); Marensi et al. (1998); Marensi (2006); Olivero y Medina (2000), Olivero (2012); Montes et al. (2019).

En paralelo al desarrollo del Plan Geoantar, en el Archipiélago se realizan investigaciones geológicas con el apoyo de la División Polar de la National Science Foundation (E.E. U.U.) y del British Antarctic Survey. Las primeras se resumen en la obra sobre geología y paleontología de la isla Marambio (Feldman y Woodburne, 1988). Los resultados de las investigaciones británicas se resumen en los trabajos de Pirrie (1989); Pirrie et al. (1991; 1997); Hathway (2000); Crame et al. (2004); Francis, J.E., Pirrie, D., Crame, J.A. (2006); Crame y Francis (2023), entre otros. Trabajos más recientes de investigadores norteamericanos y británicos se pueden seguir en las referencias de los trabajos más recientes de Douglas et al. (2012) y Roberts et al. (2014; 2022).

Los trabajos mencionados, resultaron en el conocimiento de la distribución de unidades de rocas de distintas edades entre el Cretácico Tardío y el Paleógeno (Eoceno), que se visualizan en mapas geológicos y columnas estratigráficas (e.g. Figura 4.1.6). Las edades absolutas de estas unidades de rocas se han confirmado en parte con dataciones isotópicas de Sr (MacArtur et al., 2000; Roberts et al., 2022; Crame y Francis, 2023) y fundamentalmente por medio del relevamiento sistemático de niveles de reversiones del campo magnético terrestre (magnetoestratigrafía), cuyas edades absolutas están

precisamente conocidas y calibradas (Tobin et al., 2012; Milanese et al., 2017, 2019; 2020, Montes et al., 2019).

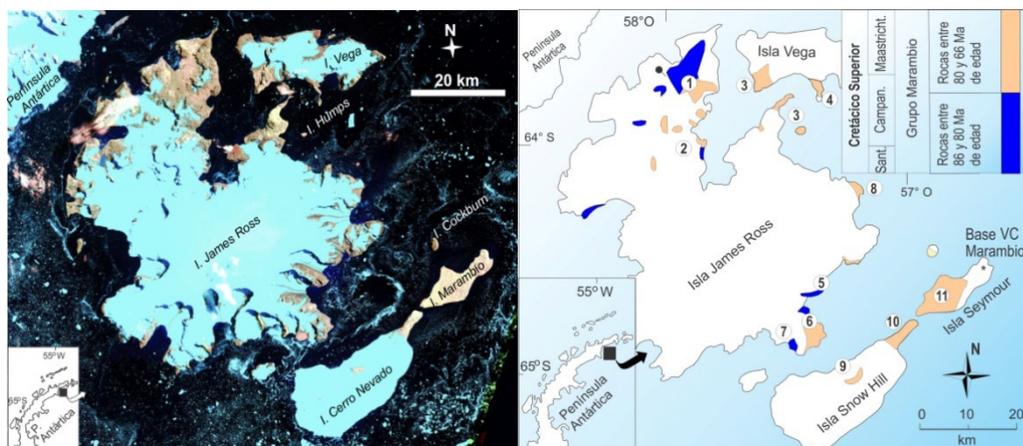


Figura 4.1.6. Archipiélago Ross, al noreste de la península Antártica. Izquierda, imagen satelital mostrando las áreas con exposición de rocas sedimentarias. Derecha, mapa geológico con la interpretación de la distribución de distintas unidades de rocas cretácicas y sus edades absolutas, determinadas por magnetoestratigrafía (modificado de Olivero 2012; Milanese et al., 2020). Los números 1-11 indican algunas de las principales localidades estudiadas.

Investigaciones geológicas realizadas en el Cretácico-Cenozoico del Arco de Scotia en general y de Tierra del Fuego en particular, pusieron de relieve su estrecha relación y similitud geológica con la península Antártica (Dalziel et al., 1974, 1975, 2013; Cunningham et al., 1995; Torres Carbonell et al., 2008, 2014; Barbeau et al., 2009; Lawyer et al., 2015). A su vez, el conocimiento estratigráfico logrado en los últimos años del Cretácico Superior-Cenozoico de Tierra del Fuego, permite dar un marco de referencia cronológico preciso, donde ubicar acontecimientos comunes a la península Antártica (Olivero et al., 2002, 2003, 2009; Olivero y Malumián, 2008; Torres Carbonell y Olivero, 2019; Figura 4.1.7).

4.1.3.2. Paleontología de invertebrados. Comprende el estudio de partes de organismos invertebrados (cuerpos fósiles) o de signos de su actividad en vida (trazas fósiles), preservados en los sedimentos.

Los moluscos son uno de los grupos de organismos invertebrados mejor representados como fósiles en sedimentos marinos del Cretácico Superior-Paleógeno del Archipiélago James Ross. Dentro de ellos, los amonites --un grupo extinguido de cefalópodos fósiles estrechamente relacionado con los calamares, nautilídeos y pulpos actuales-- fueron muy importantes en el Cretácico Superior antártico. Sus conchillas fósiles tienen una excelente preservación, conservando frecuentemente el nácar iridiscente (Figuras 4.1.8, 4.1.9) y son muy abundantes entre los 86 Ma y el momento de su extinción en el límite Cretácico-Paleógeno, a los 66 Ma.

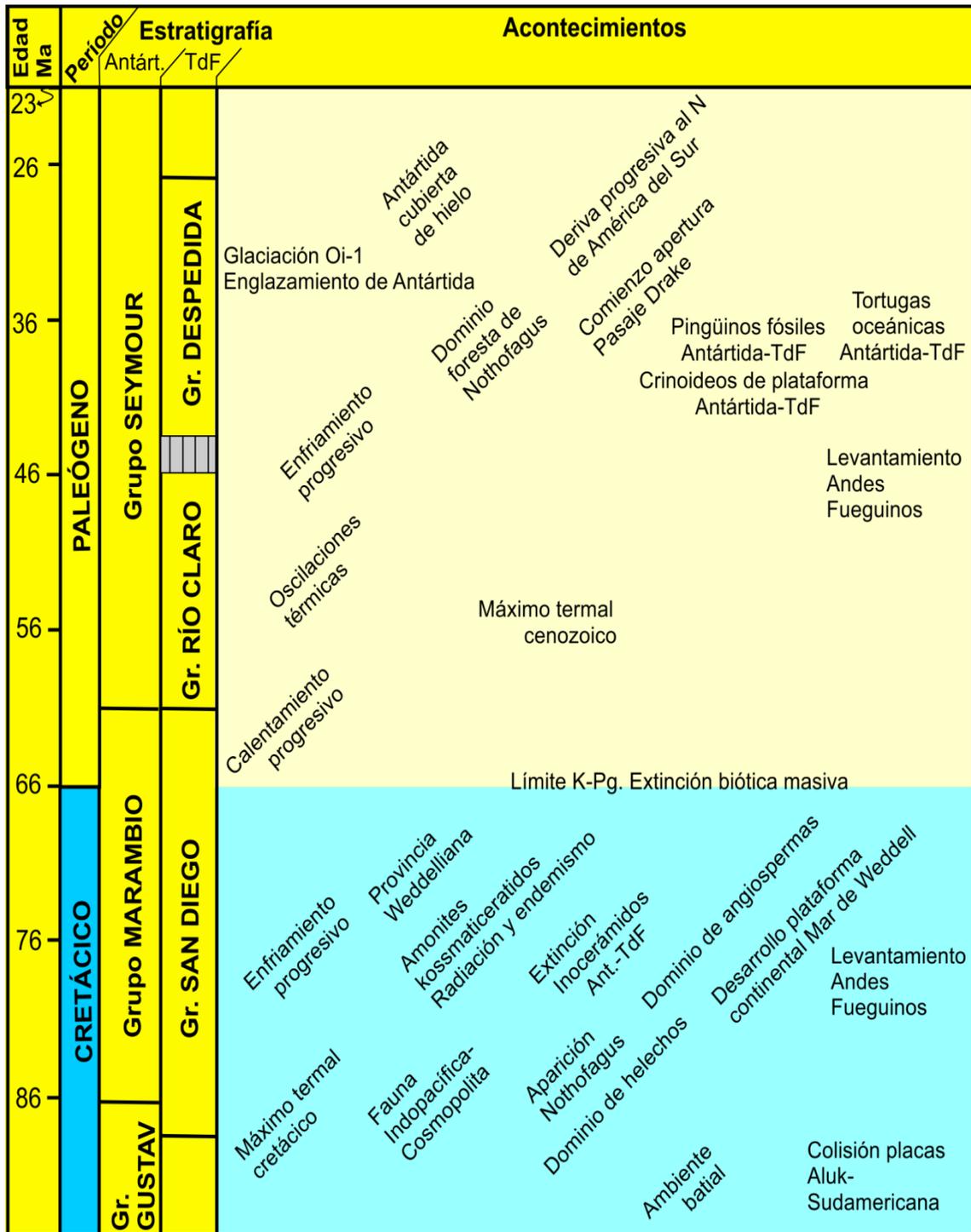


Figura 4.1.75. Estratigrafía y acontecimientos importantes comunes del Cretácico Superior-Paleógeno de Antártida y Tierra del Fuego.

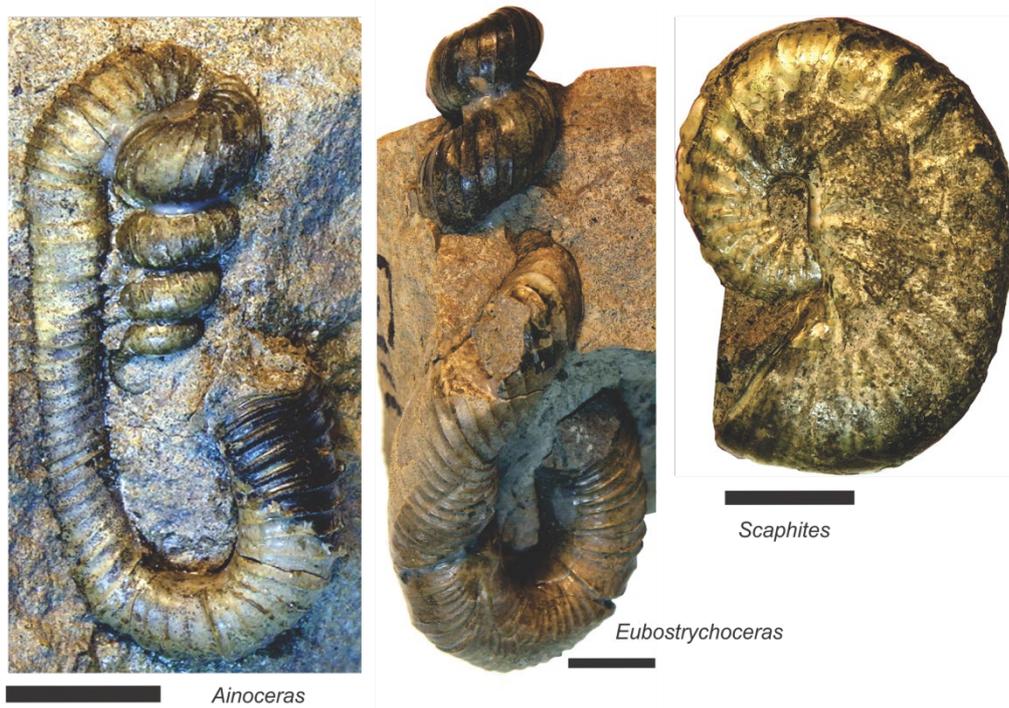


Figura 4.1.8. Algunos amonites cosmopolitas, entre 86 y 80 Ma, Cretácico Superior de Antártida. Nótese las conchillas iridiscentes, que conservan el nácar. Fotografías de E.B. Olivero.

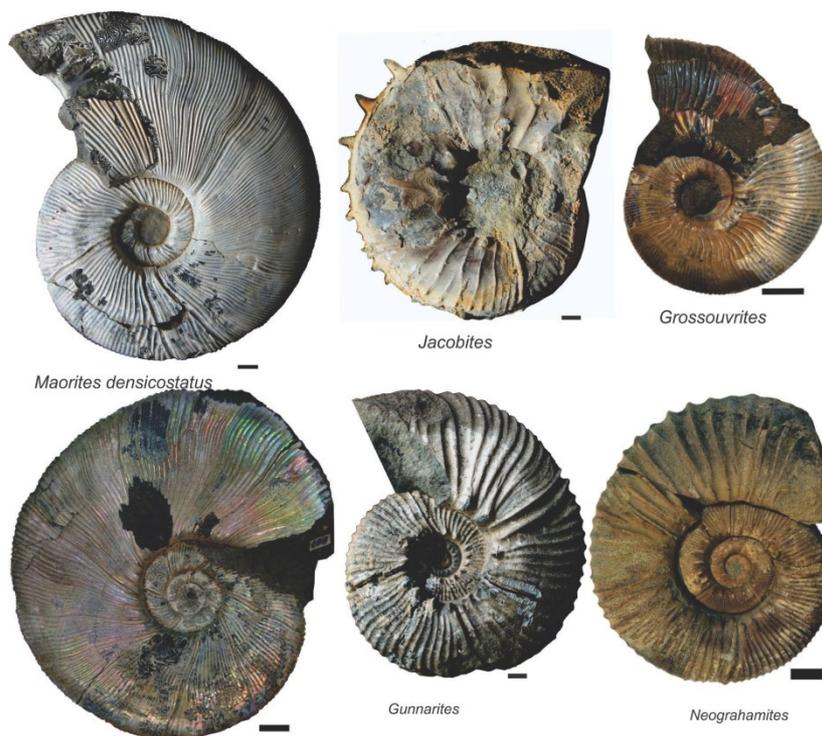


Figura 4.1.9. Algunos ammonites endémicos de la Provincia Weddelliana, 80 y 66 Ma, Cretácico Superior de Antártida. Nótese las conchillas iridiscentes, que todavía conservan el nácar. Fotografías de E.B. Olivero.



Figura 4.1.10. Amonite de gran tamaño del género *Anapachydiscus* (izquierda) y belemnite casi completo (derecha) del Cretácico Superior de Antártida, entre 80 y 66 Ma. Fotografías de E.B. Olivero.

Desde el inicio de investigaciones paleontológicas en la Antártida los amonites y belemnites (ambos cefalópodos extintos, Figura 4.1.10) fueron muy importantes para establecer correlaciones geológicas entre los sedimentos marinos antárticos y otros de Europa y del Hemisferio Sur. Entre los primeros estudios, sobresalen las extensas monografías de Kilian y Reboul (1909) y Spath (1953). Otros trabajos, que tratan con mayor detalle la composición y distribución estratigráfica y biogeográfica de la fauna de amonites del Archipiélago James Ross se deben a Olivero (1984, 1988, 1989, 1992); Macellari (1986); Olivero y Zinsmeister, 1989; Olivero y Medina (2000); Kennedy et al. (2007); Olivero (2012); Olivero y Raffi (2012); Raffi y Olivero (2016) y Raffi et al. (2019).

Otros invertebrados fósiles antárticos muy estudiados fueron los moluscos bivalvos y gastrópodos (Wilckens, 1911; Zinsmeister y Macellari, 1988; Stilwell y Zinsmeister, 1992). Entre los bivalvos fósiles cretácicos, sobresalen por su gran tamaño el grupo de los inocerámidos (Figura 4.1.11), conocidos en Antártida (Crame y Luther, 1997) y Tierra del Fuego (Olivero y Medina, 2001). Además, se conocen moluscos fósiles como los quitones, de excelente preservación y con todas sus placas articuladas (Figura 4.1.12, López Cabrera y Olivero, 2011), y serpúlidos (anélidos) fósiles (Seilacher et al., 2008).

Una estructura biogénica muy curiosa y rara corresponde a estructuras moldeadas por cangrejos ermitaños utilizando el cnidario *Psamoactinia*, y utilizadas como domicilio (Figura 4.1.13, Olivero y Aguirre Urreta, 1994). Otras estructuras biogénicas preservadas en sedimentos corresponden a trazas fósiles o icnofósiles. De manera interesante, los icnofósiles antárticos producidos por invertebrados marinos (Figura 4.1.14) tienen muchos elementos en común con Tierra del Fuego. Entre ellos se destacan *Paradictyodora antarctica*, *Euflabella*, y *Tasselia ordamensis* (Olivero et al., 1994; Olivero y López Cabrera, 2010, 2013, 2016).



Figura 4.1.11. Bivalvos inocerámidos de gran tamaño del Cretácico Superior. Izquierda, *Antarcticceramus rabotensis*, Isla James Ross, Antártida. Derecha, *Inoceramus (Platyceramus)* sp., Buen Suceso, Tierra del Fuego. Fotos E. B. Olivero.

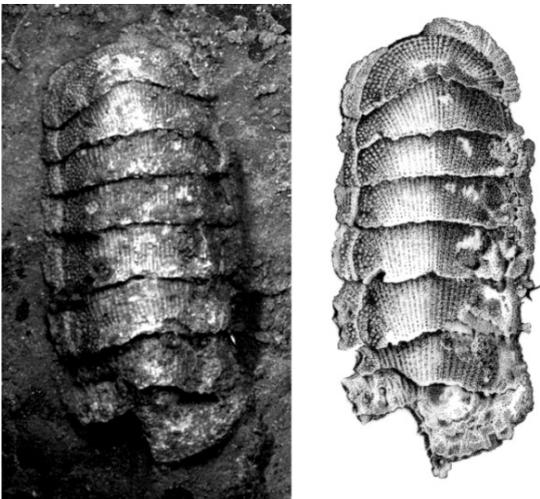


Figura 4.1.12. *Leptochiton* sp. Quitón fósil, con placas articuladas, del Paleógeno de la Isla Marambio (López Cabrera y Olivero, 2011).



Figura 4.1.13. *Psamoactinia*. Izquierda, reconstrucción. Derecha, fósil. Cretácico isla Cerro Nevado, Antártida (Olivero y Aguirre Urreta, 1994).

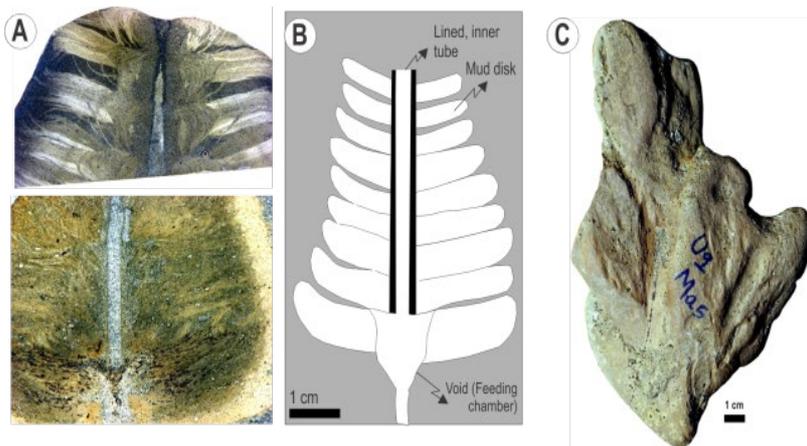


Figura 4.1.14. Trazas fósiles del Cretácico-Paleógeno de Antártida y Tierra del Fuego. A-B: *Tasselia ordamensis*, sección pulida vertical, fotografía (A), y esquema (B). C: *Euflabella multiplex* (modificado de Olivero y López Cabrera, 2010, 2013).

4.1.3.3. Paleontología de vertebrados. Los primeros vertebrados fósiles de Antártida se conocen desde la expedición de O. Nordenksjöld, 1901-1903 y corresponden a huesos de pingüinos, cetáceos, y dientes de tiburones y peces óseos (Wiman, 1905; Olivero y Reguero, 2016; Reguero, 2019). Desde la década de 1970 hasta la actualidad, numerosos trabajos, fundamentalmente estudios paleontológicos de científicos del Museo La Plata, han producido una gran cantidad de información con la descripción de diversos grupos de vertebrados fósiles (Figura 4.1.15, Reguero et al., 2022; Reguero y Gasparini, 2023).

Los primeros reptiles marinos del grupo de los plesiosaurios se encontraron en el Cretácico Superior de la isla James Ross y Vega (Del Valle, Medina y Gasparini 1976 en Reguero y Gasparini, 2023). Los primeros registros de mamíferos terrestres se encontraron en el Paleógeno de la isla Marambio (Seymour) (Woodburne y Zinsmeister, 1984) y los primeros dinosaurios en el Cretácico Tardío de la Isla James Ross (Figura 4.1.16, Olivero et al., 1986; Gasparini et al., 1987; Olivero et al., 1991). A ellos se suman restos de tortugas; reptiles voladores (pterosaurios); cocodrilos; diversos dinosaurios; distintos tipos de aves –pingüinos, aves voladoras, aves corredoras, y grandes aves predatoras, como los forroracos--; cetáceos, incluyendo a ballenas primitivas; diversos mamíferos terrestres como ungulados, perezosos, gondwanaterios (grupo de mamíferos extintos del Hemisferio Sur), marsupiales y hasta posibles monotremados, mamíferos primitivos como el ornitorrinco y equidna actuales (Case y Tambussi, 1999; Goin et al., 2006; Reguero et al., 2013; Clarke et al., 2016; Acosta Hospitaleche et al., 2019; O’Gorman et al., 2012, 2014, 2015, 2019, 2022; Reguero et al., 2022; Reguero y Gasparini, 2023).

De manera muy interesante, parte de los vertebrados fósiles antárticos tienen estrecha relación con faunas semejantes de Tierra del Fuego y Patagonia (Reguero et al., 2013, 2022; Reguero y Gasparini, 2023. Entre los de Tierra del Fuego, sobresalen fósiles de tortugas oceánicas (dermoquélidos, Bona et al., 2022) y el pingüino fósil *Palaeudyptes gunnari* (Clarke et al., 2003; Acosta Hospitaleche y Olivero, 2016), del Eoceno de Antártida y Tierra del Fuego.

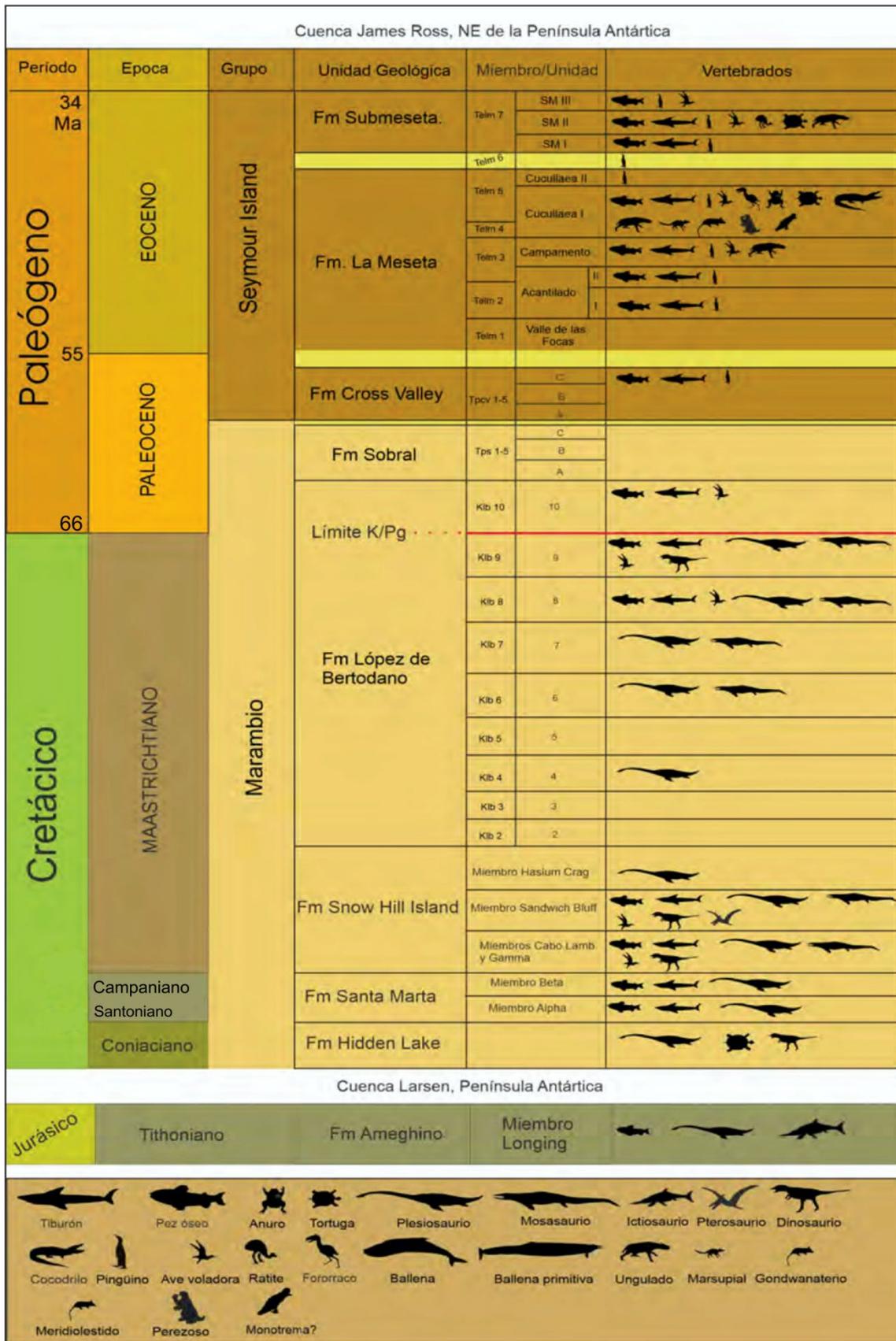


Figura 4.1.15. Vertebrados fósiles marinos y terrestres del Cretácico Superior-Paleógeno del Archipiélago James Ross (Modificado ligeramente de Reguero y Gasparini, 2023).



Figura 4.1.16. *Antarctopelta oliveroi*, reconstrucción a la izquierda y fragmentos de huesos, derecha, entre los que sobresalen restos de la mandíbula y dientes (las tres fotos superiores). Modificado de Reguero y Gasparini (2023).

1.1.3.4. *Paleobotánica (Paleontología de vegetales)*. Los restos de madera fósil fueron uno de los primeros hallazgos paleontológicos de la Antártida, realizado por Carl A. Larsen hacia 1892 en la isla Marambio (Halle, 1913; Zinsmeister, 1988; Olivero y Reguero, 2016). Los vegetales fósiles del Archipiélago James Ross comprenden troncos de gran tamaño, hojas, ramas, semillas, flores, y granos de polen y espora (Figuras 4.1.17 y 4.1.18). La vegetación del Cretácico y Paleógeno de la península Antártica tiene muchos elementos en común con Tierra del Fuego y Patagonia. La flora fósil antártica incluye diversos grupos, entre los cuales sobresalen fósiles de nothofagáceas, parecidos a las especies de *Nothofagus* actuales del bosque templado frío Andino-Patagónico; proteáceas, que incluyen formas muy parecidas a los notros actuales; winteráceas, que incluyen formas como los canelos actuales; gunneráceas, como las nalcas actuales; nenúfares, plantas con flores acuáticas; palmeras; ciudadáceas; araucariáceas y otras gimnospermas; helechos y briofitas (Askin, 1989; Dettmann, 1989; Gandolfo et al., 1998; Poole y Francis, 2000; Césari et al., 2001; Francis y Poole, 2002; Panti et al., 2007; Cantril y Poole, 2012; Reguero et al, 2013; Bowman et al., 2014; Barreda et al., 2015, 2019; Pujana et al., 2018a-b; Cantrill, 2018; Romero et al., 2019; Macphail et al., 2022; Vento et al., 2022, Crame and Francis, 2023).

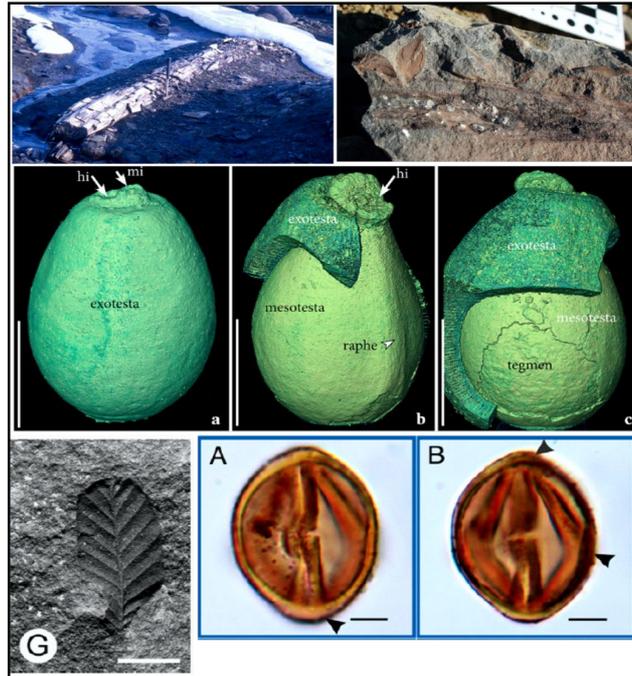


Figura 4.1.17. Vegetales fósiles del Cretácico Superior-Paleógeno del Archipiélago James Ross, Antártida. Arriba. Izquierda, tronco petrificado de gran tamaño; derecha hoja de araucariácea adherida a la rama. Cretácico Superior, Isla James Ross. Fotos de E. B. Olivero. Centro, semillas de nenúfares (plantas acuáticas con flores), Paleógeno, Marambio (Fris, Iglesias et al., 2017). Abajo, izquierda, hoja de *Nothofagus*, Paleógeno, Marambio (Cantrill y Poole, 2012). Abajo, derecha, polen de asterácea, plantas del grupo de las margaritas y girasol, Cretácico Superior, isla James Ross (Barreda et al., 2015).

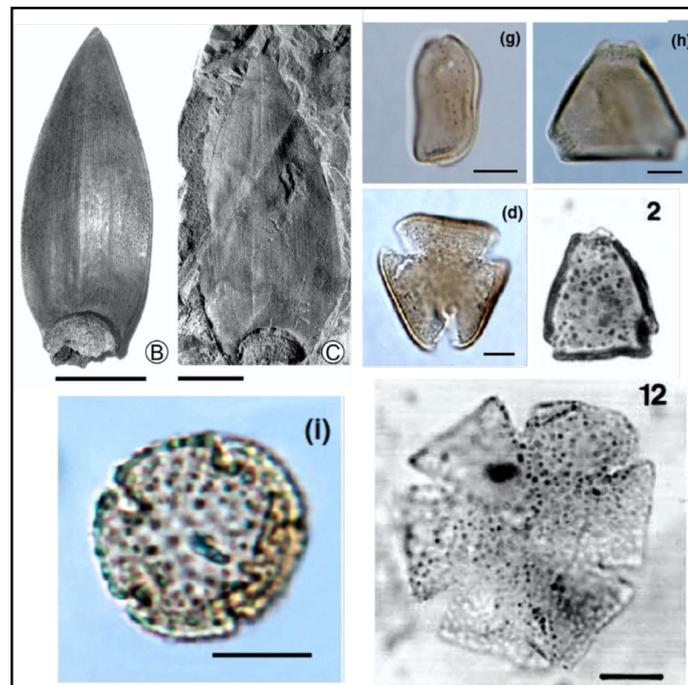


Figura 4.1.18. Hojas y polen fósiles del Paleógeno de Tierra del Fuego y Cretácico Superior de Antártida. Arriba, izquierda: hoja actual de *Araucaria araucana* (B) y hoja fósil de *Araucaria paraucana* de TdF (C), Panti et al. (2007). Granos de polen de proteáceas del Cretácico Superior de Antártida (d, g, h), la imagen (g) corresponde al polen de *Embothrium*, género que incluye al *Notro*, (Barreda et al., 2019) y del Paleógeno de TdF (2, Olivero et al., 1998). *Nothofagidites*, granos de polen de *Nothofagus*; (i) Cretácico Superior de Antártida (Barreda et al., 2019); y (12) Paleógeno de Tierra del Fuego (Olivero et al., 1998).

4.1.3.5. *Paleoambientes. Paleo -geografía, -biogeografía, -climatología.* Durante el Cretácico Superior-Paleógeno los paleoambientes terrestres y marinos de la península Antártica, y en particular los del Archipiélago James Ross, eran muy distintos a los actuales. Los rasgos modernos de la Antártida recién se adquieren aproximadamente a los 33 Ma, cuando se origina la Glaciación Oi-1 hacia el final del Paleógeno (Figura 4.1.7).

Mediante el estudio de los sedimentos, de sus estructuras sedimentarias y biogénicas, y de la arquitectura de los depósitos sedimentarios se pueden deducir rasgos ambientales del pasado geológico. La complementación de estas investigaciones con estudios estratigráficos, paleontológicos de la fauna y flora, y de aproximaciones de datos del clima del pasado geológico, p.ej, mediante isótopos estables, permiten establecer escenarios reales de la evolución de los ambientes antiguos. De tal manera, en el Archipiélago James Ross se han realizado durante las últimas décadas numerosas investigaciones que han permitido establecer un escenario de cambios climáticos y ambientales notables en el Archipiélago (Shackleton et al., 1975; Olivero et al., 1986, 2007, 2008; Macellari, 1988; Pirrie, 1989; Pirrie et al., 1991, 1997; Scasso et al., 1991; Olivero et al., 1992; Marenssi et al., 1992, 1998, 2001; Strelin et al., 1992; Ditchfield et al., 1994; Elliot et al., 1994; Zinsmeister y Feldmann, 1996; Olivero, 1998; Hathway, 2000; Olivero y Medina, 2000; Elorza et al., 2001; Huber et al., 2002; Crame et al., 2004; Livermore et al., 2005; Francis et al., 2006; Whitham et al., 2006; Anderson et al., 2007; Scher y Martin, 2006; Olivero, 2007, 2012; Reguero et al., 2013, 2022; Roberts et al., 2014, 2022; Montes et al., 2019; Amenábar et al., 2019; Crame y Francis, 2023).

En la península Antártica, entre estos cambios se destacan un ambiente continental montañoso, en parte con volcanismo activo, una llanura costera vegetada y el desarrollo progresivo de sistemas deltaicos (Figuras 4.1.19, 4.1.20). Hacia el actual mar de Weddell, se encontraba una región marina que cambia paulatinamente desde un ambiente marino profundo, sin una plataforma marina bien establecida (100-86 Ma), continúa con una plataforma marina incipiente, con deltas alimentados por ríos que fluían desde la península (86-80 Ma), hasta finalizar con el desarrollo de una gran plataforma, extendida en el mar de Weddell por más de 150 km de ancho (80-60 Ma) (Figuras 4.1.19, 4.1.20; Scasso et al., 1991; Olivero, 2012 y la bibliografía citada).

Paralelamente se originaron notables modificaciones en la composición y distribución biogeográfica de la fauna marina, que hacia los 80 Ma cambia desde una fauna cosmopolita o de distribución indopacífica a una fauna endémica de regiones australes (Provincia Weddelliana, Zinsmeister y Feldmann 1996; Olivero y Medina, 2000; Olivero, 2012, 2014, 2020a-b; Olivero y López Cabrera, 2016, 2021). También se registran cambios notables en la composición de la flora fósil, con un recambio de plantas sin semillas y gimnospermas, que dominaban hasta los 80 Ma, por plantas con flores (angiospermas) que dominan

en el resto del Cretácico (Barreda et al., 2019). Otras variaciones en la flora fósil, asociadas a marcados cambios de temperatura ambiental se dan en el Paleógeno (Francis et al., 2008; Cantrill y Poole, 2012; Pujana et al., 2014, 2015; Tosolini et al. 2021).

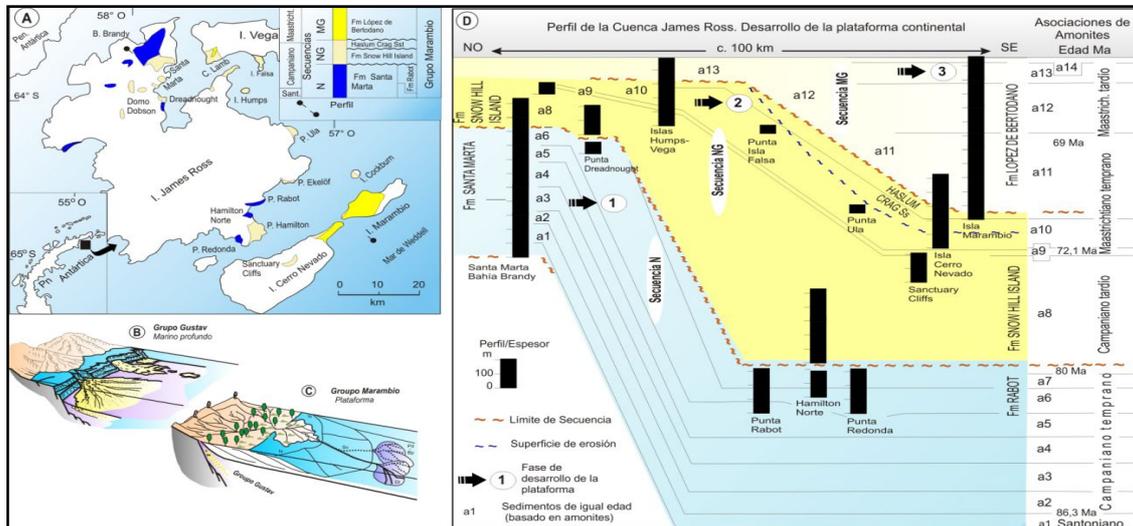


Figura 4.1.19. Desarrollo de la plataforma marina en el Cretácico Superior. A: Mapa con la distribución de sedimentos de distinta edad en el Archipiélago James Ross. B, C: esquema evolutivo, mostrando el inicio del desarrollo de la plataforma (C). D: Corte geológico, perfil NO-SE (la ubicación se muestra en A) mostrando el ordenamiento temporal y espacial (estratigrafía) de las rocas de las distintas islas y localidades que componen el Archipiélago y el desarrollo esquemático de la plataforma y talud. Tiempos relativos estimados por asociaciones de amonites (Olivero y Medina, 2000; Olivero, 2012).

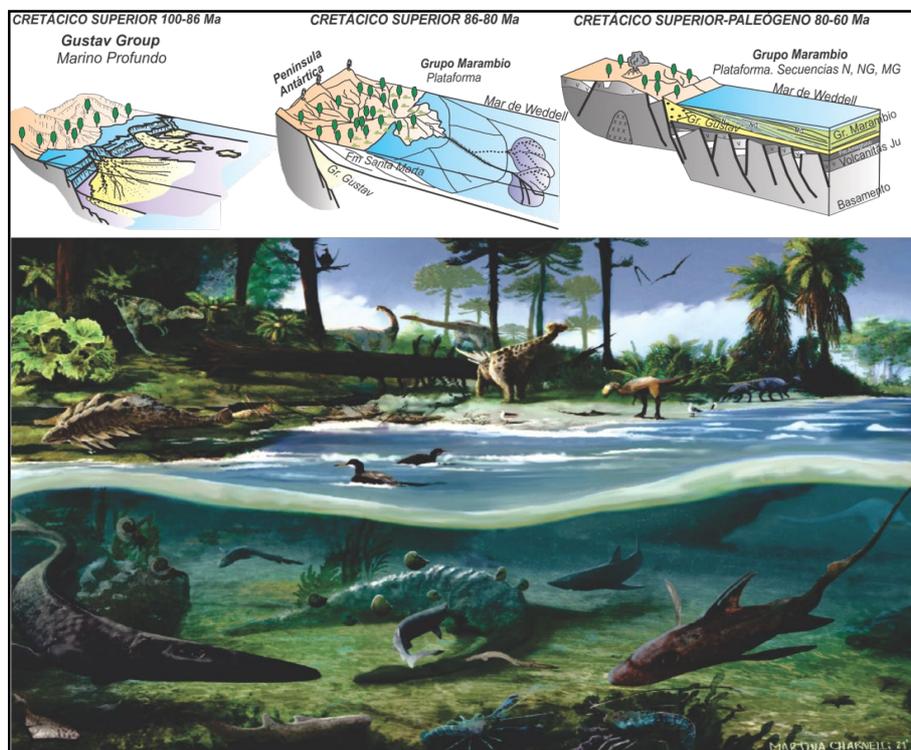


Figura 4.1.20. Desarrollo de la Plataforma y ambiente litoral costero vegetado. Arriba: Esquemas sucesivos entre los 100 y los 60 Ma (Basado en Olivero, 2012). Abajo: Diorama, mostrando la flora y fauna terrestre y marina, hacia los 75 Ma (Reguero et al., 2022)

Dentro del clima global cálido del Cretácico, en altas latitudes australes el máximo termal se registra hacia los 86-83 Ma, cuando las temperaturas del agua de mar superaban los 18-19°C en promedio, de acuerdo a estimaciones de isótopos estables de oxígeno (Ditchfield, 1994; Elorza et al., 2001; Huber et al., 2002, 2018; Friedrich et al., 2012; Tabor et al., 2016). Estimaciones en ambientes terrestres, a partir de indicadores paleobotánicos, como anillos de crecimiento en troncos y contorno de hojas fósiles, indican temperaturas superiores a 20°C (Francis y Poole 2002). A partir del máximo termal cretácico, hay una marcada tendencia de enfriamiento que culmina con temperaturas del agua de mar tan bajas como 7°C hacia el final del Cretácico (Tobin et al., 2012, Petersen et al., 2016), cuando inclusive se piensa que en el invierno podría haberse formado hielo marino (Bowman et al., 2013).

Desde el punto de vista paleogeográfico, antes de los 100 Ma los distintos bloques continentales (terrenos) que conforman actualmente la Antártida Occidental (Figuras 4.1.1 y 4.1.2, Torsvik et al., 2008) todavía no se habían integrado y ocupaban posiciones geográficas distintas a las actuales. A partir de los 90 Ma, esos bloques ya estaban amalgamados y la Antártida Oriental y Occidental conformaban un solo bloque continental (Dalziel, 2013; Dalziel et al., 2013). Resulta muy interesante notar, además, que la Antártida ocupaba una posición geográfica semejante a la actual, con el polo sur situado donde actualmente se encuentra (Figura 4.1.3; Lawer et al., 2015; Milanese et al., 2019a).

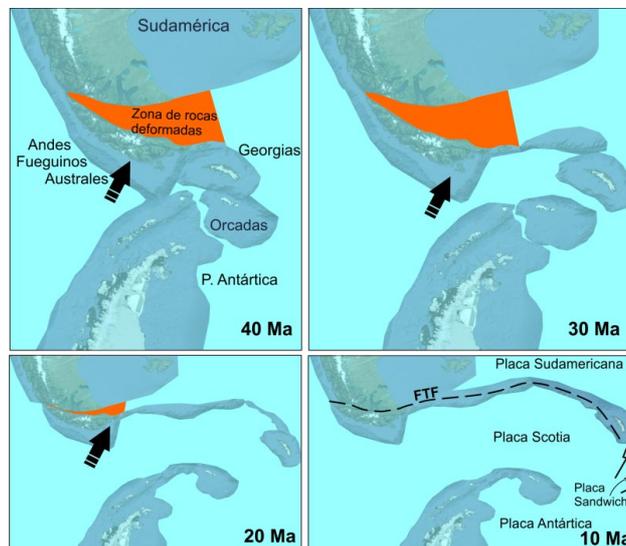


Figura 4.1.21. Paleogeografías resultantes durante la separación de Antártida y Sudamérica entre 40 y 10 Ma. La flecha indica la deriva hacia el norte de Tierra del Fuego. La zona de deformación resultante (área naranja) involucra sedimentos marinos, apretados como en un “acordeón” entre los Andes Fueguinos Australes y Sudamérica. La falla transcurrente Fagnano / Magallanes (FTF), separa las placas de Scotia y Sudamérica desde aprox. los 10 Ma. Note la posición fija, semejante a la actual de la península Antártica y la deriva hacia el este de las islas Georgias del Sur. Tomado de Torres Carbonell (2017).

Si bien hay innumerables evidencias geológicas, geofísicas, paleontológicas y tectónicas que avalan una conexión o puente entre el sur de

América del Sur y la península Antártica durante el lapso 90-40 Ma, no hay todavía un acuerdo generalizado que explique satisfactoriamente los detalles de la configuración paleogeográfica durante la separación entre estos continentes. Existen varios modelos tectónicos (explicación del origen de las estructuras y deformación de las rocas) aplicados a la dinámica de la separación. Uno de ellos (Figura 4.1.21, tomado de Torres Carbonell et al., 2014, Torres Carbonell, 2017), interpreta la siguiente progresión de sucesos, entre los 40 y 10 Ma. A los 40 Ma la península Antártica, situada en una posición semejante a la actual está unida a Tierra del Fuego, que entre los 40-20 Ma comienza a derivar hacia el norte. La deriva progresiva hacia el norte de Tierra del Fuego origina la deformación de sedimentos marinos situados entre los bloques rígidos de los Andes Fueguinos Australes y el continente Sudamericano. Paralelamente, el bloque de las islas Georgias del Sur se desplaza hacia el este (30-20 Ma) y el bloque de las islas Orcadas se integra a la península Antártica. El Pasaje de Drake, cuya apertura comienza hacia los 40 Ma, se desarrolla progresivamente y cerca de los 10Ma el sistema de bloques continentales entre la península Antártica y América del Sur alcanza una configuración semejante a la actual.

4.1.4 Síntesis de contenidos relevantes para desarrollar en el CVA

Sobre la base de la documentación comentada e ilustrada en los apartados anteriores (4.1.1., 4.1.2. y 4.1.3), el contenido de la información geológica a difundir en el CVA debería focalizarse en tres aspectos centrales:

- 1) las características actuales de la fauna, flora y ecosistemas antárticos en general;
- 2) las características de los ecosistemas marinos y terrestres antárticos y fueguinos del pasado geológico, brevemente para el Jurásico y con más detalle en el lapso Cretácico-Paleógeno (86-34 Ma); y
- 3) la conexión entre el ambiente, clima y flora fueguinos actuales y aquellos del pasado geológico en la Antártida. Aspecto centrado en la idea que la visión de Tierra del Fuego, y en particular de los Andes Fueguinos, constituye un viaje al pasado geológico de la Antártida.

Se desarrollan estos aspectos, utilizando en gran medida el contenido de artículos cortos y de divulgación previos del autor (Olivero, 2019, 2020a-b; Olivero y López Cabrera, 2021), basados en resultados de investigaciones propias y de otros investigadores citados en los apartados anteriores. A su vez,

la descripción de ecosistemas actuales se nutre de la información brindada en los otros ítems incluidos en este reporte del CVA, e.g. Glaciología y Biología.

1.1.4.1. Características generales de los ecosistemas polares actuales. Los ecosistemas marinos polares del Ártico y de la Antártida, tienen rasgos muy característicos que los diferencian netamente de otros ecosistemas marinos de latitudes más bajas. Hay dos rasgos principales que regulan las estrategias de vida de la biota polar:

1) un largo período de oscuridad invernal con la consecuente reducción o falta de producción primaria de alimento, seguido de un corto período estival de alta producción primaria y se los conoce como ambientes de largas hambrunas y cortos festines; y

2) temperaturas muy bajas, que requieren mecanismos fisiológicos apropiados para sobrellevarlas.

Existen, sin embargo, diferencias importantes entre los ecosistemas polares del Ártico y de la Antártida. Mientras que el Ártico constituye un océano congelado rodeado de continentes, la Antártida es un continente congelado, rodeado de océanos y aislado por la Corriente Circumpolar. Estas diferencias tienen importantes consecuencias, p. ej. en el aporte de nutrientes al mar, que es mayor en el Ártico por los sistemas fluviales que aportan nutrientes desde el continente al mar. Por otra parte, el mayor aislamiento de la Antártida tiene como consecuencia un notable endemismo de organismos marinos.

Con un tamaño equivalente al de América del Sur, la región continental antártica es un enorme desierto, cubierto casi en un 99% por un manto de hielo de 3 km de espesor promedio. La Antártida registra además las temperaturas más bajas conocidas en la Tierra, cercanas a los $-89,5^{\circ}\text{C}$ en la meseta polar. Estas características explican de manera obvia, el enorme desierto que ocupa la región continental antártica, totalmente desprovisto de árboles y de mamíferos terrestres en la actualidad.

La región costera, que incluye la mayor parte de la superficie sin cobertura permanente de hielo y nieve, tiene junto a la región marina aledaña comunidades que contrastan fuertemente con las de la región continental por su riqueza y diversidad biológica. Los actuales invertebrados marinos de la Antártida están adaptados a las extremas condiciones de vida en los polos. Estas condiciones están reguladas por las frías aguas polares, que alcanzan temperaturas cercanas a -2°C , y por la marcada estacionalidad en la producción de alimento.

Uno de los rasgos más notorios de los ecosistemas marinos antárticos actuales es la marcada estacionalidad en la producción primaria de alimentos. Por su posición polar, solamente los meses de primavera tardía-verano reciben suficiente radiación solar (Figura 4.1.22) como para que pequeños, pero muy abundantes, organismos marinos denominados fitoplancton, que forman la base de la cadena alimenticia, puedan desarrollarse transformando mediante el

proceso de fotosíntesis la radiación solar en compuestos orgánicos, como proteínas, grasas y azúcares. Durante el resto del año, la escasez o ausencia de luz solar inhibe el desarrollo del fitoplancton y consecuentemente de la producción de alimento disponible para otros consumidores en la cadena alimentaria. Por ello, los ecosistemas antárticos han sido caracterizados como sistemas de largas hambrunas y cortos festines. De tal manera, por sus características de posición geográfica polar, espesa cobertura de hielo y nieve, temperaturas extremadamente bajas y aislamiento de otras masas oceánicas más cálidas por la Corriente Circumpolar, la Antártida tiene ecosistemas muy diferentes a los del resto del planeta.

Otro rasgo notable de la marcada estacionalidad de los ecosistemas polares, conocida como la paradoja de los polos, es la variación de la radiación solar total anual que llega a la superficie terrestre, particularmente cuando se comparan los patrones de variación entre regiones ecuatoriales y polares (Figura 4.1.22). La radiación solar total (irradiancia) que llega a la superficie en el ecuador varía muy poco entre el verano y el invierno. Contrariamente, en altas latitudes australes esta variación es notable y, paradójicamente, la radiación total de verano que llega a la superficie a los 60° de latitud, es mayor que en el Ecuador y todavía es mayor en el polo. La paradoja consiste en que con esos valores de radiación, las temperaturas estivales antárticas deberían ser mucho más altas que las actuales, tan altas como para impedir o disminuir notoriamente la formación de hielo. ¿Cómo es entonces que ocupando la Antártida una posición polar desde hace por lo menos 90 Ma, se haya acumulado una capa de hielo de 3 km de espesor en promedio? La respuesta a esta aparente paradoja es que la radiación solar que llega a la superficie en la Antártida rebota casi totalmente en el hielo, material cuyo albedo o porcentaje de radiación incidente reflejada es casi del 100%, y vuelve al espacio exterior. Contrariamente en las regiones ecuatoriales, sin cobertura de hielo o nieve, la radiación solar incidente penetra en el suelo, calentando la superficie terrestre.

La adaptación de organismos marinos, particularmente de invertebrados que viven permanentemente en el fondo, a la marcada estacionalidad en la producción de alimento y a temperaturas polares extremas, imprimen a las comunidades de organismos marinos antárticos rasgos muy distintivos y singulares. Estas comunidades están dominadas por organismos longevos, con ciclos de vida muy largos, crecimiento muy lento, metabolismo muy lento, baja tasa reproductiva y múltiples estrategias de alimentación. Además, y en razón de su aislamiento geográfico, la biota antártica tiene un alto grado de endemismo.

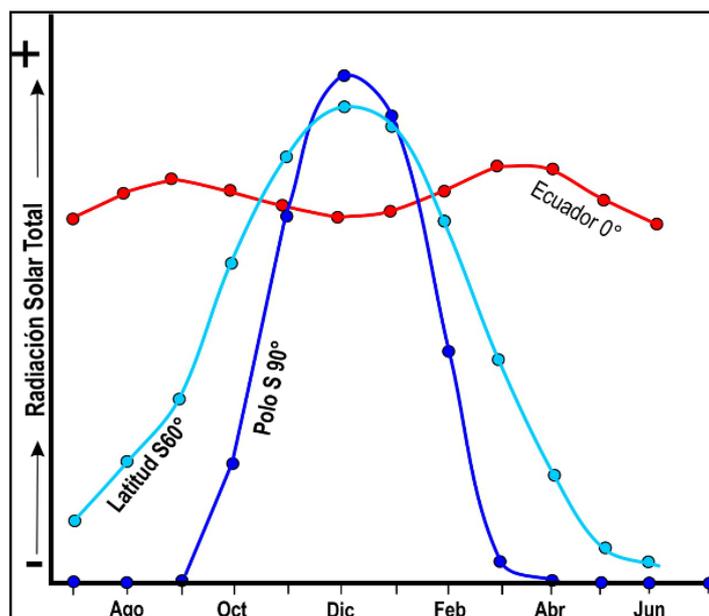


Figura 4.1.22. Paradoja Polar. Variación anual de la irradiancia o radiación solar total que llega a la superficie terrestre a distintas latitudes, ajustada para el Hemisferio Sur. Mientras que la variación anual es mínima en el Ecuador, ésta alcanza valores extremos entre verano e invierno a altas latitudes. Note que en el verano austral la superficie terrestre a los 60° latitud recibe más radiación solar (y más aún en el polo) que en el Ecuador. Modificado de Hutchinson (1957).

4.1.4.2. Características de los ecosistemas polares y subpolares del Cretácico-Paleógeno (86-34 Ma). Las características de los ecosistemas antárticos actuales contrastan notablemente con aquellas de los ecosistemas polares del pasado geológico. Múltiples estudios geológicos y geofísicos permiten establecer que durante los últimos 90 millones de años la Antártida ya ocupaba una posición polar y que el englazamiento total de la Antártida es un rasgo relativamente moderno, iniciado hace 33 millones de años (Figura 4.1.7). En este escenario, uno de los contrastes más notables, documentado para el lapso 86-34 Ma en el apartado anterior (4.1.3), es la presencia de una flora fósil durante el Cretácico-Cenozoico, con árboles y bosques que vivían aún en la obscuridad total del largo invierno polar. Otro contraste notable de esos ecosistemas polares del pasado está dado por la presencia de vertebrados terrestres, algunos de gran porte como los dinosaurios (Figuras 4.1.7, 4.1.15, 4.1.16, y 4.1.20). El conocimiento de estos rasgos tan singulares de los ecosistemas polares y subpolares, constituye uno de los aspectos científicos más fascinantes, y muy poco difundido para un público general.

La Antártida del Cretácico Superior carecía de su espeso manto de hielo actual y constituía un ambiente muy particular, del cual no se tiene ejemplos modernos en el planeta. La existencia y singularidad de este ambiente y de la fauna y flora en una región polar es realmente sorprendente. Hay dos definiciones generalizadas de regiones polares, una es que son regiones contenidas entre los círculos polares (66°33' de latitud) y los polos, norte o sur,

respectivamente. Otra definición es que son las regiones cercanas a los polos donde la temperatura promedio del mes más cálido es inferior a 10°C (Thomas et al, 2008). Se utiliza este valor de temperatura, porque la isoterma de verano de 10°C marca, dentro de un rango de variación, el límite térmico inferior del crecimiento de árboles.

Las acumulaciones fósiles de grandes troncos, hojas, ramas y semillas de plantas vasculares (Figura 4.1.17) demuestran sin lugar a dudas la existencia común de bosques a la paleolatitud del Archipiélago James Ross (latitud aproximada de 65°S) durante el Cretácico-Paleógeno, entre los 86 y 34 Ma. Más aún, se conocen también bosques fósiles dentro del Círculo Polar Antártico a los 78° de latitud Sur (Crame y Francis, 2023). Estimaciones de las temperaturas del ambiente terrestre obtenidas por diversos métodos, indican también de manera confiable que éstas superaban en promedio la temperatura inferior límite para el crecimiento de árboles de 10°C. Inclusive, durante los máximos climáticos del Cretácico y del Paleógeno la temperatura ambiente terrestre promedio pudo haber duplicado el valor térmico utilizado como valor límite de regiones polares.

Uno de los temas centrales de investigación actual es el de conocer el momento, historia y desarrollo de la transición entre estos ecosistemas polares tan distintivos de la actualidad y del pasado geológico. Una hipótesis sugiere que el origen de las biotas antárticas actuales ocurre durante el englazamiento total de la Antártida, acaecido hace aproximadamente 33 millones de años, en el Cenozoico. Investigaciones más recientes en el archipiélago James Ross, muestran sin embargo que previo al englazamiento continental los ecosistemas antárticos del Cretácico Superior ya habían comenzado a adquirir rasgos similares a los actuales. En ese momento, hace aproximadamente 80 millones de años, se produce un marcado enfriamiento en la Antártida, acompañado de un recambio biótico muy significativo. Este recambio se expresa por la exclusión, o extinción en regiones polares, de invertebrados marinos cosmopolitas que habitaban aguas antárticas mucho más cálidas y su reemplazo por una fauna endémica, adaptada a bajas temperaturas y a regímenes de vida de largas hambrunas y cortos festines. En los ambientes terrestres, el marcado enfriamiento de la atmósfera se expresa en un notable cambio de la vegetación antártica, con el reemplazo de plantas sin semillas, como los helechos, y gimnospermas, por plantas con flores o angiospermas (Figura 4.1.23).

En el archipiélago James Ross, situado hacia el NE de la península Antártica, se exponen rocas sedimentarias de origen marino del Cretácico Superior, con edades entre 86 y 66 millones de años, que constituyen el conjunto de formaciones geológicas denominado Grupo Marambio (Figuras 4.1.6 y 4.1.7). Estas formaciones preservan un importante archivo de información paleontológica y ambiental que es el único conocido para el continente antártico

y al cual los investigadores argentinos tenemos un acceso privilegiado por medio del aeropuerto de la Base Marambio. Este archivo incluye tanto a partes de organismos fosilizados, o cuerpos fósiles, como al resultado de la interacción de organismos vivos con el sustrato, denominado trazas fósiles, que nos indican el comportamiento de invertebrados de cuerpos blandos que vivían en los sedimentos del fondo marino. El estudio y ordenamiento temporal de las sucesiones de rocas del Grupo Marambio y de sus cuerpos y trazas fósiles, permiten reconocer dos grandes ecosistemas transicionales en la plataforma marina de los últimos 20 millones de años del Cretácico Superior. Uno más antiguo, que se desarrolló entre los 86 y los 80 millones de años de edad y otro más joven, que dominó entre los 80 y los 66 millones de años de edad en forma previa a la gran extinción biótica de fines del Cretácico (Figuras 4.1.6, 4.1.7, y 4.1.23).

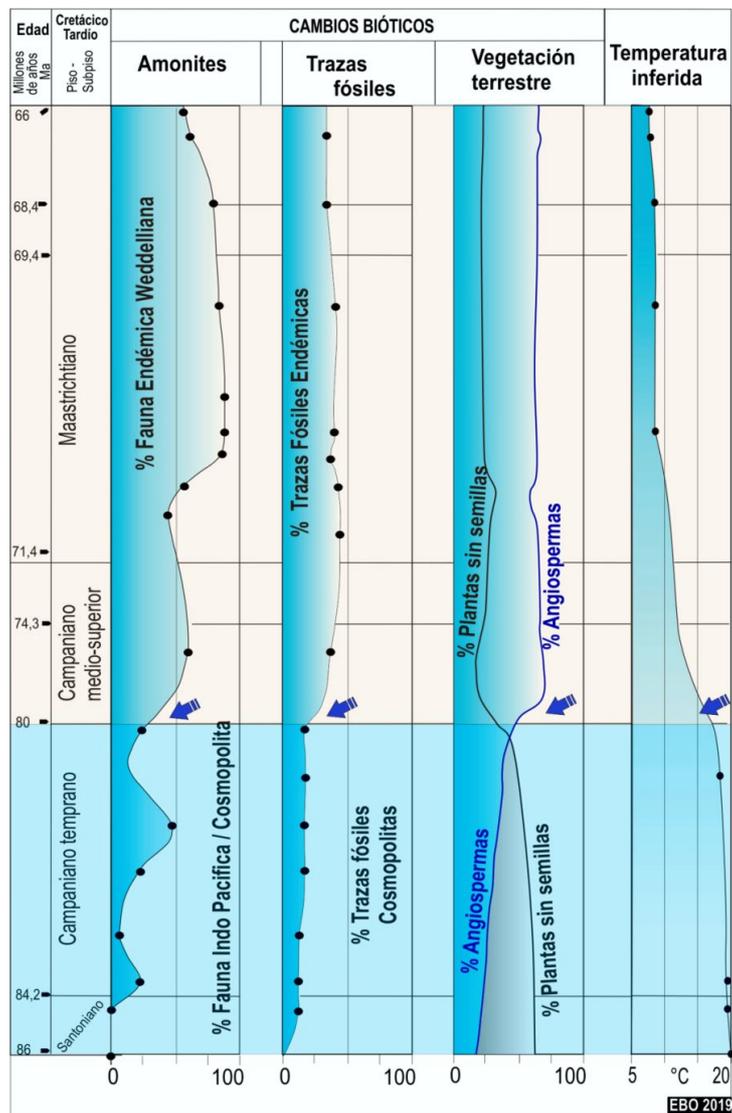


Figura 4.1.23. Cambios bióticos importantes en los ecosistemas antárticos del Cretácico Superior. Hacia los 80 Ma (indicado por una flecha), se producen cambios notorios en la composición de la fauna, trazas fósiles y flora, que anticipan rasgos centrales de endemismo y dominio de generalistas tróficos, característicos de los actuales ecosistemas antárticos (basado en Olivero 2020 y Olivero y López Cabrera, 2021)

Las rocas más antiguas (86-80 Ma) preservan una asociación de invertebrados y trazas fósiles que difiere notablemente del conjunto más joven. Los invertebrados fósiles, dominados por moluscos marinos, principalmente bivalvos y cefalópodos como los amonites y belemnites, tienen una amplia distribución geográfica cosmopolita o Indo-Pacífica. Entre ellos sobresalen amonites heteromorfos de conchillas rectas; de enroscamiento helicoidal, como *Ainoceras zinsmeisteri* y *Eubostriyoceras medinai* o planoespiral modificado como el escafitido *Yezoites australis* (Figura 4.1.8), junto a otros amonites de enroscamiento planiespiral. Especies muy similares o iguales se conocen en el Cretácico Superior de Japón, Columbia Británica de Canadá, India, Madagascar, Sudáfrica y Europa. Entre los moluscos bivalvos de este conjunto de rocas más antiguo sobresalen el grupo de las trigonias y el inocerámido de gran tamaño *Antarcticeramus rabotensis* (Figura 4.1.11). Las trazas fósiles de este conjunto de rocas tienen también distribución cosmopolita y caracterizan ambientes de plataforma marina del Cretácico Superior.

Las rocas más jóvenes, entre 80 y 66 Ma, preservan una asociación de invertebrados fósiles marinos muy diferentes a los del conjunto anterior. Entre los amonites domina un grupo endémico de altas latitudes australes perteneciente a la familia Kossmaticeratidae, que entre los 80-66 Ma tiene en la Antártida gran representación, tanto en abundancia de ejemplares como en diversidad biológica, incluyendo especies de los géneros *Neograhamites*, *Gunnarites*, *Jacobites*, *Grossouvrites* y *Maorites* (Figura 4.1.9). Poco antes del inicio de la radiación y dominancia de kossmaticeratidos, se produce un fenómeno biótico muy característico, que consiste en la exclusión de la Antártida de grupos de moluscos que persisten hasta el final del Cretácico Superior en el resto del planeta. Entre estos moluscos que se extinguen tempranamente en la Antártida están los amonites del grupo de los *Baculites*; nostoceratidos como *Ainoceras* y *Eubostriyoceras*; y escafitidos como *Yezoites* (Figura 4.1.8). También se extinguen tempranamente grupos de bivalvos como las trigonias y los inocerámidos (Figura 4.1.11), que en otros continentes persisten hasta las proximidades del límite Cretácico-Cenozoico. Sumado a estos eventos de extinciones locales, la fauna de invertebrados marinos del conjunto de rocas más jóvenes (80-66 Ma) se caracteriza por un marcado endemismo, con un gran porcentaje de la fauna restringido geográficamente a las regiones australes, en una provincia biogeográfica conocida como Provincia Weddelliana, cuyos elementos faunísticos son característicos de la Antártida, Patagonia austral, Nueva Zelanda y Australia. Unos pocos géneros de amonites, como *Anapachydiscus* (Figura 4.1.10), que desarrollaron gran tamaño y tenían probablemente hábitos oceánicos, tienen distribución geográfica cosmopolita.

En paralelo con el cambio de la fauna de invertebrados, las trazas fósiles tienen también un aumento notable de formas endémicas, que son dominantes en la Antártida y Tierra del Fuego. Entre las más notorias, se mencionan *Patagonichnus*, *Paradictyodora antarctica*, varias icnoespecies de *Euflabella* y *Tasselia ordamensis* (Figura 4.1.13). Esta inusual restricción geográfica austral (endemismo), queda reflejada por el comportamiento muy particular y distintivo de los organismos productores de cuerpos blandos. Todos los organismos productores de estas trazas, aunque mayormente desconocidos desde el punto de vista de su afinidad biológica, dejaron evidencias muy claras que eran organismos con múltiples estrategias de alimentación. Estos organismos, denominados generalistas tróficos, en ocasiones se alimentaban de partículas orgánicas en suspensión, en otras de partículas depositadas en el fondo marino, en otras de partículas preservadas dentro del sedimento y aún de bacterias cultivadas ad-hoc para alimentación. En un solo caso, conocemos la afinidad biológica del productor: *Tasselia ordamensis* es una estructura biogénica producida en la actualidad por el poliqueto *Maldane sarsi*, conocido actualmente en la Antártida y que tiene múltiples estrategias de alimentación como las descritas (Figura 4.1.14). Esta estrategia sugiere que productor de *Tasselia* fue un generalista trófico que almacenaba alimentos durante la etapa de abundancia estival, para utilizarlos en las épocas de escasez invernal.

En síntesis, hacia los 80 Ma se observan en la Antártida cambios notables en la fauna de moluscos de plataforma, en la composición de trazas fósiles y en la flora terrestre, que coinciden con un marcado enfriamiento en el mar y continente (Figura 4.1.23). Entre 86-80 Ma la biota marina de aguas relativamente cálidas estaba dominada por moluscos de distribución cosmopolita o Indo-Pacífica; esta biota es reemplazada por otra fauna de moluscos endémica de la Provincia Weddelliana y de aguas frías. Los cambios de temperatura se han estimado por las características morfológicas de hojas de los vegetales y por las relaciones de isótopos estables del oxígeno en conchillas de moluscos y foraminíferos, entre otros (véase el punto 4.1.5). Las trazas fósiles acompañan esta tendencia de endemismo progresivo y denotan un aumento notable de múltiples estrategias de alimentación. Hacia los 80 Ma de años, también en el continente hay un notable recambio de la flora terrestre, con un marcado aumento de las plantas con flores, que dominan ampliamente la vegetación terrestre antártica. Estos cambios notables en las condiciones marinas de plataforma producidos hacia los 80 M, se piensan que reflejan el inicio de ecosistemas antárticos análogos a los actuales.

Hacia el final de la época cálida y comienzos del enfriamiento en el Cretácico, es cuando abundan dinosaurios en ambientes terrestres antárticos. En el ambiente marino, los reptiles como los plesiosauros y mosasaurios, fueron

comunes hasta el final del Cretácico (Figuras 4.1.7, 4.1.15, 4.1.16 y 4.1.20). A pesar de que durante el Cretácico Superior y parte del Paleógeno la península Antártica estaba físicamente conectada con los Andes Fueguinos Australes (Figuras 4.1.3 y 4.1.21), los ambientes de esa edad resultan difícil de comparar con cierto grado de detalle. Esto se debe a que los depósitos sedimentarios (que registran datos ambientales) del Cretácico Superior y parte del Paleógeno se originaron a profundidades marinas muy distintas. Así mientras que en Tierra del Fuego los depósitos sedimentarios de esa edad se originaron en ambientes marinos profundos, en la Antártida se originaron en ambientes someros de plataforma. En la parte media-final del Paleógeno, no obstante, ambas regiones comparten ambientes de sedimentación semejantes, marinos someros, que permiten una estrecha comparación, particularmente de la fauna y flora entre ambas regiones. Inclusive, en Tierra del Fuego hay depósitos sedimentarios continentales hacia los 35-34 Ma.

En comparación con el clima gélido actual, y a pesar de su posición polar en el Cretácico Superior y gran parte del Paleógeno, la existencia de vegetación arbórea y vertebrados terrestres de gran porte en la Antártida debe haber estado favorecida por la alta radiación solar estival antártica (Figura 4.1.22), la que en ausencia del albedo glacial y con absorción por la cubierta vegetal y el suelo, debe haber provocado temperaturas muy elevadas, y muy probablemente alternancia de centros-anticiclónicos de verano-invierno con circulación atmosférica-oceánica distinta de la actual. Así, los ecosistemas antárticos cretácicos, marinos y continentales, fueron únicos y no tienen análogos modernos.

4.1.4.3 Tierra del Fuego-Península Antártica: conexión entre ecosistemas subpolares y polares actuales y del pasado geológico. En el Cretácico Superior y luego del máximo climático cercano a los 86 Ma, el clima de la Antártida, y muy probablemente Tierra del Fuego, sufre un notable enfriamiento (Figuras 4.1.7 y 4.1.23). Pero luego de la extinción masiva del límite Cretácico-Paleógeno se conocen varias fases de calentamiento y enfriamiento, e inclusive hacia los 55 Ma se origina un notable pico de calentamiento, que constituye el máximo termal del Cenozoico. Finalmente, el clima antártico moderno se inicia con la Glaciación Oi-1, que origina el englazamiento total de la Antártida hacia los 33 Ma (Figura 4.1.7).

Durante el Paleógeno, y particularmente entre los 40-34 Ma, Tierra del Fuego estaba situada más al sur de su actual posición geográfica y adyacente a la península Antártica (Figuras 4.1.3, 4.1.7, y 4.1.21). Consecuentemente, los depósitos marinos someros o continentales de Tierra del Fuego de esa época tienen muchos elementos en común con las sucesiones sedimentarias de la península Antártica. Entre estos elementos, sobresalen invertebrados marinos,

como el quitón fósil *Leptochiton* (Figura 4.1.12, López Cabrera y Olivero, 2011), encontrado en el Paleógeno de la isla Marambio (*Seymour*), que es muy afín a la especie *Leptochiton medinai*, que vive actualmente en aguas del canal Beagle. Otros elementos comunes son crinoideos, equinodermos de aguas profundas actuales conocidos vulgarmente como “lirios de mar”, que para esa fecha habitaban ambientes marinos someros en Antártida y Tierra del Fuego (Malumián y Olivero, 2005). Estas regiones también comparten estrellas de mar semejantes, del grupo de los goniasteridos (López Cabrera y Olivero, 2017).

Otros elementos fósiles comunes en el Paleógeno entre la Antártida y Tierra del Fuego son pingüinos fósiles de aproximadamente 39 Ma. Inclusive, ambas regiones comparten una especie en común, el pingüino fósil *Paleeudyptes gunnari* (Wiman) (Acosta Hospitaleche y Olivero, 2016). Además, otros vertebrados comunes son fósiles de tortugas oceánicas, del grupo de los dermoquélidos, presentes también en Antártida y Tierra del Fuego (Bona et al., 2022).

La flora fósil de aproximadamente 40 y 34 Ma de edad, Paleógeno, de Tierra del Fuego y Antártida, se caracteriza por un dominio creciente de especies de *Nothofagus*, a las cuales se suman otros elementos conocidos en la foresta frío-templada actual del sur de Patagonia y Tierra del Fuego, que ya aparecen tempranamente en la Antártida. En Tierra del Fuego aparecen estos elementos, mezclados con coníferas como las araucarias, en la flora de bahía Sloggett (Olivero et al., 1998; Panti et al., 2007, 2008) y en la Antártida, en la isla Marambio en la flora de la parte superior de la Formación La Meseta (Cantril y Poole, 2012).

Las similitudes bióticas más impactantes se encuentran entre esta última foresta fósil (40-34 Ma) del Paleógeno de la Antártida (Cantrill y Poole, 2012; Vento et al., 2022), y el bosque Andino Patagónico actual, típico del clima frío-templado de Patagonia Sur y Tierra del Fuego. Esta foresta está dominada por especies de *Nothofagus*, acompañado de otras plantas pertenecientes a los grupos de las proteáceas (que incluyen al notro), winteráceas (que incluyen al canelo), y gunneráceas (que incluyen al pangue o nalca y a la frutilla del diablo), y todos estos elementos se han reconocido en la foresta fósil de 40-34 Ma de edad, de la isla Marambio en la Antártida. De manera que realmente, la observación cuidadosa del bosque actual cercano Ushuaia, es una visita al pasado geológico de la Antártida, previo a su englazamiento total.

4.1.5 Consideraciones finales

En adición a la modalidad o tipo de exposición al público en salas ad-hoc del CVA mediante dibujos, dioramas, videos, etc. que se decida realizar, hay

temas de geología que serían realmente singulares por su manera de exponerlos en un Centro de Visitantes.

Al respecto, se sugiere se considere la posibilidad de realizar una muestra natural, i.e. utilizar una parte del predio para acondicionar una porción del bosque natural fueguino, que contenga los elementos centrales de una de las forestas fósiles típicas de Antártida de los 40-34 Ma. Esto es, instalar en su proporción correcta arboles de *Nothofagus*, notro, y canelo, implantando arbustos como la nalca e instalando reconstrucciones 3D de los vertebrados fósiles que habitaron ese bosque antártico (ungulados, perezosos, gondwanaterios, marsupiales, monotremados, forrracus, entre otros) en situaciones estratégicas, respetando los hábitos de vida inferidos en la literatura citada. De a poco, de manera modular, se podría ir incorporando otros sectores en orden cronológico, de manera que el paseo por los senderos constituya realmente un viaje a los sistemas continentales del pasado geológico antártico, yendo desde un sistema representado por i) una selva tropical, seguramente para esto se debería pensar en modelos 3D de plantas y animales, típica de la Antártida de los 90-86 Ma, con sus dinosaurios respectivos; ii) un modelo de la actual Selva Valdiviana, con sus dinosaurios que son los más variados y diversos conocidos en la Antártida (anquilosaurios, hadrosaurios, titanosaurios, saurisquios, etc); y iii) finalmente el modelo inicial, semejante al bosque actual fueguino propuesto inicialmente.

Respecto a los ambientes del Jurásico, que guardan también relación con ambientes de igual edad de Patagonia y de los Andes Fueguinos, se sugiere visualizar estos ambientes mediante una muestra de fósiles de plantas del Monte Flora, teniendo en cuenta la posibilidad de tener en préstamo material del Museo del Fin del Mundo. Para ilustrar los ambientes marinos jurásicos con intercalación rítmica de capas y láminas de fango y cenizas volcánicas, se podría exponer una laja de gran tamaño extraída de sectores aledaños al valle de Tierra Mayor, cuya localización precisa es conocida en la literatura geológica publicada por el autor de este apartado.

Una propuesta un poco más ambiciosa y que requeriría mayor inversión, pero que sería única y distintiva, y podría representar un sello icónico del CVA fueguino, consistiría en diseñar un pasaje submarino con ingreso en la costa, con paredes transparentes, de manera de colocar maquetas 3D de la fauna marina en posición de vida, de manera semejante el diorama de la Figura 18. El pasaje debería permitir el tránsito de visitantes debajo del mar para observar in situ, los organismos fósiles del Cretácico, como amonites, belemnites, tiburones, plesiosaurios, etc. Para evitar la acción erosiva del mar, la muestra se podría cerrar con una doble pared, de manera que la acción del oleaje y mareas no afecte al material en exposición.

4.1.6 Actualidad científica. Indicadores paleoclimáticos en el registro fósil

Los cambios climáticos fueron un factor recurrente en la historia geológica de la Antártida. Especial interés tienen los cambios climáticos acaecidos en la península Antártica durante el Cretácico Superior-Paleógeno, fundamentalmente en la temperatura de áreas continentales y aguas marinas entre los 90-30 Ma de su historia geológica. Si bien la temperatura de la atmósfera y del agua en el registro geológico no se puede medir directamente, p. ej. con un termómetro, existen numerosos indicadores indirectos (o *proxys*) que permiten evaluar los cambios de temperatura ocurridos en el registro geológico. Entre ellos hay diversas estimaciones, unas efectuadas principalmente en madera y hojas fósiles y otras basadas en análisis de proporciones o relaciones entre isótopos estables o moléculas orgánicas, cuyas relaciones en los organismos varían con la temperatura ambiente. También se han utilizado como indicadores paleoclimáticos los procesos inferidos de transporte y deposición de sedimentos y la mineralogía de las arcillas. A continuación, se efectúa un breve resumen de los distintos métodos, especialmente de aquellos utilizados para estimar las paleotemperaturas antárticas.

Es importante resaltar que los distintos métodos brindan información climática complementaria sobre paleotemperaturas de ambientes terrestres y de ambientes marinos. El estudio de madera y hojas fósiles, mineralogía de arcillas, y geoquímica de algunas moléculas orgánicas (glicerol dialquil glicerol tetraeter ramificado o brGDGT, por sus siglas en inglés) que forman la membrana de ciertas bacterias, brinda información de temperaturas en ambientes terrestres. Por el contrario, los estudios de isótopos estables y de algunas moléculas orgánicas de las membranas lipídicas de ciertas bacterias (TEX86), brindan información sobre la temperatura del agua marina.

Evidencias indirectas: geoquímica y mineralogía de las arcillas. Depósitos sedimentarios. En climas muy cálidos y húmedos, la descomposición química y mineralógica de rocas y sedimentos expuestos al ataque químico del aire y agua produce un residuo enriquecido en compuestos de aluminio y arcillas del grupo del caolín. El transporte y deposición de este material a las cuencas sedimentarias lleva entonces una señal climática del área de aporte de los sedimentos. El estudio geoquímico y de mineralogía de arcillas, llevado a cabo por Dingle et al. (1998) en parte de la sucesión paleógena de la isla Marambio, registró una alternancia de clima cálido y húmedo antes de los 40 Ma, que cambia a un clima frío y relativamente seco hacia los 34 Ma.

A su vez, el englazamiento total de la Antártida está basado sobre la presencia generalizada de bloques glaciares en sedimentos del subsuelo marino adyacente a la Antártida y de edad equivalente a la de la glaciación Oi-1

(aproximadamente 33 Ma). Esta glaciación coincide además con un marcado enfriamiento de las aguas, según datos derivados de isótopos estables de conchillas de organismos marinos (e.g., Francis et al., 2009). Los bloques glaciarios alrededor de la Antártida se interpretan como depositados por témpanos desprendidos de glaciares antárticos.

Evidencias indirectas obtenidas en vegetales fósiles. Los indicadores climáticos paleobotánicos más utilizados están basados en el estudio de: *i)* anillos de crecimiento y rasgos anatómicos de madera fósil; *ii)* la identificación del material fósil con formas actuales más afines y restringidas a determinados climas; y *iii)* el análisis de la morfología de las hojas, particularmente en plantas leñosas de angiospermas dicotiledóneas.

En el caso de madera fósil, uno de los métodos está basado en el estudio de la presencia y ancho de anillos de crecimiento. Estas estructuras reflejan pausas en el crecimiento leñoso ocasionadas por períodos estacionales de mayor o menor cantidad de luz, controlados por la latitud, u otros factores de estrés que regulan el crecimiento o falta de crecimiento periódico de la planta, p. ej. alternancia de estaciones muy húmedas o secas. Si bien no es una regla invariable, las plantas de altas latitudes que implican una marcada variación de luz disponible para fotosíntesis según la estación del año, tienen anillos bien desarrollados y con límites definidos. Por el contrario, las plantas que viven en ambientes que permiten un crecimiento continuo, durante todo el año en bajas latitudes, carecen o no tienen anillos de crecimiento con límites bien definidos (Figuras 4.1.24 y 4.1.25).



Figura 4.1.24. Anillos de crecimiento en *Larix* (conífera de hojas deciduas) del Hemisferio Norte, nótese los anillos bien marcados y de límites definidos, típicos de la estacionalidad anual bien marcada de climas fríos.

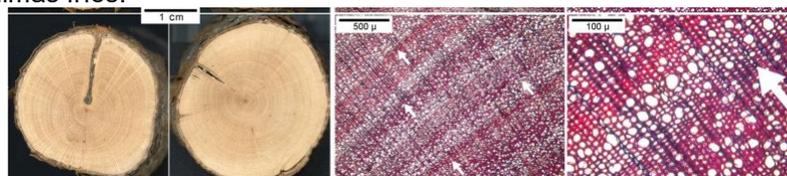


Figura 4.1.25. Anillos de crecimiento de plantas de tropicales. Anillos de crecimiento poco definidos, originados por pausas en el crecimiento debido a alternancia de períodos secos y húmedos. Vistas macroscópicas (izquierda) y microscópicas (derecha). Las flechas indican los límites de los anillos de crecimiento. Tomado de Quesada Román et al. (2022).

Otras inferencias paleoclimáticas resultan del estudio de la anatomía de la madera, particularmente de madera de angiospermas dicotiledóneas. La anatomía de los vasos conductores de xilema varía entre las plantas tropicales y las plantas de climas templados y se ha demostrado que el tamaño, la densidad, y el número de perforaciones de los vasos conductores, entre otros factores, varían con parámetros climáticos como temperatura y precipitaciones. De tal manera, se han podido construir diagramas que ilustran la correspondencia entre la anatomía de los vasos y el tipo de régimen de temperaturas y precipitaciones. Trasladado a la madera fósil, su estudio anatómico permite obtener evidencias paleoclimáticas, como la Temperatura Media Anual o MAT, por su sigla en inglés (Baas y Wheeler, 2011, Figura 4.1.26).

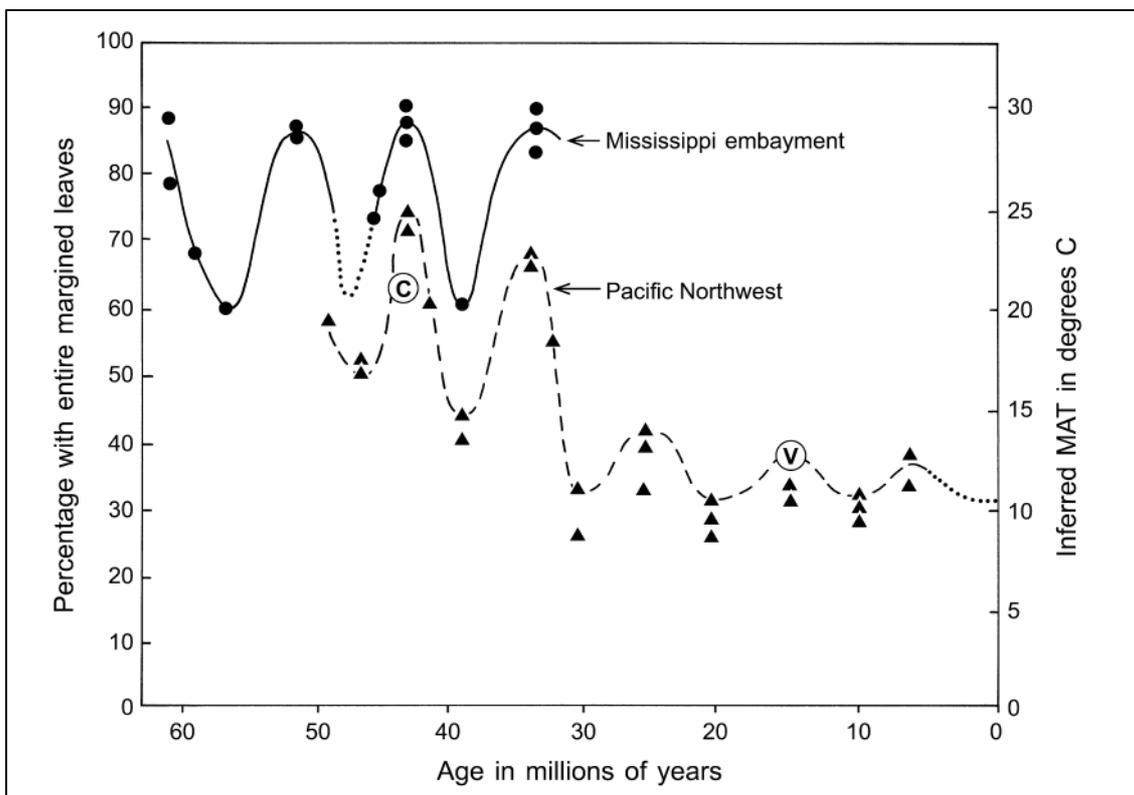


Figura 4.1.26. Temperatura Media Anual (MAT, °C) estimada por la anatomía de vasos conductores en madera fósil (Cretácico-Cenozoica) y en la morfología de hojas. Tomado de Baas y Wheeler (2011).

Un método paleobotánico muy utilizado para inferir cambios climáticos del pasado geológico está dado por el estudio de la morfología del borde de las hojas de vegetales fósiles. Una regla observacional conocida desde antiguo en botánica ha permitido establecer una estrecha relación entre el tipo de margen de las hojas, según que éste sea dentado o liso (Figura 4.1.27), y el régimen climático, tanto de temperaturas como precipitaciones. Esta relación fue aplicada exitosamente al registro fósil por Wolfe (1979; Figura 4.1.28) y en la actualidad existen numerosas variantes perfeccionadas del gráfico original, pero que

fundamentalmente están basadas sobre el mismo principio observacional (e.g., Peppe et al, 2011).



Figura 4.1.27. Hojas actuales (izquierda) y fósiles (derecha) con márgenes enteros y dentados. Tomado de Paleontological Research Institution, Digital Atlas of Ancient Life. <https://www.digitalatlasofancientlife.org/>

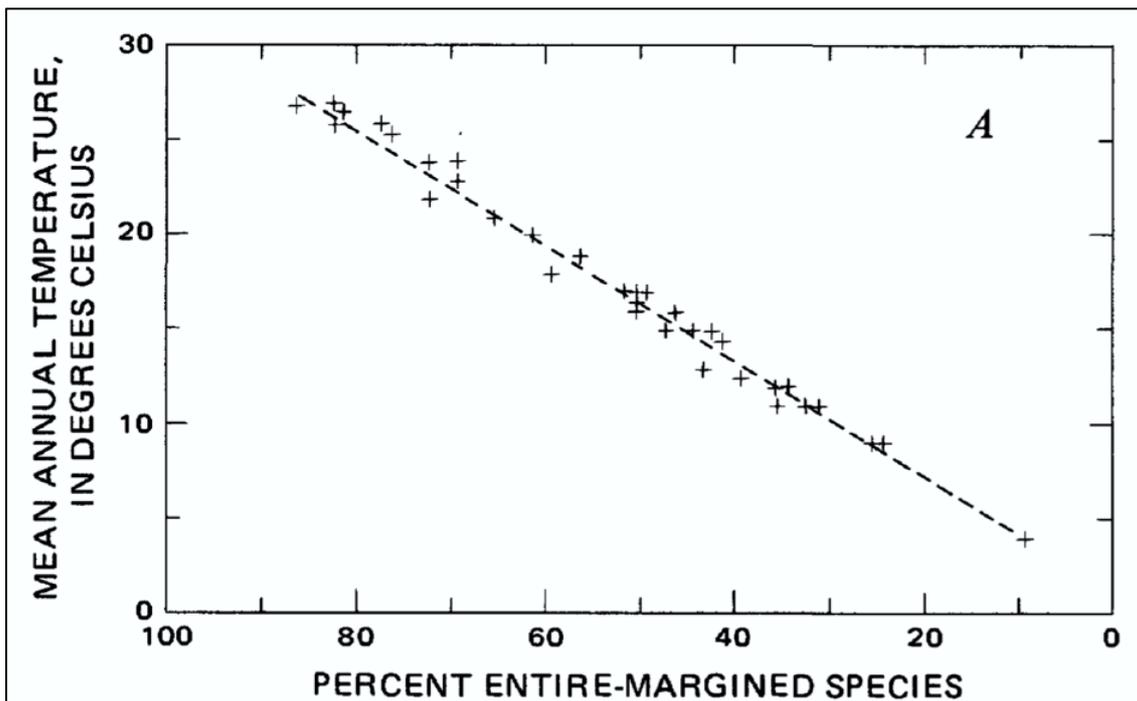


Figura 4.1.28. Relación entre el porcentaje de hojas de margen entero y la Temperatura Media Anual (MAT) en °C, mostrando un mayor porcentaje de hojas lisas en climas cálidos. Tomado de Paleontological Research Institution, Digital Atlas of Ancient Life. <https://www.digitalatlasofancientlife.org/>, según Wolfe (1979), USGS Professional Paper 1106: pg. 35, fig. 8a.

Los estudios paleoclimáticos basados en material de madera y hojas fósiles en el Archipiélago James Ross han brindado resultados coherentes, provenientes de distintos métodos utilizados en coníferas --anillos de crecimiento-- y en angiospermas dicotiledóneas leñosas --anatomía de madera

y morfología de hojas (Gandolfo et al., 1998; Francis y Poole, 2002; Hayes, 2006; Francis et al., 2008, 2009; Cantril y Poole, 2012). Estos estudios infieren climas muy cálidos y lluviosos, con rangos de MATs (Temperaturas Medias Anuales) de 17°C a 21°C con regímenes de precipitaciones medias entre aproximadamente 600-2100 mm a los 90 Ma y entre 700-2.000 m hasta los 80 Ma, con precipitaciones tan altas como de 2.600 mm en la estación de mayor crecimiento de plantas. La flora cálida de la Antártida entre los 90-80 Ma tiene un porcentaje creciente de angiospermas, y una mezcla con plantas sin semillas como los helechos y coníferas (Cantril y Poole, 2012; Barreda et al., 2019). Los valores estimados de temperaturas y precipitaciones son comparables con aquellos de climas tropicales y subtropicales húmedos, pero de manera asombrosa este bosque tropical se encontraba a la latitud de 65°S.

Durante el resto del Cretácico (80-66 Ma), hay un marcado enfriamiento del clima, con valores de temperaturas de aguas tan bajos como 6-7°C, acompañado de una notable radiación de formas de Nothofagidites (polen de Nothofagus). La floresta muestra una recuperación de helechos, aunque nunca volvieron a ser tan importantes como en el período anterior, con dominio de angiospermas, especialmente Nothofagus, y mezcla de coníferas. La asociación ha sido comparada con la selva húmeda Valdiviana de la región andina del sur de América del Sur (Cantril y Poole, 2012; Iglesias, 2016; Barreda et al., 2019).

Luego de la crisis biótica del límite Cretácico-Paleógeno (K-Pg, 66 Ma), las plantas fósiles del Paleógeno temprano (hacia los 60-56 Ma) sugieren desarrollo de ambientes selváticos templado-fríos, también semejantes a la actual Selva Valdiviana, dominadas por mezcla de especies de Nothofagus (y otras angiospermas) y coníferas, con helechos y equisetales. La flora en general tiene dominio de plantas con hojas de márgenes dentados, en una proporción de márgenes enteros: márgenes dentados de 13:23, que sugiere Temperaturas Medias Anuales (MAT) de 13,5°C, y Precipitación Media Anual (MAP) de 2.100 mm, con temperaturas medias durante el mes más cálido de c. 25°C y de c. 3°C en el mes más frío (Francis et al., 2008; Cantril y Poole, 2012; Tosolini et al., 2021).

Hacia el Paleógeno superior, entre los 40-34 Ma, se inicia un marcado enfriamiento del clima, acompañado del aumento de una foresta dominada por Nothofagus y, consecuentemente se pasa desde una foresta semejante a la Selva Valdiviana a la típica foresta Andino Patagónica. El análisis de rasgos anatómicos de madera y morfología de hojas permite inferir climas estacionales, variaciones de precipitación anual entre 1.000 y 3.000 mm, temperaturas medias anuales entre 11-13°C, con temperaturas por debajo de cero en los meses más fríos, entre -3°C y 2°C (Gandolfo et al., 1998).

Estudios de isótopos estables y moléculas orgánicas de membranas lipídicas de bacterias. El análisis de la relación de isótopos livianos y pesados

del oxígeno, ^{16}O y ^{18}O , en el carbonato de conchillas de organismos marinos permite, bajo ciertas premisas, obtener una aproximación de la temperatura del agua a la cual el organismo en cuestión precipitó el carbonato. Básicamente, la temperatura del agua regula el fraccionamiento isotópico, de manera que a mayores temperaturas se evapora mayor cantidad del isótopo más pesado (^{18}O), y viceversa. De esta manera la relación $^{16}\text{O} / ^{18}\text{O}$ depende de la temperatura del agua.

Las estimaciones de las temperaturas del agua mediante la medición de la relación isotópica de $^{16}\text{O} / ^{18}\text{O}$ en organismos marinos como los foraminíferos y moluscos como los bivalvos, amonites y belemnites han sido ampliamente aplicadas en las secuencias marinas del Cretácico-Paleógeno del Archipiélago James Ross. En general indican una tendencia de temperaturas coincidente con aquellas deducidas del análisis paleobotánico en maderas y hojas, con una temperatura elevada de aguas en la primera parte del Cretácico Superior (86-80 Ma, Ditchfield et al., 199*, Elorza et al., 2001), un posterior enfriamiento (80-66 Ma) hacia la parte final del Cretácico, con temperaturas de agua tan frías como 6-7°C hacia los 66 Ma (Tobin et al., 2012; Petersen et al., 2016), varias oscilaciones térmicas entre los 66-45 Ma, y una tendencia de enfriamiento progresivo desde los 40 Ma (Francis et al., 2008; Kemp et al., 2014).

Más recientemente se han aplicado análisis de moléculas orgánicas (lípidos), que forman parte de la membrana citoplasmática de bacterias tanto de ambiente continental como marino. Entre ellas, El TEX86 está basado sobre el análisis de la composición de membranas lipídicas del picoplancton marino. Wuchter *et al.* (2004) hallaron que el número de anillos ciclopentanos en las membranas lipídicas de algunas bacterias cambian linealmente con la temperatura, y por lo tanto son útiles como paleotermómetros. Este método puede ser utilizado en sedimentos marinos que no han estado sometidos a temperaturas superiores a 300°C, que es la temperatura límite de preservación del lípido.

De manera similar, hay ciertas bacterias de ambientes continentales, cuyas membranas celulares tienen moléculas orgánicas lipídicas (glicerol dialquil glicerol tetraeter ramificado o brGDGT, por sus siglas en inglés) que brindan paleotemperaturas en ambientes terrestres. Se utilizan los índices denominados MBT- CBT, que implican la relación entre reacciones químicas de metilación (adición de grupos metilo) y de ciclación (formación de anillos en cadenas lineales) de tetraeteres (lípidosramificados (*Methylation of Branched Tetraether*, MBT; *Cyclisation Branched Tetraether*, CBT por sus siglas en inglés) que permiten cuantificar la temperatura media anual del aire (Peterse et al., 2012). Este método también ha sido utilizado en el Cretácico-Paleógeno de la isla Marambio (*Seymour*) brindando resultados semejantes a los inferidos en vegetales (Kemps et al., 2014).

Referencias bibliográficas y fuentes

- Acosta Hospitaleche, C. and Olivero, E.B. (2016). Re-evaluation of the fossil penguin *Palaeodyptes gunnari* from the Eocene Leticia Formation, Argentina: additional material, systematics and palaeobiology. *Alcheringa*, ISSN 0311-5518, doi 10.1080-03115518.2016.1144994
- Acosta Hospitaleche C, Jadwiszczak P, Clarke JA, Cenizo, M. (2019). The fossil record of birds from the James Ross Basin, West Antarctica. *Advances in Polar Sciences* 30: 251-273. <https://doi.org/10.13679/j.advps.2019.0014>.
- Amenabar, C. R., Montes, M., Nozal, F., Santillana, S. (2019). Dinoflagellate cysts of the La Meseta Formation (middle to late Eocene), Antarctic Peninsula: implications for biostratigraphy, paleoceanography and palaeoenvironment. *Geological Magazine*, 157 (3), 351–366.
- Andersson, C. (1906). On the geology of Graham Land. *Bulletin of the Geological institute of the University of Uppsala*, 7, 19-71.
- Anderson, J.B., Wellner, J., Wise, S., Bohaty, S., Manley, P., Smith, T., Weaver, F., Kulhanek, D. (2007). Seismic and chronostratigraphic results from SHALDRIL II, northwestern Weddell Sea. U.S. Geological Survey, Short Research Paper, 094. doi:10.3133/of2007-1047.srp094.
- Askin R.A. (1989). Endemism and heterochroneity in the Late Cretaceous (Campanian) to Paleocene palynofloras of Seymour Island, Antarctica: implications for origins, dispersal and paleoclimates of southern floras. En: J.A. Crame (ed.) *Origins and Evolution of the Antarctic Biota. Geological Society, Special Publication 47*: 107–119.
- Baas, P., Wheeler, E. (2011). Wood anatomy and climate change. En: *Climate Change, Ecology and Systematics*. Trevor, R., Hodkinson, M.B., Jones, M.B., Waldren, S. y Parnell, J.A.N. Cambridge University Press, p. 141-155.
- Barreda, V.D. Palazzesi, L., Telleria, M.C., Olivero, E.B., Raine, J.I., and Forest, F. (2015). Early evolution of the angiosperm clade Asteracea in the Cretaceous of Antarctica. *PNAS. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 (35): 10989-10994. ISSN 0027-8424.
- Barreda, V.D., Palazzesi, L., Olivero, E.B. (2019). When flowering plants ruled Antarctica: evidence from Cretaceous pollen grains. *New Phytologist* 2019. doi: 10.1111/nph.15823.
- Barker, P.F. (2001). Scotia Sea regional tectonic evolution: implications for mantle flow and paleocirculation. *Earth Sci. Rev.* 55 (1–2), 1–39.
- Bibby, J.S. (1966). The stratigraphy of part of north-east Graham Land and the James Ross island *Group*. Scientific Report of the British Antarctic Survey, No. 53.

- Barbeau Jr., D. L., Olivero, E.B., Swanson, N.L., Zahida, K.M.; Murray, K.E, Gehrels, G.E. (2009). Detrital-zircon geochronology of the eastern Magallanes foreland basin: Implications for Eocene kinematics of the northern Scotia Arc and Drake Passage. *Earth and Planetary Science Letters*, 284: 489-503.
- Bona, P., Sterli, J., Fuente, M., Olivero, E., Fernandez, M., Reguero, M. (2022). The first record of dermochelyid turtles in the Eocene of Tierra del Fuego, Argentina, provides new information to interpret the evolution of the Weddellian faunas in Western Antarctica. 10th Open Science Conference, Online/Hyderabad, India, 2022, SCAR 2022: Antarctica in a Changing World.
- Bowman, V.C., Francis, J.E., and Riding, J.B. (2013). Late Cretaceous winter sea ice in Antarctica? *Geology*, v. 41, p. 1227–1230, <https://doi.org/10.1130/G34891.1>.
- Bowman V.C., Francis J.B., Askin R., Riding J., Swindles G. (2014). Latest Cretaceous earliest Paleogene vegetation and climate change at the high southern latitudes: palynological evidence from Seymour Island, Antarctic Peninsula. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 408: 26–47.
- Camacho, H.H. (1957). Observaciones geológicas y paleontológicas en Bahía Esperanza, Puerto Paraíso e Islas Shetland del Sur y Melchior. 2. *Publicaciones del Instituto Antártico Argentino* 4, 25–3
- Cantrill D. (2018). Cretaceous to Paleogene vegetation transition in Antarctica. *In: M. Krings, C.J. Harper, N.R. Cúneo, G.W. Rothwell (eds) Transformative Paleobotany. Papers to commemorate the life and legacy of Thomas N. Taylor.* Academic Press, 645–659.
- Case, J.A, Tambussi, C.P. (1999). Maestrichtian record of neornithine birds in Antarctica: comment on a Late Cretaceous radiation of modern birds. *Journal of Vertebrate Paleontology* 19: 37R.
- Césari S.N., Marensi S.A., Santillana S.N. (2001). Conifers from the Upper Cretaceous of Cape Lamb, Vega Island, Antarctica. *Cretaceous Research*, 22, 309–319.
- Clarke, J., Olivero, E.B. and Puerta, P. (2003). Report of the earliest fossil penguin from South America and first fossil vertebrate from the Paleogene of Tierra del Fuego, Argentina. *American Museum Novitates*, 3423, 1-19.
- Clarke, J. A; Chatterjee, S.; Li, Z.; Riede, T.; Agnolin, F.; Goller, F.; Isasi, M.P.; Martinioni, D.R.; Mussel, F. J.; Novas, F.E. (2016). Fossil evidence of the avian vocal organ from the Mesozoic. *Nature* 538, 502-505.
- Crame, J.A., Pirrie, D., Riding, J.B., and Thomson, M.R.A. (1991). Campanian–Maastrichtian (Cretaceous) stratigraphy of the James Ross Island area, Antarctica: *Journal of the Geological Society*, v. 148, p. 1125–1140, <https://doi.org/10.1144/gsjgs.148.6.1125>.

- Crame, J.A., Luther, A. (1997). The last inoceramid bivalves in Antarctica. *Cretaceous Research* 18, 179-195.
- Crame, J.A., Francis, J.E., Cantrill, D.J., and Pirrie, D. (2004). Maastrichtian stratigraphy of Antarctica: *Cretaceous Research*, v. 25, p. 411–423, <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2004.02.002>.
- Crame, A., Francis, J. (2023). Cretaceous stratigraphy of Antarctica and its global significance. Geological Society, London, Special Publications, Volume 545 <https://doi.org/10.1144/SP545-2023-153>
- Cunningham WD, Dalziel IWD, Lee T-Y, Lawver LA. (1995). Southernmost South America-Antarctic Peninsula relative plate motions since 84 Ma: implications for the tectonic evolution of the Scotia Arc region. *J. Geophys. Res.* 100, B8257–66.
- Dalziel, I.W.D., de Wit, M.J., Palmer, K.F. (1974). Fossil marginal basin in the Southern Andes. *Nature* 250, 291–94.
- Dalziel, I.W.D., Dott, R.H. Jr, Winn, R.D. Jr, Bruhn, R.L. (1975). Tectonic relations of South Georgia Island to the southernmost Andes. *Geol. Soc. Am. Bull.* 86,1034–40.
- Dalziel, I. W. D. (2013). Antarctica and supercontinental evolution: clues and puzzles. *Earth Environ. Sci. Trans.R. Soc. Edinb.* 104, 1–14
- Dalziel, I.W.D., Lawrence, A., Lawver, L., Norton, I.O., Gahagan, L. (2013). The Scotia Arc: Genesis, Evolution, Global Significance. *Annual Review Earth Planetary Science* 2013. 41, 29.1–29.27.
- Dettmann M.E. (1989). Antarctica: Cretaceous cradle of austral temperate rainforests? *In: J.A. Crame (ed) Origins and evolution of the Antarctic biota. Geological Society Special Publications* 47, 89–105.
- Dingle, R., Marensi, S. A., & Lavelle, M. (1998). High latitude Eocene climatic deterioration: Evidence from the Northern Antarctic Peninsula. *Journal of South America Earth Sciences*, 11(6), 571–579.
- Douglas, P.M.J., Affek, H.P., Ivany, L.C., Houben, A.J.P., Sijp, W.P., Sluijs, A., Schouten, S., Pagani, M. (2012). Pronounced zonal heterogeneity in Eocene southern high-latitude sea surface temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (18), 6582–6587.
- Ditchfield, P.W., Marshall, J.D., Pirrie, D. (1994). High latitude palaeotemperature variation: new data from the Tithonian to Eocene of James Ross Island, Antarctica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 107, 79-101.
- Elliot, D.H., Askin, R.A., Kyte, F.T., and Zinsmeister, W.J. (1994). Iridium and dinocysts at the Cretaceous–Tertiary boundary on Seymour Island, Antarctica: Implications for the K-T event: *Geology*, v. 22, p. 675–678, [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1994\)022<0675:IADATC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1994)022<0675:IADATC>2.3.CO;2).

- Elorza, J., J.J. Alday, y E. B. Olivero. (2001). Environmental stress and diagenetic modifications in inoceramids and belemnites from the Upper Cretaceous James Ross Basin, Antarctica. *Facies*, 44, 227-242.
- Feldman, R.M., Woodburne, M.O. (1988). (Editores). *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. Geological Society of America, Memoir 169, pp. 1-566.
- Francis, J.E., Poole, I. (2002). Cretaceous and early Tertiary climates of Antarctica: evidence from fossil Wood. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 182 (2002), 47-64.
- Francis, J.E., Pirrie, D., Crame, J.A. (2006). (Eds.), *Cretaceous-Tertiary High-Latitude Palaeoenvironments, James Ross Basin, Antarctica*. Geological Society, London, Special Publication 258, pp. 1-206.
- Francis JE, Cantrill DJ, Crame JA, Howe J, Stephens R, Tosolini AM, Thorn V. (2008). 100 million years of Antarctic climate evolution: evidence from fossil plants. En: Couper AK, Barrett PJ, Stagg H, Storey B, Stump E, Wise W (Eds.), *Antarctica: a keystone in a changing world, Proceedings of the 10th International Symposium on Antarctic Earth Science*. The National Academies Press.
- Francis, J. E., S. Marensi, R. Levy, M. Hambrey, V. T. Thorn, B. Mohr, H. Brinkhuis, J. Warnaar, J. Zachos, S. Bohaty, and R. De Conto. (2009). From Greenhouse to Icehouse—The Eocene/Oligocene in Antarctic. En F. Florindo and M. J. Siebert (Eds.) *Antarctic Climate Evolution*. Elsevier
- Friedrich, O., Norris, R. D., and Erbacher, J. (2012). Evolution of middle to Late Cretaceous oceans—A 55 m.y. record of Earth's temperature and carbon cycle, *Geology*, 40, 107–110, <https://doi.org/10.1130/g32701.1>, 2012.
- Gandolfo, M.A.; Hoc, P.; Marensi, S.A., Santillana, S.N. (1998). Una flor fósil morfológicamente afín a las Grossulariaceae (orden Rosales) de la Formación La Meseta (Eoceno medio) isla Marambio, Antártida. Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial 5 *Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica*, 147-153.
- Gandolfo, M. A., Marensi, S. A., & Santillana, S. N. (1998b). Flora y Paleoclima de la Formación La Meseta (Eoceno medio), Isla Marambio (Seymour), Antártida. En: S. Casadío (Ed.). *Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica*, Asociación Paleontológica Argentina, pp. 155–162, Publicación Especial.
- Gasparini, Z.; Olivero, E. B.; Rinaldi, C. A. y Scasso, R. A. (1987). Un ankylosaurio (Reptilia, Ornithischia) campabriano en el continente antártico. *Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Volumen 1, 131-141. Rio de Janeiro. Brasil
- Goin, F.J., Reguero M.A., Pascual R., Von Koenigswald W., Woodburne M.O.,

- Case J.A, Marensi, S.A. Vieytes E.C., Vizcaíno, S.F. (2006). First gondwanatherian mammal from Antarctica. En Francis J.E., D. Pirrie and J.A. Crame (Eds.). *Cretaceous-Tertiary high-latitude paleoenvironments, James Ross Basin, Antarctica*, Special Publication of Geological Society of London, pp. 145-161.
- Halle, T.G. (1913). "The Mesozoic flora of Graham Land", en *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar Expedition 1901-1903*, Vol. 3, 1913, pp. 1–123.
- Hathway, B. (2000). Continental rift to back-arc basin: Jurassic–Cretaceous stratigraphical and structural evolution of the Larsen Basin, Antarctic Peninsula: *Journal of the Geological Society*, v. 157, p. 417–432, <https://doi.org/10.1144/jgs.157.2.417>.
- Huber, B. T., Norris, R. D., and MacLeod, K. G. (2002). Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous, i, 30, 123–126, 2002.
- Huber, B. T., MacLeod, K. G., Watkins, D. K., and Coffin, M. F. (2018). The rise and fall of the Cretaceous Hot Greenhouse climate, *Global Planet. Change*, 167, 1–23, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.04.004>, 2018.
- Hutchinson, G.E. (1957). A treatise on limnology. Vo. 1, Wiley, New York.
- Kennedy, W.J., Crame, J.A., Bengtson, P., Thomson, M.R.A. (2007). Coniacian ammonites from the James Ross Island, Antarctica. *Cretaceous Research* 28, 509-531.
- Kietzmann, D.A. y Scasso, R.A. (2019). Jurassic to Cretaceous (upper Kimmeridgian–? lower Berriasian) calcispheres from high palaeolatitudes on the Antarctic Peninsula: local stratigraphic significance and correlations across Southern Gondwana margin and the Tethyan realm. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109419>
- Kilian, W., Reboul, P. (1909). Les Céphalopodes Neocrétacées des Îles Seymour et Snow Hill. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903*, 3, Stockholm, pp. 1-75.
- Lawver, L.A., Dalziel, I.W.D., Norton, I.O., Gahagan, L.M. and Davis, J.K. (2015). The PLATES 2014 Atlas of Plate Reconstructions (550 Ma to Present Day). Progress Report No. 374-0215. University of Texas, Institute for Geophysics.
- Livermore, R., Nankivell, A. Eagles, G., Morris, P. (2005). Paleogene opening of Drake Passage. *Earth Planet. Sci. Lett.* 236 (1–2), 459–470.
- López Cabrera., M.I and Olivero, E.B. (2011). An Eocene articulated polyplacophora (Mollusca) from the La Meseta Formation, Antarctica and the stratigraphy of the fossil-bearing strata. *Journal of Paleontology*, 85 (5): 970-976.

- López Cabrera, M.I., Olivero, E.B. (2017). Un nuevo Gonasteridae fósil (Echinodermata, Asteroidea) del Eoceno de la localidad Bill Hill, Formación La Meseta, isla Seymour, Antártida. 9° Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica. Punta Arenas, Chile.
- McArthur, J.M., Crame, J.A., Thirlwall, M.F. (2000). Definition of Late Cretaceous Stage boundaries in Antarctica using strontium isotope stratigraphy. *Journal of Geology* 108, 623–640.
- Macellari, C.E. (1986). Late Campanian-Maastrichtian ammonite fauna from Seymour Island (Antarctic Peninsula). *Paleontological Society, Memoir* 18, 1-55.
- Macellari, C.E. (1988). Stratigraphy, sedimentology and paleoecology of Upper Cretaceous/Paleocene shelf-deltaic sediments of Seymour Island (Antarctic Peninsula). En: Feldman, R.M., Woodburne, M.O. (Eds.), *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. Geological Society of America, *Memoir* 169, pp. 25-53.
- Macphail, M., Carpenter, R., Hill, R. (2022). Formal recognition of extinct Antarctic polar forests as a distinct biome. *Antarctic Science* 34(4), 343–347
- Malumián, N. y Olivero, E.B. (2005). Shallow-water late middle Eocene crinoids from Tierra del Fuego: New southern record of a retrograde community structure. In: *The Magellan-Antarctic connection: Links and frontiers at high southern latitudes*, Arntz, W.E.; Lovrich, G.A. y Thatje, S. (eds). *Scientia Marina*, 69 (Suppl. 2), 349-353.
- Marensi, S.A., Lirio, J.M., Santillana, S.N. (1992). The Upper Cretaceous of southern James Ross Island, Antarctica. In: Rinaldi, C.A. (Ed.), *Geología de la Isla James Ross, Antártida*. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 89-99.
- Marensi, S.A., Santillana, S., Rinaldi, C.A., (1998). Stratigraphy of the La Meseta Formation (Eocene) Marambio (Seymour) Island, Antarctica. In: S.Casadío (Editor), *Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica*. Asociación Paleontológica Argentina, *Publicación Especial*, 5. Asociación Paleontológica Argentina, Buenos Aires, pp. 137-146.
- Marensi, S.A., Salani, F.M., Santillana, S.N. (2001). Geología del cabo Lamb, Isla Vega, Península Antártica. Instituto Antártico Argentino. *Contribución* 530, 1-43.
- Marensi, S. A. (2006). Eustatically controlled sedimentation recorded by Eocene strata of the James Ross Basin, Antarctica: Francis, J. E., Pirrie, D. and Crame, J. A. (eds) *Cretaceous–Tertiary High-Latitude Palaeoenvironments, James Ross Basin, Antarctica*. Geological Society, London, *Special Publication*, 258, 125–133

- Martínez, S., Scasso, R.A., Elgorriaga, A., Capelli, I., del Valle, R., Puerta, P., Lirio, J. M. y Rodríguez Amenábar, C. (2020). The (truly) first fossil freshwater molluscs from Antarctica. *PalZ* 94, 513–518. <https://doi.org/10.1007/s12542-019-00498-3>
- Martinioni, D.R. (1992). La Formación Rabot (Cretácico superior, Isla James Ross, Antártida): Un ciclo transgresivo-regresivo de plataforma con dominio de procesos de tormenta. In: Rinaldi, C.A. (Ed.), *Geología de la Isla James Ross, Antártida*. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 101-123.
- Medina, F. A.; Scasso, R. A.; del Valle, R. A.; Olivero, E. B.; E. C. Malagnino, E. C. y C. A. Rinaldi, C. A. (1989). Cuenca mesozoica del margen nororiental de la península Antártica. Simposio de Cuencas Sedimentarias Argentinas. En: *Cuencas Sedimentarias Argentinas*, G. Chebli y Luis Spalleti (eds). Serie Correlación Geológica No 6, Instituto Superior de Correlación Geológica. Universidad Nacional de Tucumán: 443-465.
- Milanese, F., Olivero, E.B., Kirschvink, J., Rapalini, A. (2017). Magnetostratigraphy of the Rabot Formation, Upper Cretaceous, James Ross Basin, Antarctic Peninsula. *Cretaceous Research*, 72: 172-187.
- Milanese, F., Rapalini, A., Slotznick, S.P., Tobin, T.S., Kirschvink, J., Olivero, E.B. (2019). Late Cretaceous paleogeography of the Antarctic Peninsula: New paleomagnetic pole from the James Ross Basin. *Journal of South American Earth Sciences* 91: 131-143.
- Milanese, F., Olivero, E.B., Raffi, M.E., Franceschinis, P.R., Gallo, L.C., Skinner, S.M., Mitchell, R.N., Kirschvink, J., Rapalini, A. (2019). Mid Campanian-Lower Maastrichtian magnetostratigraphy of the James Ross Basin, Antarctica: Chronostratigraphical implications. *Basin Research*, 2019: 1-22. DOI: 10.1111/bre.12334.
- Milanese, F., Rapalini, A., Slotznick, S.P., Tobin, T.S., Kirschvink, J., Olivero, E.B. (2019a). Late Cretaceous paleogeography of the Antarctic Peninsula: New paleomagnetic pole from the James Ross Basin. *Journal of South American Earth Sciences* 91: 131-143.
- Milanese, F., Olivero, E.B., Slotznick, S., Tobin, T., Raffi, M.E., Skinner, S.M., Kirschvink, J., Rapalini, A. (2020). Coniacian-Campanian magnetostratigraphy of the Marambio Group: The Santonian-Campanian boundary in the Antarctic Peninsula and the complete Upper Cretaceous – Lowermost Paleogene chronostratigraphical framework for the James Ross Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 555: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109871>
- Montes, M., Beamud, E., Nozal, F., and Santillana, S. (2019). Late Maastrichtian–Paleocene chronostratigraphy from Seymour Island, James Ross Basin, Antarctic Peninsula: Eustatic controls on sedimentation: *Advances in Polar*

- Science, v. 30, p. 303–327.
- Montes, M.; Nozal, F.; Olivero, E.; Gallastegui, G.; Santillana, S.; Maestro, A.; López-Martínez, J.; González, L. y Martín-Serrano, A. (2019): *Geología y Geomorfología de isla Marambio (Seymour)*. (Montes, M.; Nozal F. y Santillana, S., Eds.). *Serie Cartográfica Geocientífica Antártica*; 1:20.000, 1ª edición. Acompañado de mapas. Madrid-Instituto Geológico y Minero de España; Buenos Aires-Instituto Antártico Argentino, 300 p.
- Nordenskjöld, O. (1908). Editor. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901–1903, Geologie und Paläontologie*, O. Norstedt & Söner, Stockholm, 1908.
- O’Gorman, J. P., Olivero, E. B. and Cabrera, D. A. (2012). Gastroliths associated with a juvenile elasmosaur (Plesiosauria, Elasmosauridae) from the Snow Hill Island Formation (upper Campanian–lower Maastrichtian), Vega Island, Antarctica. *Alcheringa*: 1-12.
- O’Gorman, J.P., Olivero, E.B., Santillana, S., Everhart, M.J., Reguero, M. (2014). Gastroliths associated with an Aristonectes specimen (Plesiosauria, Seymour Island (Marambio), Antarctic Peninsula. *Cretaceous Research* 50:228-237.
- O’Gorman, J.P., Salgado, L., Olivero, E.B., Marensi, S. (2015). *Vegasaurus molyi*, gen. et sp. nov. (Plesiosauria, Elasmosauridae), from the Cape Lamb Member (lower Maastrichtian) of the Snow Hill Island Formation, Vega Island, Antarctica, and remarks on Wedellian Elasmosauridae. *Journal of Vertebrate Paleontology*. <http://dx.doi.org/10.1080/02724634.2014.931285>.
- O’Gorman, J. P., Gouiric-Cavalli, S., Scasso, R. A., Reguero, M., Moly, J. J., & Acosta-Burlaille, L. A. (2018). Late Jurassic plesiosaur in Antarctica: Evidence of the dispersion of marine fauna through the Trans-Erythraean Seaway?. *Comptes Rendus Palevol*, 17(3), 158-165. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2017.10.005>
- O’Gorman JP, Otero R, Reguero M, Gasparini Z. (2019). Cretaceous Antarctic plesiosaurs: stratigraphy, systematics and paleobiogeography. *Advances in Polar Sciences* 30, 210-227.
- O’Gorman, J.P. Acosta Hospitaleche, C., Reguero M. A.; Gasparini, Z. (2022). Antecedentes históricos de la paleoherpetología argentina en Antártida. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina* 22(1), 399–410. Link a este artículo: <http://dx.doi.org/10.5710/PEAPA.16.04.2021.350>.
- Olivero, E. B.; Malagnino, E. C.; Rinaldi, C. A. y J.P. Spikermann, J. P. (1980). Cefalópodos Jurásicos y Neocomianos hallados en sedimentitas del Cretácico superior de la Isla James Ross, Antártida. *Actas. II Congreso de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología*. Buenos Aires. 1978. T. V (1980), 89-102.

- Olivero, E.B. (1984). Nuevos amonites campanianos de la isla James Ross, Antártida Ameghiniana, *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina*, 21 (1), 53-84. Buenos Aires.
- Olivero, E. B; Scasso, R. A. y C.A. Rinaldi, C. A. (1986). Revisión del Grupo Marambio en la isla James Ross, Antártida/ Revision of the Marambio Group, James Ross Island, Antarctica. Instituto Antártico Argentino, Contribución 331, 1-29. Buenos Aires.
- Olivero, E. B. (1988). Early Campanian heteromorph ammonites from James Ross Island Antarctica. *National Geographic Research* 4 (2), 259-271. Washington.
- Olivero, E.B., W.J. Zinsmeister, W. J. (1989). Large heteromorph ammonites from the Upper Cretaceous of Seymour Island Antarctica. *Journal of Paleontology*, 63 (5), 626-636.
- Olivero, E. B.; Gasparini, Z.; Rinaldi, C. A. & Scasso, R. A. (1991). First record of dinosaurs from Antarctica (Upper Cretaceous, James Ross Island): Palaeogeographical implications. En: *Geological Evolution of Antarctica*. Pp. 617-622. M. R. A. Thomson, J. A. Crame y J. W. Thomson (eds.) Cambridge University Press, 1991. Inglaterra.
- Olivero, E. B. (1992). Asociaciones de amonites de la Formación Santa Marta (Cretácico tardío), isla James Ross, Antártida En: *Geología de la isla James Ross, Antártida*, C.A. Rinaldi, (ed.) Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 47-76.
- Olivero, E.B., Martinioni, D.R., Mussel, F.J. (1992). Upper Cretaceous Sedimentology and biostratigraphy of western Cape Lamb (Vega Island, Antarctica). Implications on sedimentary cycles and evolution of the basin. In: Rinaldi, C.A. (Ed.)
- Olivero, E. B. and M. B. Aguirre Urreta. M. B. (1994). A new tube-builder Hydractinian symbiotic with hermit crabs from the Cretaceous of Antarctica. *Journal of Paleontology*, 68(6), 1169-1182.
- Olivero, E. B. (1998). Large mud-filled channels in the Maastrichtian of the López de Bertodano Formation (Seymour Island, Antarctica): Stratigraphical implications. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* (53 (4): 553-556.
- Olivero, E.B., Barreda, V., Marensi, S.A., Santillana, S.N., Martinioni, D.R. (1998). Estratigrafía, sedimentología y palinología de la Formación Sloggett (Paleógeno continental), Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53, 504-516.
- Olivero, E.B. y Medina, F. A. (2000). Patterns of Late Cretaceous ammonite biogeography in southern high latitudes: The family Kossmaticeratidae in Antarctica. *Cretaceous Research*, 21(2/3), 269-279.
- Olivero, E.B. y Medina, F. A. (2001). Geología y paleontología del Cretácico

- marino en el sureste de los Andes Fueguinos, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (3), 344-352.
- Olivero, E.B., N. Malumián, S. Palamarczuk y Scasso, R. (2002). El Cretácico superior-Paleogeno del área del Río Bueno, costa atlántica de la Isla Grande de Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57 (3), 199-218.
- Olivero, E.B.; Malumián, N.; Palamarczuk, S. (2003) . Estratigrafía del Cretácico superior- Paleoceno del área de Bahía Thetis, Andes Fueguinos, Argentina: Acontecimientos tectónicos y paleobiológicos. *Revista Geológica de Chile* 30 (2), 245-263.
- Olivero, E.B., Buatois, L.A., Scasso, R.B. (2004). *Paradictyodora antarctica*: a new complex vertical spreite trace fossil from the Upper Cretaceous-Paleogene of Antarctica and Tierra del Fuego. *Journal of Paleontology* 78, 783-789.
- Olivero, E.B. (2007). Taphonomy of ammonites from the Santonian-lower Campanian Santa Marta Formation, Antarctica: sedimentological controls on vertically embedded ammonites. *Palaios*, 22 (6), 586-597.
- Olivero, E.B., Ponce, J.J, Marsicano, C. A. and Martinioni, D.R. (2007) Depositional settings of the basal López de Bertodano Formation, Maastrichtian, Antarctica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(4), 521-529.
- Olivero, E.B. and Malumián, N. (2008). Mesozoic-Cenozoic Stratigraphy of the Fuegian Andes, Argentina. *Geologica Acta*, 6(1): 5-18. Available online at www.geologica-acta.com
- Olivero, E.B., Ponce, J.J., and Martinioni, D.R. (2008). Sedimentology and architecture of sharp-based tidal sandstones in the Upper Marambio Group, Maastrichtian of Antarctica. *Sedimentary Geology*, 210, 11-26
- Olivero, E.B. and Malumián, N. (2008). Mesozoic-Cenozoic Stratigraphy of The Fuegian Andes, Argentina. *Geologica Acta*, 6(1): 5-18. Available online at www.geologica-acta.com
- Olivero, E.B., Medina, F.A. and López C., M.I. (2009). The stratigraphy of Cretaceous mudstones in the Eastern Fuegian Andes: new data from body and trace fossils. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol. Especial Charles Darwin en Argentina. 64 (1), 60-69.
- Olivero, E.B. and López C., M.I. (2010). *Tasselia ordamensis*: a biogenic structure of probable deposit-feeding and gardening maldanid polychaetes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 292, 336-348.
- Olivero, E.B. (2012). Sedimentary cycles, ammonite diversity and palaeoenvironmental changes in the Upper Cretaceous Marambio Group, Antarctica. *Cretaceous Research* 34, 348-366.

- Olivero, E.B. (2012). New Campanian kossmaticeratid ammonites from the James Ross Basin, Antarctica and their possible relationships with *Jimboiceras? antarcticum* Riccardi. *Revue de Paléobiologie, Genève* (2012) Vol. spéc. 11, 133-149.
- Olivero, E.B. and Lopez Cabrera, M.I. (2013). Euflabella n. igen.: complex horizontal spreite burrows in Upper Cretaceous–Paleogene shallow-marine sandstones of Antarctica and Tierra del Fuego. *Journal of Paleontology*, 87, 413-426.
- Olivero, E.B. (2014). Biogeography of Santonian-Maastrichtian Antarctic ammonoids: Paleoclimatical, Paleoenvironmental and Paleogeographical Controls. IV International Paleontological Congress. Workshop: Cretaceous Marine Biotas and Seaways in Gondwana. Key Note Speaker. Abstract Volume, p. 453.
- Olivero, E.B. and López Cabrera, M.I. (2016). A footnote to Dolf Seilacher's study on *Neonereites biserialis* based on new evidence from the Upper Cretaceous of Antarctica. *Ichnos* 23 (1-2), 25-32. ISSN 1042-0940.
- Olivero, E.B. and López Cabrera, M.I. (2016). Late Cretaceous long famine and short feast in Antarctica: ichnological evidence from the Marambio Group. Baucon, A., Neto de Carvalho, C., Rodriguez, J. (2016) ICHNIA 2016, Abstract Book. UNESCO Geopark Naturtejo-International Ichnological Association Castelo Branco, pp. 56-57.
- Olivero, E.B. y Reguero, M. (2016). Antártida: Geología y Paleontología, en: Diccionario Histórico de las ciencias de la tierra en la Argentina. Museo La Plata y Conicet. Podgorny, Irina. [et al.]; Archivo Histórico del Museo de La Plata. - 1a ed.- Rosario: Prohistoria Ediciones; LA PLATA: Museo de La Plata; CONICET, 2016. 400 p. ISBN 978-987-3864-27-8
- Olivero, E.B., Raffi, M.E. (2018). Onshore-offshore trends in Campanian ammonite facies from the Marambio Group, Antarctica: Implications for ammonite habitats. *Cretaceous Research*, 88, 79-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cretres.2017.03.001>
- Olivero, E.B. (2019). Ecosistemas marinos del Cretácico Superior de la cuenca James Ross, Antártida: factores de control y cambios bióticos asociados. Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina (RCAPA), 2019, Noviembre La Plata.
- Olivero, E.B. (2020a). Invertebrados marinos del Cretácico en la Antártida. *Ciencia Hoy*, Volumen 29 número 171 agosto - septiembre 2020.
- Olivero, E.B. (2020b). Rocas, fósiles y sucesos en espacio y tiempo: armando un rompecabezas antártico-fueguino. Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, *Ciencia e Investigación. Reseñas*, 8 (3), 71-87. www.aargentinapciencias.org

- Olivero, E.B.; López Cabrera, M.I. (2021). Invertebrados marinos fósiles de la Antártida. Archivo de ecosistemas circumpolares. Revista La Lupa, 19, 6-13.
- Panti, C., Césari, S.N., Marensi, S. A., and Olivero, E.B. (2007). A new araucarian species from the Paleogene of Southern Argentina. *Ameghiniana*, 44 (1), 215-222.
- Panti, C., Marensi, S., Olivero, E.B. (2008). Paleogene flora of the Sloggett Formation, Tierra del Fuego, Argentina. *Ameghiniana*, 45 (4), 677-692.
- Peppe, D. J., Royer, D. L., Cariglino, B., Oliver, S. Y., Newman, S., Leight, E., Enikolopov, G., Fernandez-Burgos, M., Herrera, F., Adams, J. M., Correa, E., Currano, E. D., Erickson, J. M., Hinojosa, L. F., Hoganson, J. W., Iglesias, A., Jaramillo, C. A., Johnson, K. R., Jordan, G. J., Kraft, N. J. B., Lovelock, E. C., Lusk, C. H., Niinemets, Ü., Peñuelas, J., Rapson, G., Wing, S. L., and Wright, I. J. (2011). Sensitivity of leaf size and shape to climate: global patterns and paleoclimatic applications: *New Phytologist*, v. 190, p. 724-739.
- Peterse, F., van der Meer, J., Schouten, S., Weijers, J.W.H., Fierer, N., Jackson, R.B., Kim, J.-H., and Sinninghe Damsté, J. (2012). Revised calibration of the MBT-CBT paleotemperature proxy based on branched tetraether membrane lipids in surface soils: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 96, p. 215–229, doi:10.1016/j.gca.2012.08.011.
- Petersen, S.V., Dutton, A., and Lohmann, K.C. (2016). End-Cretaceous extinction in Antarctica linked to both Deccan volcanism and meteorite impact via climate change: *Nature Communications*, v. 7, <https://doi.org/10.1038/ncomms12079>.
- Pirrie, D. (1989). Shallow marine sedimentation within an active margin basin, James Ross Island, Antarctica. *Sedimentary Geology* 63, 61-82.
- Pirrie, D., Crame, J.A., Riding, J.B. (1991). Late Cretaceous stratigraphy and Sedimentology of Cape Lamb, Vega Island, Antarctica. *Cretaceous Research* 12, 227-258.
- Pirrie, D., Crame, J.A., Lomas, S.A., Riding, J.B. (1997). Late Cretaceous stratigraphy of the Admiralty Sound region, James Ross Basin, Antarctica. *Cretaceous Research* 18, 109-137.
- Poole I., J.E. Francis. (2000). The first record of fossil wood of Winteraceae from the Upper Cretaceous of Antarctica. *Annals of Botany*, 85, 307–315.
- Pujana, R.R., Santillana, S.N., Marensi, S.A. (2014). Conifer fossil woods from the La Meseta Formation (Eocene of Western Antarctica): Evidence of Podocarpaceae dominated forests. *Review of Palaeobotany and Palynology* 200, 122e137.
- Pujana, R.R., Marensi, S.A., Santillana, S.N. (2015). Fossil woods from the Cross-Valley Formation (Paleocene of Western Antarctica): Araucariaceae-dominated forests. *Review of Palaeobotany and Palynology* 222.

- Pujana, R.R., Raffi, M.E. and Olivero, E.B.O. (2018a). Conifer fossil woods from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), Brandy Bay, James Ross Island, Antarctica. *Cretaceous Research*, 77, 28-38.
- Pujana, R.R., Iglesias, A., Raffi, M.E. and Olivero, E.B.O. (2018b). Angiosperm fossil woods from the Upper Cretaceous of Western Antarctica (Santa Marta Formation). *Cretaceous Research*, 90, 349-362.
- Quesada-Román, A., Ballesteros-Cánovas, J.A., S. St. George, Stoffel, M. (2022). Tropical and subtropical dendrochronology: Approaches, applications, and prospects. *Ecological Indicators*, 144. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109506>.
- Raffi, M.E. and Olivero, E.B. (2016). The ammonite genus *Gaudryceras* from the Santonian-Campanian of Antarctica: systematics and biostratigraphy. *Ameghiniana*, 53 (3), 375-396. ISSN 0002-7014.
- Raffi, M.E., Olivero, E.B., Milanese, F. (2019). The gaudryceratid ammonoids from the Upper Cretaceous of the James Ross Basin, Antarctica. *Acta Palaeontologica Polonica*, 64 (3), 523–542.
- Reguero, M.A., Moly, J.J. (2007). Otto Nordenskjöld. Su visión profética de la Antártida. Museo. Publicación de la Fundación Museo de La Plata “Francisco P. Moreno”, 3 (21), 79-86.
- Reguero M.A., Goin, F., Acosta Hospitaleche, C., Dutra, T., Marensi, S. (2013). *Late Cretaceous/Paleogene West Antarctica Terrestrial Biota and Its Intercontinental Affinities*, SpringerBriefs in Earth System Sciences, DOI: 10.1007/978-94-007-5491-1_3, c The Author(s) 2013
- Reguero, M. A., Gelfo, J. N., López, G. M., Bond, M., Abello, A., Santillana, S. N., and Marensi, S. A. (2014). Final Gondwana breakup: the Paleogene South American native ungulates and the demise of the South America–Antarctica land connection, *Global Planet. Change*, 123, 400–413, 2014
- Reguero, M. (2019) Antarctic paleontological heritage: Late Cretaceous–Paleogene vertebrates from Seymour (Marambio) Island, Antarctic Peninsula. *Advance in Polar Sciences*, 30, 328-355
- Reguero, M., Gasparini, Z., Olivero, E.B. et al. (2022). Late Campanian–Early Maastrichtian Vertebrates from the James Ross Basin, West Antarctica: Updated Synthesis, Biostratigraphy, and Paleobiogeography. *ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS*, 94(Suppl. 1): e20211142 DOI 10.1590/0001-3765202220211142. www.scielo.br/aabc | www.fb.com/aabcjournal
- Reguero, M., Gasparini, Z. (2023). El Museo de La Plata y la Antártida: 50 años de expediciones paleontológicas de vertebrados. Museo. Publicación de la Fundación Museo de La Plata “Francisco P. Moreno”, 35, 59-73

- Rinaldi, C.A., Massabie, A., Morelli, J., Rosenman, H.L., Del Valle, R.A., (1978). Geología de la isla Vicecomodoro Marambio. Instituto Antártico Argentino, Contribución 217, 1-44.
- Rinaldi, C.A. (1992). (Editor) Geología de la Isla James Ross. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 1-389.
- Roberts, E.M., Lamanna, M.C., Clarke, J.C., Meng, J., Gorscak, E., Sertich, J.J.W., O'Connor, P.M., Claeson, K.M., and MacPhee, R.D.E., (2014) Stratigraphy and vertebrate paleoecology of Upper Cretaceous– ?lowest Paleogene strata on Vega Island, Antarctica: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 402, p. 55–72, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.03.005>.
- Roberts, E.M., O'Connor P.M., Clarke J.A., Slotznick, S.P. Placzek C.J., Tobin, T.S., Hannaford C., Theresa Or, T., Jinnah Z.A., Claeson K.M., Salisbury M., Kirschvink J.L., Pirrie D., Lamanna M.C. (2022). New age constraints support a K/Pg boundary interval on Vega Island, Antarctica: Implications for latest Cretaceous vertebrates and paleoenvironments. Geological Society of America, Bulletin. <https://doi.org/10.1130/B36422.1>
- Romero EJ, Rodriguez Amenabar C, Zamalao MC, Concheyro G. (2019). Nothofagus and the associated palynoflora from the late cretaceous of vega Island, Antarctic Peninsula. Polish Polar Research 40(3):227–253.
- Scasso, R.A., Olivero, E.B., Buatois, L.A. (1991). Lithofacies, biofacies and ichnoassemblages evolution of a shallow submarine volcanoclastic fanshelf depositional system (Upper Cretaceous, James Ross Island, Antarctica). Journal of South American Earth Sciences, 4 (3), 239-260.
- Scasso, R.A. (2001). High frequency of explosive volcanic eruptions in a Late Jurassic volcanic arc: the Ameghino Formation on the Antarctic Peninsula. J Sediment Res. <https://doi.org/10.1306/032100710101>
- Scasso, R.A., Ramezani, J., Escapa, I., Elgorriaga, A., Capelli, I. (2022). U-Pb age constraints on the Jurassic succession and paleoflora of Mount Flora, Antarctic Peninsula. International Journal of Earth Sciences, 111: 891-904. DOI 10.1007/s00531-021-02155-0
- Scher, H. and Martin, E. (2006). Timing and climatic consequences of the opening of Drake Passage, Science, 312, 428–430, <https://doi.org/10.1126/science.1120044>, 2006.
- Seilacher, A., Olivero, E.B., Butts, S.H., and Jäger, M. (2008). Soft-Bottom Tube Worms: From Irregular to Programmed Shell Growth. Lethaia, 41: 349-365. Sciences. Washington, DC: The National Academies Press.
- Shackleton, N. and Kennett, J. (1975). Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analyses

- in DSDP Sites 277, 279, and 281, Initial reports of the deep-sea drilling project, 29, 743–755, 1975.
- Smalley, R.; Kendrick, E.; Bevis, M.G.; Dalziel I.W.D.; Taylor, F.; Lauria, E.; Barriga, F.; Casassa, G.; Olivero, E.B., and Piana E.L. (2003). Geodetic determination of relative plate motion and crustal deformation across the Scotia-South America plate boundary in eastern Tierra del Fuego. *Geochemistry, Geophysics; Geosystems*, 4 (9): 1-19. American Geophysical Union.
- Spath, L.F. (1953). The Upper Cretaceous cephalopod fauna of Graham Land. *Falkland Island Dependencies Survey, Scientific Report 3*, 1-60.
- Stilwell, J., Zinsmeister, W.J. (1992). *Molluscan Systematics and Biostratigraphy: Lower Tertiary La Meseta Formation, Seymour Island, Antarctic Peninsula*. American Geophysical Union, Antarctic Research Series, Volume 55, 192 pp.
- Strelin, J., Scasso, R. A. y Olivero, E. B. (1992). Nuevos afloramientos de la Formación Santa Marta (Cretácico tardío) en la isla James Ross, Antártida. *Estratigrafía e implicancias estructurales/ New localities of the Santa Marta Formation (Late Cretaceous), James Ross Island, Antarctica. Stratigraphy and structural implications*. En: *Geología de la isla James Ross, Antártida*. C.A. Rinaldi (ed), Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, pp. 201-238.
- Strelin, J.A. y Sobral, A.P. (2019). El inicio de la exploración geológica en el sector norte de la península Antártica: expedición de Nordenskjöld 1901 - 1903. *XVII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia*. Departamento de Historia de la Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca, de la Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca, Catamarca, 2019.
- Tabor, C. R., Poulsen, C. J., Lunt, D. J., Rosenbloom, N. A., Otto-Bliesner, B. L., Markwick, P. J., Brady, E. C., Farnsworth, A., and Feng, R. (2016). The cause of Late Cretaceous cooling: A multimodel-proxy comparison, *Geology*, 44, 963–966, <https://doi.org/10.1130/g38363.1>, 2016.
- Thomas, D.N., Fogg, E.G., Convey, P., Fritsen, C.H., Gili, J.M., Grandinger, R., Laybourn-Parry, J., Reid, K., Walton, D.W.H. (2008). *The Biology of Polar Regions*. Oxford University Press, New York, p. 1-394.
- Tobin, T.S., Ward, P.D., Steig, E.J. Olivero, E.B., Hilburn, I.A., Mitchell, R.N., Diamond, M.R., Raub, T.D., Kirschvink, J.L. (2012). Extinction patterns, $\delta^{18}O$ trends, and magnetostratigraphy from a southern high-latitude Cretaceous–Paleogene section: Links with Deccan volcanism. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 350–352 (2012):180–188.
- Torres Carbonell, P.J., Olivero, E.B. y Dimieri, L.V. (2008). Control en la magnitud de desplazamiento de rumbo del Sistema Transformante Fagnano, Tierra Del Fuego, Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 35 (1): 65-79.

- Torres Carbonell, P.J., Dimieri, L.V., Olivero, E.B., Bohoyo, F., Galindo-Zaldívar, J. (2014). Structure and tectonic evolution of the Fuegian Andes (southernmost South America) in the framework of the Scotia Arc development. *Glob. Planet. Change* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.07.019>
- Torres Carbonell, J.P. (2017). La provincia Antártica desde una perspectiva geológica. Teorías sobre la separación de Tierra del Fuego y la península Antártica. *Revista La Lupa*, 11:30-35.
- Torres Carbonell, P.J., Olivero, E.B. (2019). Tectonic control on the evolution of depositional systems in a fossil, marine foreland basin: Example from the SE Austral Basin, Tierra del Fuego, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 104: 40-60.
- Torsvik, T.H., Gaina, C. and Redfield. T.F. (2008). Antarctica and Global Paleogeography: From Rodinia, Through Gondwanaland and Pangea, to the Birth of the Southern Ocean and the Opening of Gateways. En: Cooper, A. K., P. J. Barrett, H. Stagg, B. Storey, E. Stump, W. Wise, and the 10th ISAES editorial team, eds. (2008). *Antarctica: A Keystone in a Changing World*. Proceedings of the 10th International Symposium on Antarctic Earth.
- Tosolini AMP, Cantrill DJ, Francis JE. (2021). Paleocene high-latitude leaf flora of Antarctica Part 1: entire-margined angiosperms. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 285:104317. doi:10.1016/j.revpalbo.2020.104317.
- Vento, B., Agrain, F., Puebla, G. (2022). Ancient Antarctica; the early evolutionary history of *Nothofagus*. *Historical Biology* <https://doi.org/10.1080/08912963.2022.2150549>.
- Whitham, A.G., Ineson, J.R., Pirrie, D. (2006). Marine volcanoclastics of the Hidden Lake Formation (Coniacian) of James Ross Island, Antarctica: an enigmatic element in the history of a backarc basin. In: Francis, J.E., Pirrie, D., Crame, J.A. (Eds.), *Cretaceous-Tertiary High-Latitude Palaeoenvironments, James Ross Basin, Antarctica*. Geological Society, London, Special Publication 258, pp. 21-47.
- Wilckens, O. (1911). Die Mollusken der antarktischen Tertiärformation. *Wissenschaftliche Ergebnisse der schwedischen Südpolar-Expedition 1901–1903* Band 3, Lieferung, 13: 1–42.
- Wiman, C. (1905). Über die alttertiären Vertebraten der Seymourinsel. En Nordenskjöld, O. (ed.), *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903, Band III, Lieferung I*. Lithographisches Institut des Generalstabs, Stockholm.
- Wolfe, J.A. (1979). Temperature parameters of humid to mesic forests of eastern

- Asia and relation to forests of other regions of the northern hemisphere and Australasia. *United States Geological Survey Professional Paper* 1106: 37 pp. doi: 10.3133/pp1106.
- Wuchter, C. Schouten, S., Coolen, M. y Damste, J. (2004). Temperature-dependent variation in the distribution of tetraether membrane lipids of marine Crenarchaeota: Implications for TEX86 paleothermometry. *Paleoceanography* 19. DOI:[10.1029/2004PA001041](https://doi.org/10.1029/2004PA001041)
- Zinsmeister, W.J. (1988). Early geologic exploration on Seymour Island, Antarctica. En: Feldman, R.M., Woodburne, M.O. (Eds.), *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. Geological Society of America, Memoir 169, pp. 1-16.
- Zinsmeister, W.J., Macellari, C.E. (1988). Bivalvia (Mollusca) from Seymour Island, Antarctic Peninsula, *Geology and paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*, Mem. Geol. Soc. Am., 169, R.M. Feldmann, M. O. Woodburne, 253– 284, 1988.
- Zinsmeister, W.J., Feldmann, R.M. (1996). Late Cretaceous faunal changes in the high southern latitudes: a harbinger of global biotic catastrophe? In: MacLeod, N., Keller, G. (Eds.), *Cretaceous-Tertiary mass extinctions: biotic and environmental changes*. W.W. Norton, York, London, pp. 303-325.

4.2 Glaciología

4.2.1 Introducción

El continente antártico está cubierto casi en su totalidad por hielo, alcanzando un volumen aproximado de 25 millones de km³ de hielo. La superficie del continente es de alrededor de 14 millones de km² y además se encuentra rodeado por una superficie similar de mar congelado. Por estos motivos, los datos glaciológicos son sumamente importantes a la hora de describir el continente y toda la dinámica que en él se desarrolla.

Los glaciares tienen un atractivo especial. Tienen formas y tamaños variados, mezclas de colores con el ambiente diversos, y una interacción con la luz solar cambiante a lo largo de todo el día. Esto los hace muy llamativos para todo aquel que los visita. El continente antártico tiene en la península Antártica fiordos pronunciados donde los cuerpos de hielo interactúan con la montaña y el océano de las más variadas maneras, con espectaculares vistas que pueden ser observadas desde las embarcaciones que navegan cada temporada.

Además, en aquellas zonas donde se han revisado las condiciones de seguridad apta para actividades de recreación, los turistas tienen la posibilidad de desembarcar con guías preparados y tener una experiencia de contacto en el hielo. Es posible realizar caminatas sobre hielo y nieve, lo cual ubica a los turistas en un lugar privilegiado y desconocido para muchos. Si el equipo de guías turísticos que realizan las actividades posee conocimientos de la zona y del ambiente que están visitando, la experiencia resulta muy enriquecedora para los visitantes.

Desde otro punto de vista hay que pensar a los glaciares como cuerpos de hielo que contienen una reserva de agua dulce importante en todo el planeta. El agua está distribuida en todo el planeta en la atmósfera, ríos, lagos, océanos y en los cuerpos de hielo. El 97% del agua se encuentra en los océanos, siendo agua salada y no apta directamente para el consumo. Entonces, el agua que requerimos acceder para la vida está contenida en solo el 3% de toda la existencia en el planeta. Y de este 3% correspondiente a agua dulce, el 77% está contenido en las sábanas polares y glaciares y, en particular, el continente antártico tiene más del 90% de estos glaciares. De esta manera, visitar la Antártida equivale a visitar la mayor reserva de agua dulce del mundo.

4.2.2 Relevamiento y sistematización de documentos

Autor/es	Tema	Punto focal
Cuffey, K. M. y Paterson, W. S. B. (2010). <i>The physics of glaciers</i> . Academic Press.	Glaciología	Se trata de un texto de referencia que define la ciencia de los glaciares. Analiza los principios físicos que subyacen al comportamiento y las características de los glaciares. El libro cubre varios aspectos de los estudios de los glaciares, incluida la transformación de la nieve en hielo, las estructuras a escala de grano y la deformación del hielo, los procesos de intercambio de masa, la hidrología glacial, el flujo de los glaciares y el impacto del cambio climático.
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2019). <i>Atlas de glaciares de la Argentina</i> . Argentina.		Describe los glaciares del país en el contexto de las cuencas hídricas en las que se localizan. Brinda herramientas para los desafíos que plantea el cambio climático, destaca temas como la gobernanza del agua, investigación científica, preservación del patrimonio glaciológico, entre otros.
Hooke, R. LeB (2005). <i>Principles of Glacier Mechanics</i> . Cambridge University Press.		Este libro herramientas para comprender la glaciología moderna. Desarrolla conceptos básicos que luego va complejizando. Presenta los conceptos físicos importantes y los desarrollan a partir de principios elementales. Se hace hincapié en las conexiones entre la investigación moderna en glaciología y el origen de las características de los paisajes glaciares.
Ermolin, E.; Silva Busso, A. y Glazovskiy, A. (2015). <i>Ambientes glaciares y periglaciares: Formación y desarrollo</i> . Green Cross Argentina.		Se desarrollan conceptos y definiciones básicos de la glaciología, metodologías de estudio de ambiente glacial, formación y tipos de glaciares, entre otros temas.

Tabla 4.2.1 Síntesis de documentos sobre glaciología

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA

¿Qué es un glaciar?

Al hablar de glaciares, y sobre todo al presentar el tema pensando en personas que no tienen conocimientos técnicos en materia de glaciología, es fundamental iniciar desde los conceptos más básicos. Entonces, la primera pregunta que surge es: “¿Qué es un glaciar?”. Claramente el común de la gente sabe que un glaciar está conformado de hielo, es decir, que es una masa de hielo principalmente. Como primer punto de aproximación, decir que un glaciar es una masa de hielo da una idea de lo que estamos presenciando. Pero es

necesario abordar en detalle todos los aspectos con el fin de presentar al público visitante la información completa.

Todo comienza con la precipitación de la nieve, es el primer paso de un proceso largo y complejo para que un glaciar se forme. Cada capa de nieve que cae sobre la superficie se va acumulando sobre la última capa de nieve, la cual será superpuesta por la siguiente capa de nieve. Esta nieve, se transformará, pasará por distintas fases y finalmente se convertirá en hielo, el hielo que forma el glaciar. Todo este proceso atraviesa distintas fases y mecanismos de transformación que dependen principalmente de la temperatura. La nieve recién caída se transforma en firn, que puede definirse en nieve compacta, con mayor densidad, que se encuentra en la fase previa a la transformación en hielo. En la Tabla 4.2.1 se pueden observar los rangos de densidad de los tipos de nieve hasta convertirse en hielo. Esta conversión se produce cuando la densidad es cercana a 830 kgm^{-3} , siendo la densidad del hielo puro de 917 kgm^{-3} .

Tipo	Densidad Típica (kgm-3)
Nieve fresca (inmediatamente luego de caer en condiciones de calma)	50–70
Nieve fresca húmeda	100–200
Nieve asentada	200–300
Escarcha profunda	100–300
Nieve compactada por el viento	350–400
Firn	400–830
Nieve y firn muy húmedos	700–800
Hielo de glaciar	830–923

Tabla 4.2.2. Densidad de los distintos tipos de hielo y nieve
Fuente: Seligman, 1936.

La Figura 4.2.1 muestra un esquema de cómo un copo de nieve se va transformando y se va amalgamando con otros copos y formas hasta culminar el proceso y convertirse en el hielo del glaciar. También se muestra que debido a este proceso pueden quedar burbujas de aire atrapadas, lo cual tendrá relación directa con la densidad del hielo alcanzada al finalizar la transformación.

Ahora bien, la acumulación de una capa de nieve, sobre una anterior, que se depositó sobre otra sucesivamente provoca el aumento de la presión en las capas más bajas, es decir, en las más viejas. Este aumento de la presión en las zonas frías, como es el caso de la Antártida profunda provoca la transformación de nieve en hielo. En aquellos glaciares donde la temperatura es más alta, la nieve o firn puede derretirse ante condiciones de temperatura mayor a 0°C , la cual se convierte en agua y percola a través de la nieve o firn, que son porosos, hasta que el agua se encuentra con una capa más fría donde se recongela. Entonces, este proceso de densificación se acelera cuando la temperatura aumenta y el tiempo que transcurre hasta que la nieve se convierte en hielo disminuye. También cambia la morfología de las capas de nieve hasta que a cierta profundidad se encuentra el hielo. De ahí hasta el lecho rocoso, entonces,

el glaciar está compuesto completamente por hielo. De esta manera, un glaciar, está compuesto por una masa de hielo que se encuentra cubierto en algunas zonas por nieve. En la Figura 4.2.2 se muestran datos de densidad de la nieve de tres glaciares que se encuentran en distintas regiones del planeta. El glaciar Seward, ubicado en Alaska, el glaciar Byrd, ubicado en Antártida Occidental, y el hielo en la zona de la base Vostok en Antártida Oriental. En Alaska las temperaturas son en algunos momentos positivas, por lo que el proceso de densificación ocurre más rápidamente y el espesor de la capa de nieve hasta llegar al hielo glaciar es menor. En el gráfico puede observarse que el espesor de esta capa es menor a 20 m, es decir, que a una profundidad de 20 m ya nos encontramos con el hielo que conforma el glaciar. En cambio, en las zonas frías del Continente Antártico al no haber temperaturas por sobre los 0°C, el proceso de densificación solo ocurre por compactación de una capa de nieve sobre la otra. Como se ve en el gráfico para el caso de los otros glaciares, es posible encontrar nieve compacta, pero que aún no posee la densidad del hielo hasta profundidades de 100 m o más.

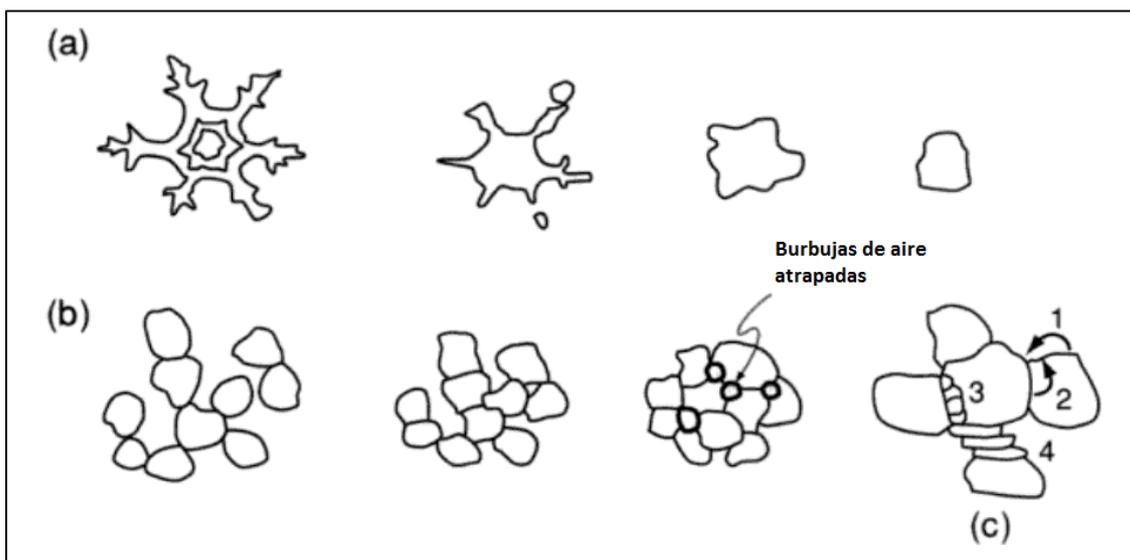


Figura 4.2.1. Transformación de la nieve en hielo (a) Modificación de copos de nieve a formas sub-esféricas (b) Sinterización y (c) procesos intermedios: 1 - sublimación, 2 - difusión molecular entre los granos, 3 - agrupación y crecimiento de nuevos granos, 4 - deformación interna
Fuente: LeB Hooke, 2005.

El proceso de transformación de nieve a hielo, como se ha visto, lleva un tiempo considerable, lo cual también es una característica de los glaciares. Un glaciar no es cualquier masa de hielo que se puede observar en la naturaleza, si no que es una masa de hielo que perdura a través del tiempo, es decir que luego de recibir las principales nevadas en época invernal, sobrevive a la pérdida de masa durante los veranos, cuando la temperatura alcanza los máximos valores, que son diversos según la región donde se encuentren. Entonces, tenemos que las capas de nieve se acumulan, compactan y se convierten en hielo agregando

una cantidad de masa al glaciar, la cual no llega a perderse a lo largo de un ciclo anual. Esta masa que no se perdió aumenta la masa inicial del glaciar, y en condiciones de frío y precipitaciones abundantes interanuales, tenemos el inicio de un glaciar y su posterior crecimiento y avance. Esto ocurre en las épocas de glaciaciones, donde en regiones donde no hay glaciares, empiezan a formarse cuerpos de hielo. Luego, continúan avanzando hasta que en un punto dado de la historia, se entra en una época de calentamiento. Entonces las temperaturas aumentan, las precipitaciones de nieve disminuyen, y los cuerpos de hielo comienzan a perder más mas de la que ganan, lo que tiene el efecto contrario al anterior. Los glaciares se adelgazan, retroceden, hasta que en un cierto punto pueden llegar a desaparecer.

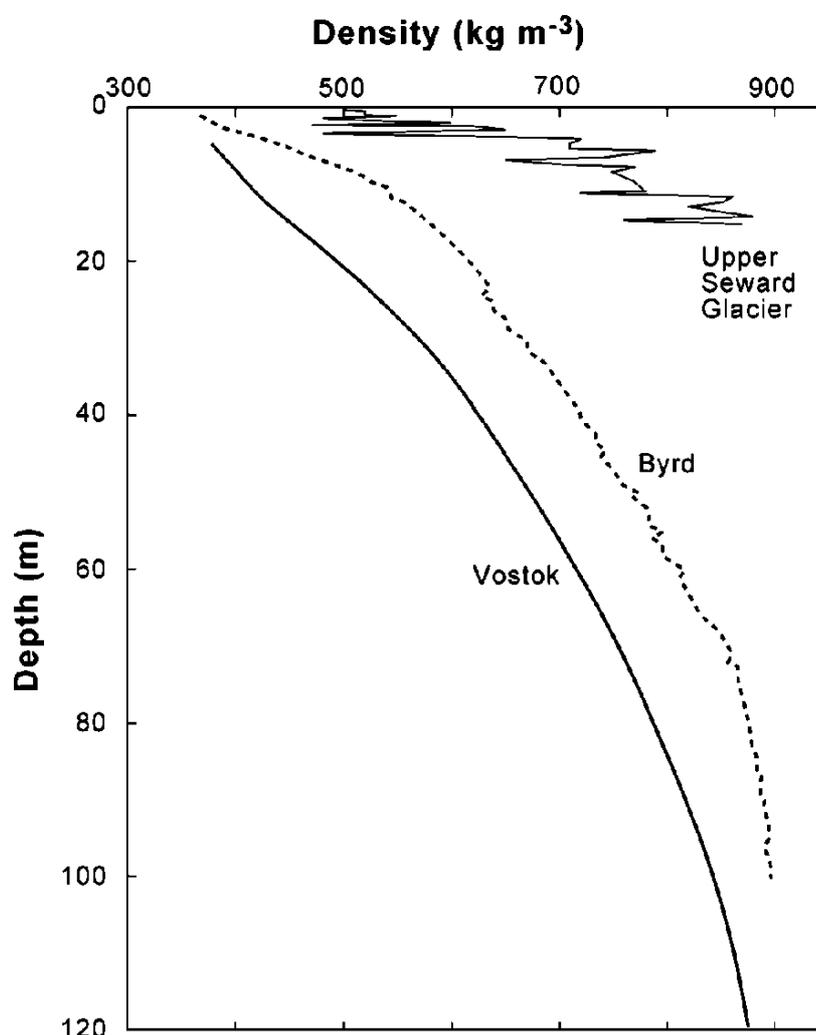


Figura 4.2.2. Variación de la densidad en función de la profundidad en el glaciar Upper Seward (Alaska), en el glaciar Byrd (Antártida Occidental) y en Vostok (Antártida Oriental)
Fuente: Cuffey y Paterson, 2010.

El proceso de transformación de nieve a hielo, como se ha visto, lleva un tiempo considerable, lo cual también es una característica de los glaciares. Un glaciar no es cualquier masa de hielo que se puede observar en la naturaleza, si no que es una masa de hielo que perdura a través del tiempo, es decir que luego de recibir las principales

nevadas en época invernal, sobrevive a la pérdida de masa durante los veranos, cuando la temperatura alcanza los máximos valores, que son diversos según la región donde se encuentren. Entonces, tenemos que las capas de nieve se acumulan, compactan y se convierten en hielo agregando una cantidad de masa al glaciar, la cual no llega a perderse a lo largo de un ciclo anual. Esta masa que no se perdió aumenta la masa inicial del glaciar, y en condiciones de frío y precipitaciones abundantes interanuales, tenemos el inicio de un glaciar y su posterior crecimiento y avance. Esto ocurre en las épocas de glaciaciones, donde en regiones donde no hay glaciares, empiezan a formarse cuerpos de hielo. Luego, continúan avanzando hasta que en un punto dado de la historia, se entra en una época de calentamiento. Entonces las temperaturas aumentan, las precipitaciones de nieve disminuyen, y los cuerpos de hielo comienzan a perder más masa de la que ganan, lo que tiene el efecto contrario al anterior. Los glaciares se adelgazan, retroceden, hasta que en un cierto punto pueden llegar a desaparecer.

En toda esta dinámica que se observa en un glaciar se puede notar que existe un movimiento, avance, retroceso, adelgazamiento, engrosamiento, etc. La nieve al acumularse y convertirse en hielo, y en general estando en la zona alta de una montaña, luego fluye hacia abajo por la acción de la fuerza de gravedad. Este movimiento es otra de las características fundamentales que definen a un glaciar. Un cuerpo de hielo que no se mueve, que no fluye, entonces no es técnicamente un glaciar. Habrá clasificaciones para distintos cuerpos de hielo o nieve, que no tienen movimiento o que no perduran en el tiempo, que por lo tanto no se definirán como "glaciar".

Podemos resumir la definición de glaciar, según dice el Atlas de glaciares de la Argentina, en *"un cuerpo de hielo perenne, formado en la superficie terrestre por la acumulación, compactación y recristalización de la nieve, y que muestra señales de movimiento por acción de la gravedad"* (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019, p. 15).

Zonas del glaciar

Habiendo definido a un glaciar, y teniendo en cuenta que la dinámica explicada de su formación y compactación, el paso siguiente es definir las diferentes zonas de un glaciar, ya que la compactación y movimientos propios de glaciar genera distintas topologías o morfologías observables desde la superficie, y que además se adentran en su profundidad.

Se ha visto que la nieve se acumula y luego de un proceso se compacta y convierte en hielo. Esto ocurre generalmente en las zonas más altas del glaciar. Luego, por acción de la gravedad, el glaciar tiene un movimiento y fluye hacia abajo, donde en algún punto termina. Puede terminar en tierra o puede terminar en un lago o en el océano. Esta zona más baja del glaciar está en contacto a temperaturas más altas y a la acción del agua si fuera así su terminación. Y es

en esta zona donde se pierde más masa en forma de agua o témpanos. De este párrafo ya es posible tener una primera división en las zonas del glaciar. Habrá una zona donde la nieve se acumula y por lo tanto se denomina “Zona de Acumulación” y habrá entonces otra zona, la complementaria, donde la masa de hielo se pierde, la cual se denomina “Zona de Ablación”. Claramente si existe una zona que gana y otra que pierde, tiene que haber un punto intermedio donde el glaciar no gana ni pierde masa. Esta zona o línea se denomina “Línea de Equilibrio” y corresponde a una línea que divide las otras dos zonas.

La zona de ablación de un glaciar es la más baja en altitud, es decir donde termina, ya que la acumulación se inicia en la zona más alta y el hielo que allí se forma fluye hacia abajo hasta llegar al final derritiéndose o desprendiéndose. Justamente esta zona terminal es con la que primero se tiene contacto al visitar un glaciar. Estando en una ciudad o un pueblo en las cercanías de una montaña, al acercarse a un glaciar localizado en ella, lo primero que se avista y luego se toma contacto de un glaciar es su zona de ablación. Lo mismo ocurre en el caso de estar navegando en las aguas del Continente Antártico, pero en lugar de aproximarse por tierra con es el caso de la montaña, una embarcación puede acercarse a la zona terminal del glaciar, pero que en este caso, casi todos terminan en el mar, por lo cual la primera vista del glaciar se corresponde con grandes paredes de hielo flotando e interactuando con el agua, lo que asombra a cualquiera que vaya por primera vez al continente. En el caso de tener acceso al glaciar en algunos sitios ya conocidos por los operadores turísticos, es posible descender de la embarcación, acercarse al glaciar y caminar sobre el glaciar, siempre en la zona terminal o de ablación.

Si bien el glaciar puede estar cubierto por completo de nieve, principalmente durante el invierno, la zona de ablación está compuesta solo por hielo del glaciar (más alguna cobertura temporal de nieve). En cambio, la zona de acumulación siempre se encuentra cubierta de nieve, y debido a las distintas fases de la nieve que se mencionaron, se pueden observar distintos tipos de nieve a medida que se recorre la zona. Esto va a subdividir la zona de acumulación en otras posibles secciones. Una zona de nieve seca, en la zona más elevada del glaciar, donde la nieve no se derrite por acción de la temperatura y por lo tanto la conversión en hielo solo ocurre por compactación. Esta sección de nieve seca se encuentra en aquellas regiones del planeta donde la temperatura de la superficie del glaciar nunca es positiva. Por debajo de esta zona, teniendo en cuenta la condición de temperaturas positivas, se encontrará una zona donde la nieve superficial se derrite y percola hasta encontrar la isoterma de 0°C, donde se vuelve a congelar. En la zona de percolación se encuentran nieve seca y húmeda en distintas profundidades. Continuando la zona de percolación se encuentra la zona de nieve húmeda, donde encontramos

capas de firn y capas de hielo. Finalmente, en el límite de la zona de acumulación con la zona de ablación, se puede encontrar hielo superpuesto, que se genera en la zona de la línea de equilibrio durante la época de verano, y principalmente al finalizar la misma, cuando todos los procesos de transformación debido a los cambios de temperatura (principalmente los aumentos de verano) han ocurrido. La Figura 4.2.3 muestra estas zonas de un glaciar.

Volviendo a la experiencia de visita a un glaciar, en general se accede desde la zona de ablación, y en el caso del turismo antártico, que ocurre en el verano, el hielo está descubierto de nieve, o en todo caso con una delgada capa correspondiente a una nevada reciente. En caso de tener una costa rocosa o planicie accesible cercana al glaciar, y tener este último poca pendiente y carecer de grietas o sectores peligrosos, entonces se pueden realizar actividades de caminata sobre algún glaciar bajo la tutela de los guías de turismo o de montaña experimentados que viajan en las embarcaciones turísticas. Entonces, los conocimientos y zonas de un glaciar, que son importantes para su formación y cambios habituales, no son posibles de experimentar completamente en visitas esporádicas como ocurre generalmente en los cruceros antárticos. No obstante, ya sea desde un avistaje en una embarcación, o desde una caminata o trekking sobre el glaciar, o en un centro interactivo explicativo, los conceptos de formación del glaciar, su composición y sus zonas y qué ocurre en cada una es perfectamente explicable y, por supuesto, cuanto más cerca de un glaciar uno se encuentre, más sensaciones quedarán plasmado. En una caminata sobre el glaciar se puede observar el hielo y muy posiblemente agua que corre sobre su superficie, ya que como se ha mencionado, generalmente esto ocurren en la zona de ablación y durante la época más benévola, que es durante los veranos.

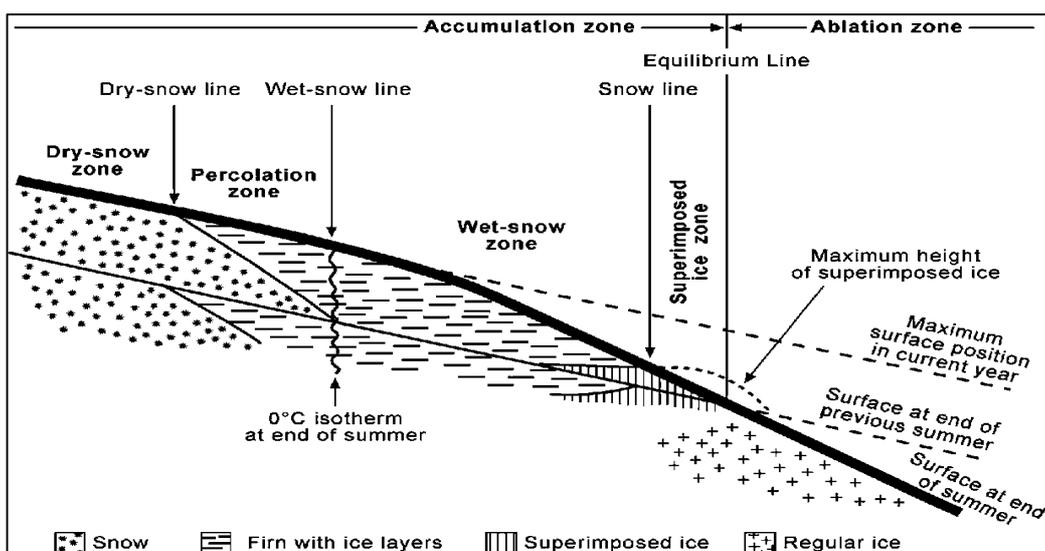


Figura 4.2.3. Zonas de un glaciar

Fuente: Cuffey y Paterson, 2010.

Clasificación de los glaciares

Cuando tenemos que hablar de “clasificar” sea cual sea el objeto, lo que se busca es características comunes y diferentes para separar los objetos de acuerdo a una u otra característica. Entonces, si quisiéramos clasificar los glaciares, tendríamos que buscar esas características. Ahora bien, surgen varias opciones para esto, por lo cual, vamos a tener distintos tipos de clasificaciones. Vamos enfocarnos en dos clasificaciones, es decir que vamos a tomar dos tipos de características. Estas serán la temperatura y el tamaño.

Comenzando con la primera, veamos como se clasifican los glaciares de acuerdo a la temperatura del hielo que lo componen y de como se derrite la superficie. Acá podemos tener 3 categorías: Templados, Fríos y Politermales. Los glaciares templados son aquellos que se encuentran por encima de la temperatura de fusión. Es decir, siempre encontramos zonas que se están derritiendo y por lo tanto perdiendo masa de hielo, a pesar de tener acumulación por las precipitaciones de nieve. Los glaciares fríos son aquellos que se encuentran todo el año a temperatura por debajo de la temperatura de fusión, y por lo tanto, los procesos de cambio solo ocurren por compactación de la nieve. Por último, tenemos los glaciares politermales, que no se encuentran a temperaturas por debajo del punto de fusión todo el año, ni por encima. Estos glaciares tienen un derretimiento por fusión en la base de los mismos y por este motivo tiene una red hidrológica entre el lecho del glaciar y el cuerpo de hielo.

Acá se puede ver que dependiendo de la región del planeta donde se encuentre el glaciar, a distintas latitudes y altitudes, las condiciones de temperatura a lo largo del año, que regirán los modos de transformación de la nieve, definirán en gran medida el tipo de glaciar que podrá existir en la cada región.

Esta clasificación simple puede ser representada y explicada para los visitantes junto con los detalles de la transformación de la nieve en hielo y las zonas del glaciar, ya que tienen una relación directa. Como la temperatura, cuando está por sobre el punto de fusión, determina los procesos de cambio, también define los tipos de glaciares.

La otra característica de los glaciares que utilizaremos para clasificarlos es el tamaño y forma de los mismos, centrándonos en el área de cobertura de los mismos. Como vimos, un glaciar es una masa de hielo, un cuerpo de hielo, es decir que tiene un volumen definido en las tres dimensiones. Pero, dado que, por las tecnologías existentes desde los comienzos de los estudios, el espesor o profundidad de los mismos aún sigue requiriendo de trabajos arduos e instrumental específico, es mucho más sencillo observar, determinar y medir la superficie de los glaciares. Los primeros estudios se realizaron con las técnicas topográficas más básicas, las mismas para confeccionar los mapas más

antiguos. Luego mediante la triangulación y medición de distancias, se fueron obteniendo mejores resultados, los cuales posteriormente incrementaron su precisión con fotografía estereoscópica, primero oblicua y luego desde aviones, cuando ya se pudo combinar la tecnología en los vuelos. Actualmente se utilizan las imágenes satelitales, que cubren grandes áreas en una sola captura, quedando los vuelos fotogramétricos para trabajos específicos y de detalle. Por último, tenemos los vehículos no tripulados, más conocidos como “drones”, existentes en el mercado una considerable accesibilidad. Con estos dispositivos, cuando la zona es alcanzable dentro del rango de alcance, se pueden realizar tareas de detalle en zonas no muy grandes.

Entonces, partiendo de que es posible realizar mapas topográficos de las regiones donde existen glaciares, la primera clase que mencionaremos es la de “Sábana de Hielo”, la cual está definida como una gran extensión de hielo de tamaño continental, es decir que cubre una muy extensa región del planeta. Esto es lo que ocurre en el Continente Antártico, donde tenemos dos grandes sábanas de hielo, la Oriental y la Occidental, como puede observarse en la Figura 4.2.4.

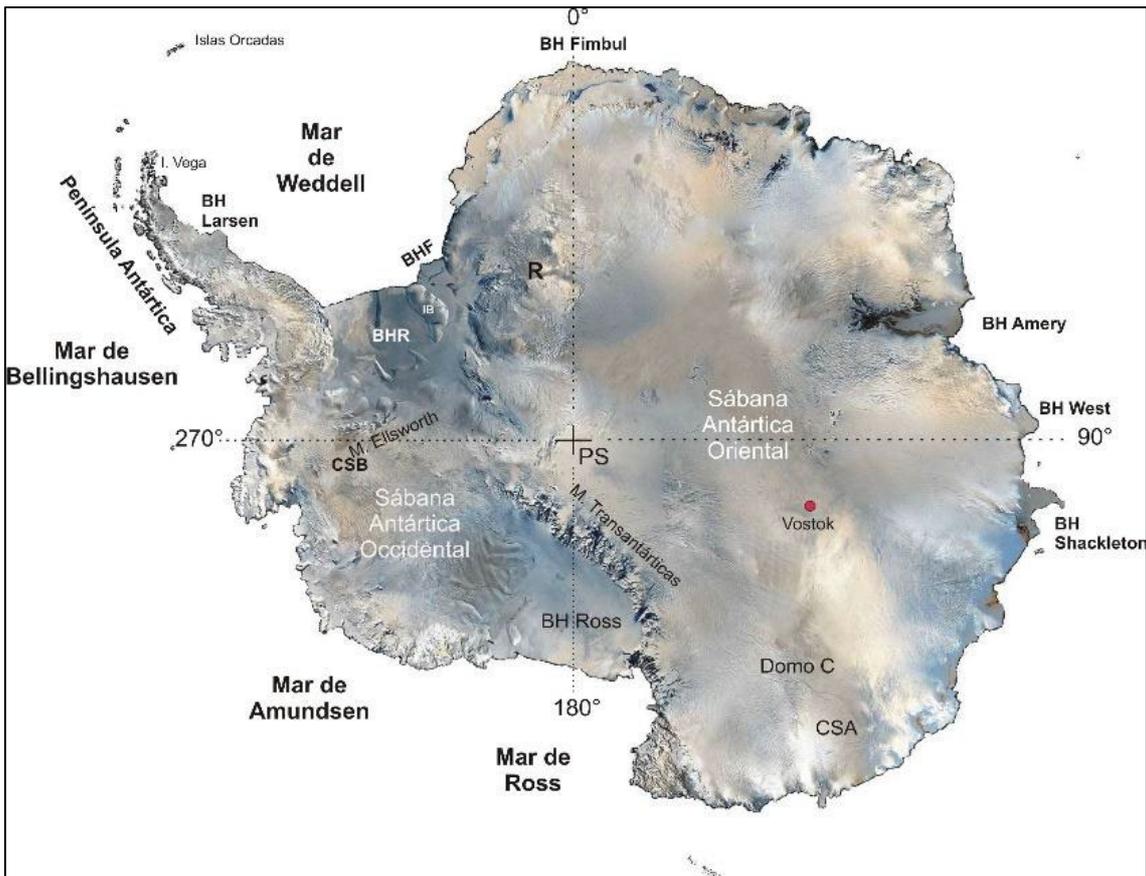


Figura 4.2.4. Sábanas de hielo del continente antártico

Siguiendo la clasificación, descendiendo en la escala de tamaños, la siguiente clase es al correspondiente a “Campo de Hielo”, que puede definirse como una gran extensión de hielo con un área de cobertura menor a 50.000 km² y que está claramente lejos de cubrir una región continental, como es el caso de las sábanas de hielo mencionadas. En la región patagónica tenemos dos campos de hielo muy importantes, los cuales son las masas de hielo más grandes del hemisferio sur, luego de la Antártida. Estos son el Campo de Hielo Patagónico Norte (que se encuentra completamente en territorio chileno) y el Campo de Hielo Patagónico Sur (que se extiende tanto en territorio argentino como chileno) (ver Figura 4.2.5). El primero tiene una superficie aproximada a 4.000km² y el segundo tiene una superficie aproximada de 11.000km². Estas áreas están en constante cambio, por lo que identificar el área exacta de los mismos, conlleva a identificar la fecha en la que fue determinada. Pero para los fines de la clasificación, sus grandes extensiones son las que definen el tipo. Además, tanto las sábanas de hielo como los campos de hielo y otras clases que se definirán están compuestos por glaciares más pequeños.

Otra de las clases que son notorias en el continente antártico son las “Calotas de Hielo”, que se definen como masas de hielo en forma de domo que fluyen en forma radial. Esto ocurre principalmente en islas donde casi su mayor extensión se encuentra cubierta de hielo, de manera que la zona más alta de la misma se encuentra completamente cubierta. En estas calotas de hielo, la nueva nieve que precipita y se incorpora a glaciar tiene para desplazarse todas las direcciones, ya que, desde el punto más alto, hacia los 4 puntos cardinales el hielo puede fluir. La Figura 4.2.6 muestra calotas de hielo características de la península Antártica.

Siguiendo la clasificación, y teniendo en cuenta las definiciones hasta ahora presentadas, los “Glaciares de Descarga” son aquellos que no tienen definida su cuenca de captación, y que pueden fluir desde una sábana, campo o calota de hielo. En una gran extensión de hielo, que fluye en todos los sentidos, no se visualiza a simple vista la división entre un flujo de hielo y otro, si no que se ven como contiguos. Si nos referimos a los campos de hielo patagónicos, vemos una clara división en el sentido Este-Oeste. Es decir, tendremos flujos de hielo hacia un lado y a hacia el otro principalmente. Cada uno de estos cuerpos que se deben delimitar con mayor precisión son los denominados glaciares de descarga, ya que descargan el hielo que se incorpora en las zonas más altas. En la Figura 4.2.7 se presenta el caso de un glaciar de descarga delimitado sobre la superficie de la calota de hielo de la Isla Vega en la península Antártica.



Figura 4.2.5. Imagen MODIS del 10 de marzo del 2004 donde se observan, gracias a un cielo libre de nubes, el campo de hielo patagónico norte arriba y el campo de hielo patagónico sur abajo.



Figura 4.2.6. Imagen ASTER del 8 de enero de 2001 donde se ven las islas James Ross y Vega en la Península Antártica. Se puede observar que desde el centro de la isla el hielo se desplaza en todas direcciones.

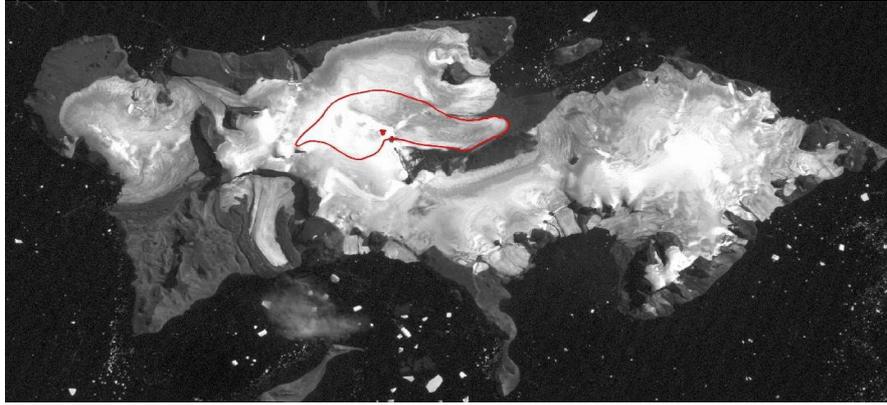


Figura 4.2.7. Imagen Landsat ETM 21 de febrero de 2000 donde se ve delimitado el glaciar de descarga bahía del Diablo, el cual fue definido mediante estudios basados en datos obtenidos en el terreno.

Los glaciares que se encuentran principalmente en las zonas de montaña reciben el nombre de “Glaciares de Valle y de Montaña”. En estas zonas, de todas las regiones del planeta, es fácil identificar su cuenca. Está bien definida el área de acumulación, ya sea en un valle o en una ladera de montaña y por lo tanto, en las fotografías (antiguamente) y en las imágenes satelitales (en la época más moderna) cada glaciar es identificable porque está circunscripto a un valle o sobre una ladera de la montaña, quedando los pocos o crestas rocosas expuestas y, por lo tanto, bien definido. Observar e identificar estos glaciares es posible inclusive con alguna experiencia mínima en la utilización de herramientas geomáticas. En la Figura 4.2.8 se muestra la región cercana a la ciudad de Ushuaia vista en Google Earth donde se puede apreciar el grado de facilidad para identificar las crestas de los cerros, los valles y los glaciares que en ellos se encuentran.

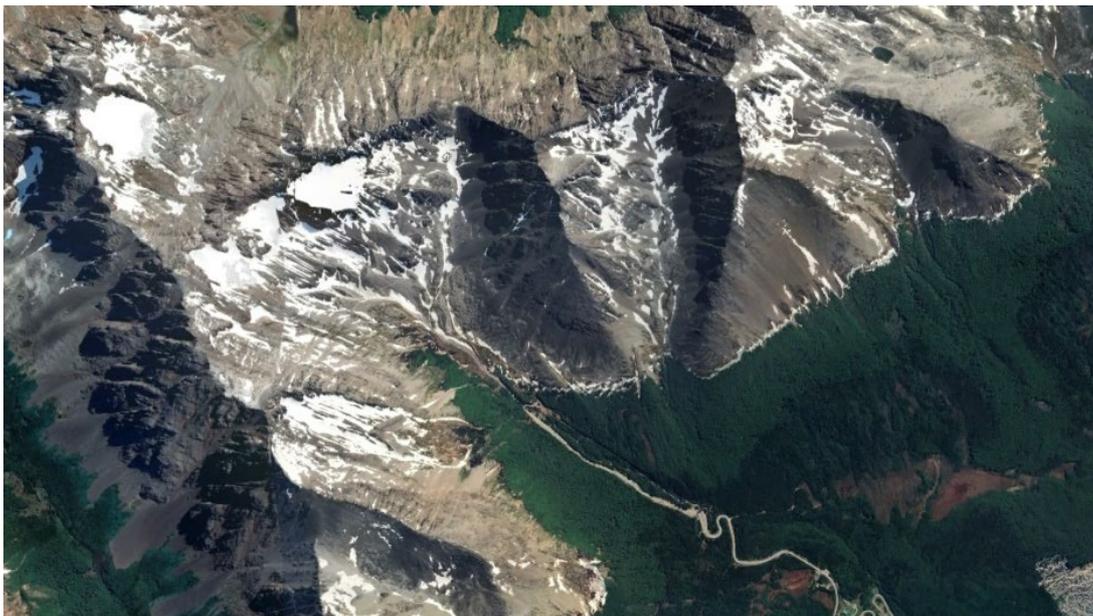


Figura 4.2.8. Glaciares de Valle y de Montaña cercanos a la ciudad de Ushuaia. Fuente: Imagen de Google Earth.

Por último, vamos a mencionar a las “Barreras de Hielo”. Estas masas de hielo se caracterizan por ser grandes extensiones de hielo, inclusive de miles de Km² que se encuentran flotando. Encontramos estas barreras de hielo alrededor de todo el continente antártico, las cuales no se encuentran flotando libremente si no que son la continuidad de otros grandes cuerpos de hielo que fluyen desde el centro del continente hacia los océanos. Estas barreras de hielo poseen un espesor considerable y además de estar alimentadas por glaciares que fluyen desde terrenos más altos, también incorporan masa de hielo por acumulación en su superficie o por congelamiento en la base y la pierden en forma de témpanos que se desprenden en el borde en contacto con el océano o pierden más en la interacción con el agua de su base debido a la transferencia de calor. En la Figura 4.2.9 se muestran vistas de la Barrera de Hielo Larsen B, localizada en la península Antártica, la cual ha sufrido enormes cambios por desintegraciones y por lo tanto es de gran interés para la comunidad científica internacional.

En el verano del año 2002, verano en el cual se registraron temperaturas positivas y muy altas por tiempo prolongado en la Base Maticzeno y la Base Marambio, la barrera de hielo Larsen B sufrió cambios de gran importancia en su superficie y en su estructura, llevándola a colapsar en el lapso de poco más de un mes. Se formaron grandes lagunas de agua sobre su superficie, que provocan fracturas en la barrera de hielo y estas se propagaron debido a las altas temperaturas. Este proceso culminó con la desintegración de más de 3.200 Km² de barrera de hielo de poco más de 200 m de espesor.

En la Figura 4.2.10 se muestra una imagen satelital del sensor MODIS donde se observan los resultados de los últimos días del proceso de desintegración. La gran extensión de la barrera de hielo, que estaba formada por una sola masa de hielo, se ve ahora como miles y miles piezas de un rompecabezas de hielo flotando en el mar.



Figura 4.2.9. Vista de la Barrera de Hielo Larsen B, Península Antártica

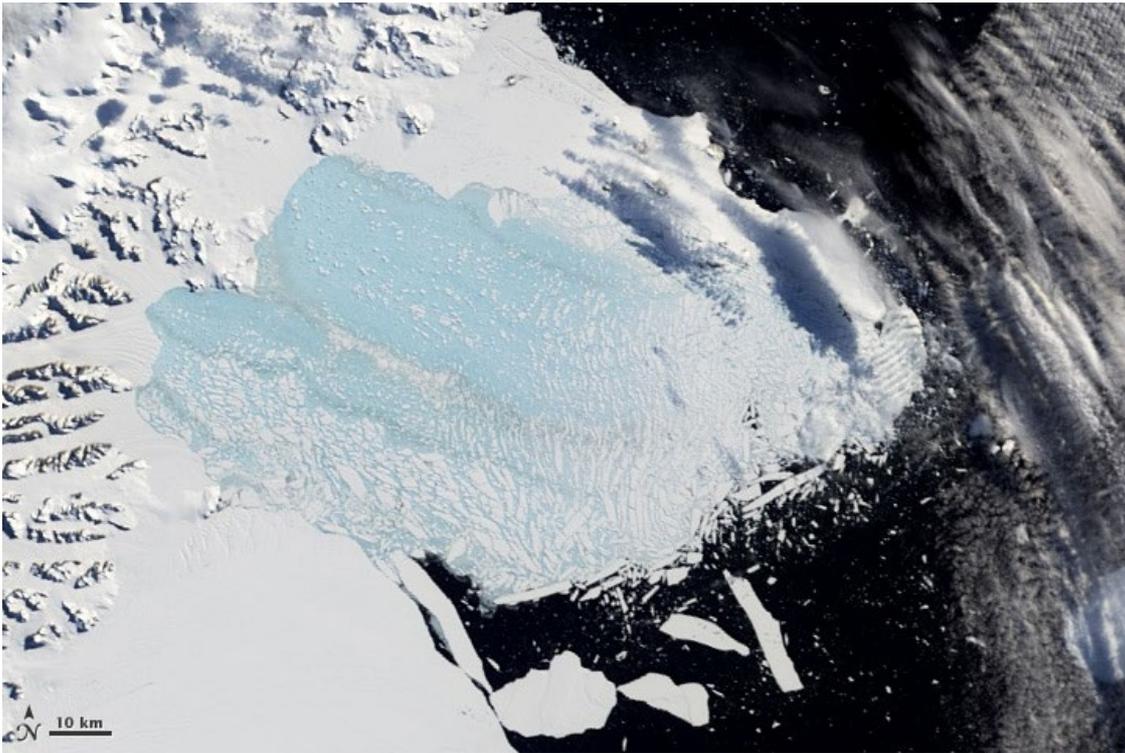


Figura 4.2.10. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).
Fuente: NASA's Terra satellite March 7, 2002.

En la Figura 4.2.11 se presenta un diagrama con las principales barreras de hielo del Continente Antártico y su localización. Puede verse que las dos mayores barreras de hielo cubren áreas de 500.000 km² cada una aproximadamente. Como veremos más adelante, el mayor flujo de hielo del continente lo hace a través de estas masas de hielo, que intervienen en la regulación de la dinámica del continente.

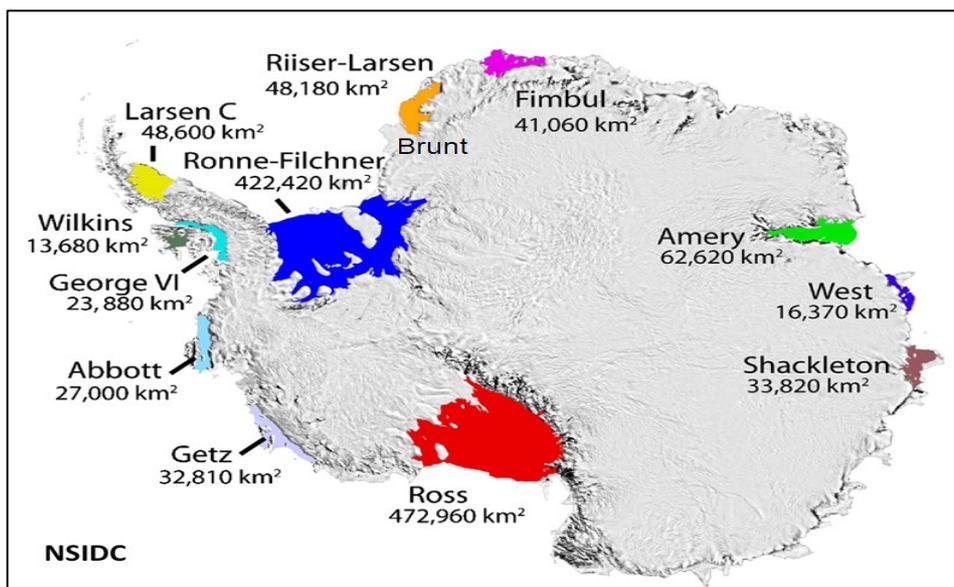


Figura 4.2.11. Principales Barreras de hielo del Continente Antártico y sus áreas aproximadas.
Fuente: National Snow and Ice Data Center (NSICD).

Dinámica de los glaciares

Como se detalló anteriormente, el proceso que da origen y mantiene en el tiempo a los glaciares se inicia con la precipitación de la nieve que luego se compacta y transforma en hielo. Este hielo se acumula y fluye pendiente abajo debido a la acción de la fuerza de gravedad. En la zona terminal del glaciar el glaciar pierde masa de hielo por derretimiento o por desprendimiento. En este proceso se pueden identificar dos partes, la primera es la de ganancia de masa (principalmente en invierno) y la segunda, la de pérdida de masa (principalmente en verano). Entonces, vemos que se trata de un proceso cíclico y que está sincronizado con las estaciones del año, por lo tanto, hablamos de un ciclo anual. De esta manera, podemos evaluar las condiciones en las que termina un ciclo el glaciar, como evoluciona durante el ciclo y en qué condiciones lo termina. Teniendo procesos de ganancia y pérdida de masa a lo largo del año permite hacer un balance anual, el cual se denomina “Balance de Masa” del glaciar. Si tomamos como inicio de un ciclo o periodo el fin de un verano cualquiera, luego de este punto comienza la época fría y de mayor precipitación. El glaciar comienza a acumular la nieve que se va precipitando y, por lo tanto, el resultado de la acumulación aumenta, y con ella, aumenta el resultado parcial del balance de masa anual del glaciar. Al finalizar el invierno, los principales procesos se corresponden con la baja de la precipitación y las pérdidas de masa por el aumento en las temperaturas. Con este aumento de las pérdidas, entonces, comienza a disminuir el resultado parcial del balance de masa anual del glaciar, al contrario que lo ocurrido durante el invierno. En la Figura 4.2.12 se presenta un diagrama temporal que abarca un período completo, es decir un año, que comienza luego de terminar el verano y por lo tanto, comienza con la época invernal.

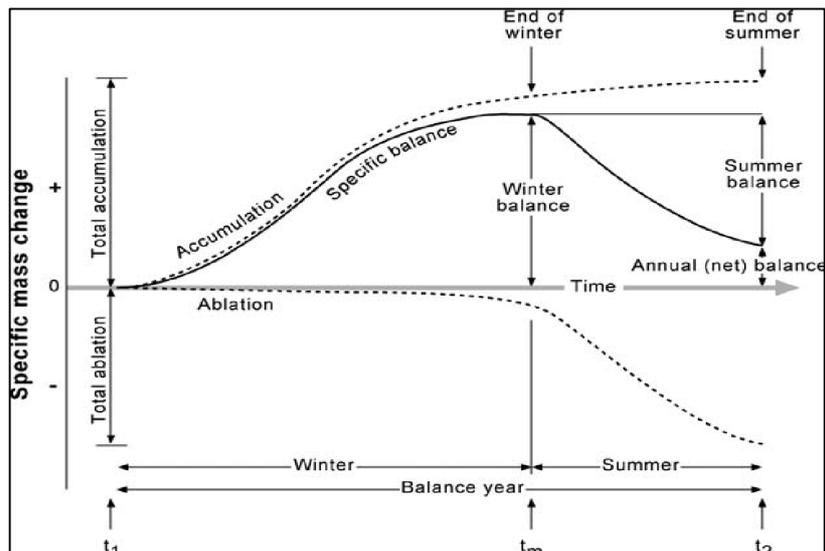


Figura 4.2.12. Diagrama de la evolución del balance de masa del glaciar durante un ciclo anual a medida que transcurren las estaciones.

Fuente: Cuffey y Paterson, 2010.

En resumen, balance de masa anual del glaciar no tiene mucho de distinto de otro tipo de balances, por ejemplo, el económico, más conocido habitualmente. En este último se computa todo el dinero que ingresa en un año, todo el dinero que egresa en el mismo período y la diferencia nos da si hubo ganancia o pérdida de dinero, o en todo caso, que la diferencia fue nula. Con el hielo en los glaciares se puede ejecutar el mismo procedimiento. Se computa toda la masa de hielo o nieve que ingresa durante el año a un glaciar, por un lado. Luego se computa toda la masa de hielo o nieve que se pierde en el mismo año. Y finalmente se realiza la suma algebraica de ambos resultados. De esta manera, el cómputo final puede tener tres resultados, que el glaciar haya ganado masa a lo largo del año, lo que se denomina “balance positivo”, que el glaciar haya perdido masa, denominado “balance negativo” y por último que no haya ocurrido ninguno de estos resultados y este hay sido cero, caso que se denomina como estado de “equilibrio” del glaciar. Además de la evolución presentada en la Figura 4.2.12, se puede observar en la Figura 4.2.13 cómo progresa el resultado parcial del balance de masa a lo largo del año en las diferentes zonas del glaciar ya detalladas.

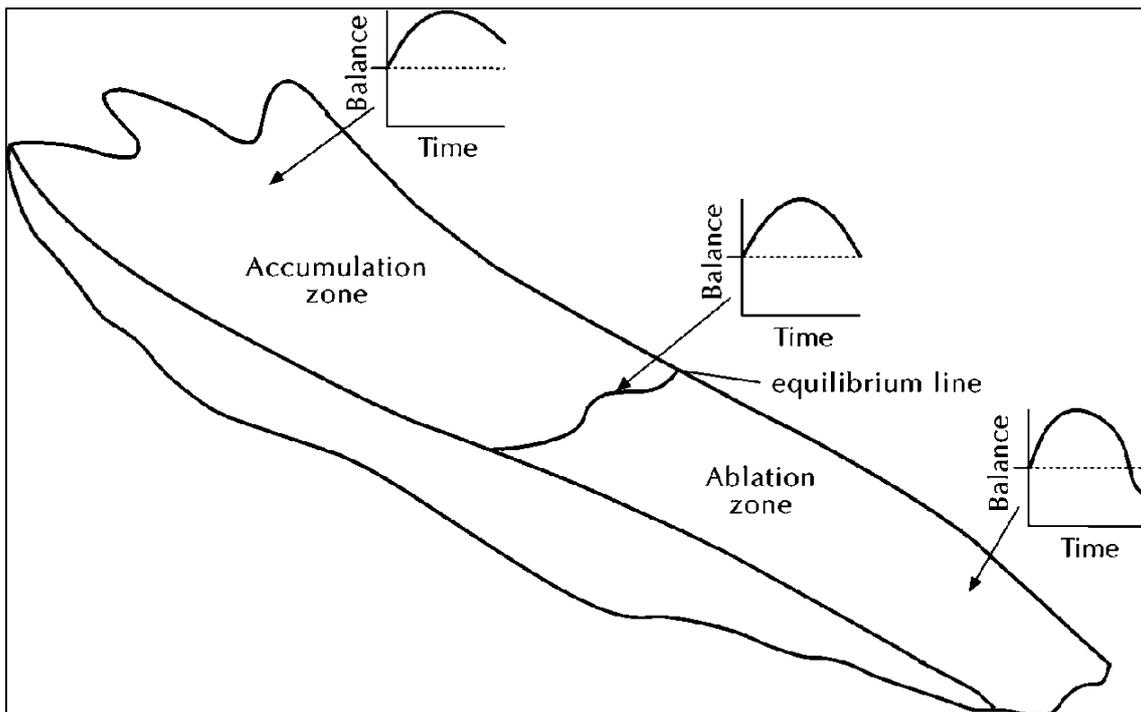


Figura 4.2.13. Representación del progreso del balance de masa anual del glaciar durante un año en las diferentes zonas del glaciar.

Fuente: Cuffey y Paterson, 2010.

Se ha mencionado que la nieve se transforma en hielo y luego fluye hacia abajo debido a la fuerza de la gravedad. Pero hasta ahora solo mencionamos la acumulación y pérdida de la masa. Nos ocuparemos ahora de la manera en la que fluye el hielo. Este fluir del hielo claramente está compuesto de un

movimiento. El hielo se deforma y desliza sobre el lecho rocoso, en mayor o menor medida dependiendo de la temperatura. Como vimos, en las regiones donde la temperatura puede estar por sobre el punto de fusión, entonces el glaciar tendrá una delgada capa de agua entre el hielo y el lecho rocoso, lo que actúa de lubricante y mejora las condiciones de deslizamiento. También depende este deslizamiento de la composición del lecho, habiendo glaciares donde este lecho está compuesto por distintos tipos de sedimento y granulometría que también cambian estas condiciones de deslizamiento.

Ahora bien, hablamos de ciclos anuales y de estaciones, principalmente de verano e invierno. Y también tenemos distancias que recorre el glaciar en su trayectoria. Para estas dos magnitudes, hay otra que las relaciona. La velocidad. Como el glaciar es un cuerpo que fluye, lo hará a una velocidad dada por las condiciones antes mencionadas. Pero como el cuerpo de hielo tiene dimensiones considerables, entonces es de esperar que no todo el cuerpo en su totalidad fluya a la misma velocidad. También estas velocidades tendrán una dirección de flujo, que estará dada en primer lugar por la pendiente del glaciar, pero también, de acuerdo a las zonas del mismo, tendrán una diferencia como se puede observar en la Figura 4.2.14. Aquí vemos que los vectores en la zona de acumulación tiene una dirección tendiente a ingresar hacia el interior del glaciar, mientras que en la zona de ablación, los vectores tienen una dirección tendiente a escapar del glaciar.

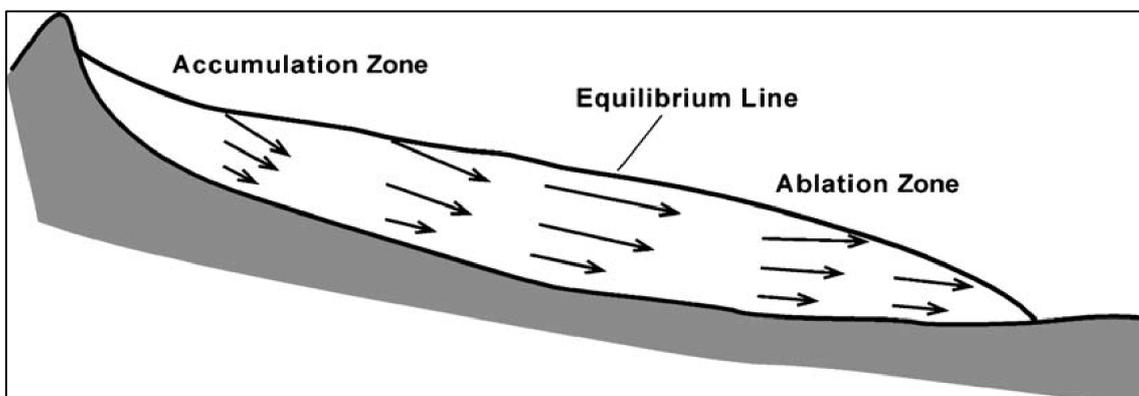


Figura 4.2.14. Vectores de velocidad en un glaciar de montaña
Fuente: LeB. Hooke, 2005.

Como se ve en la Figura 4.2.14, los vectores tienen una dirección en el sentido longitudinal del glaciar, es decir, de arriba hacia abajo. Además de estas direcciones, también existen diferencias en las velocidades transversales de un glaciar. En la Figura 4.2.15 vemos un corte de un glaciar en el cual se han realizado mediciones de velocidad superficial y dentro de perforaciones realizadas en el glaciar para determinar las variaciones a lo ancho y profundo del glaciar. Al igual que ocurre en una tubería o un canal por el que circula un líquido,

existen zonas de mayor rozamiento que ejercen un efecto de freno y por lo tanto, existen zonas por donde el líquido fluye más rápido.

Dentro de la masa de hielo de un glaciar, existen fuerzas de estrés y de cizalla que determinan la deformación y movimiento del hielo, que a su vez dependen de la temperatura a la que se encuentra el hielo en las diferentes capas o zonas. Estas fuerzas se estudian y modelan de acuerdo a las leyes de deformación y fluido de materiales. En la Figura 4.2.14 también se muestran en la sección de abajo el cálculo para modelo donde el lecho es parabólico, que si bien no es real, se aproxima a la forma de los valles de montaña, y con esta aproximación es posible realizar posteriormente mediciones y ajustar los modelos.

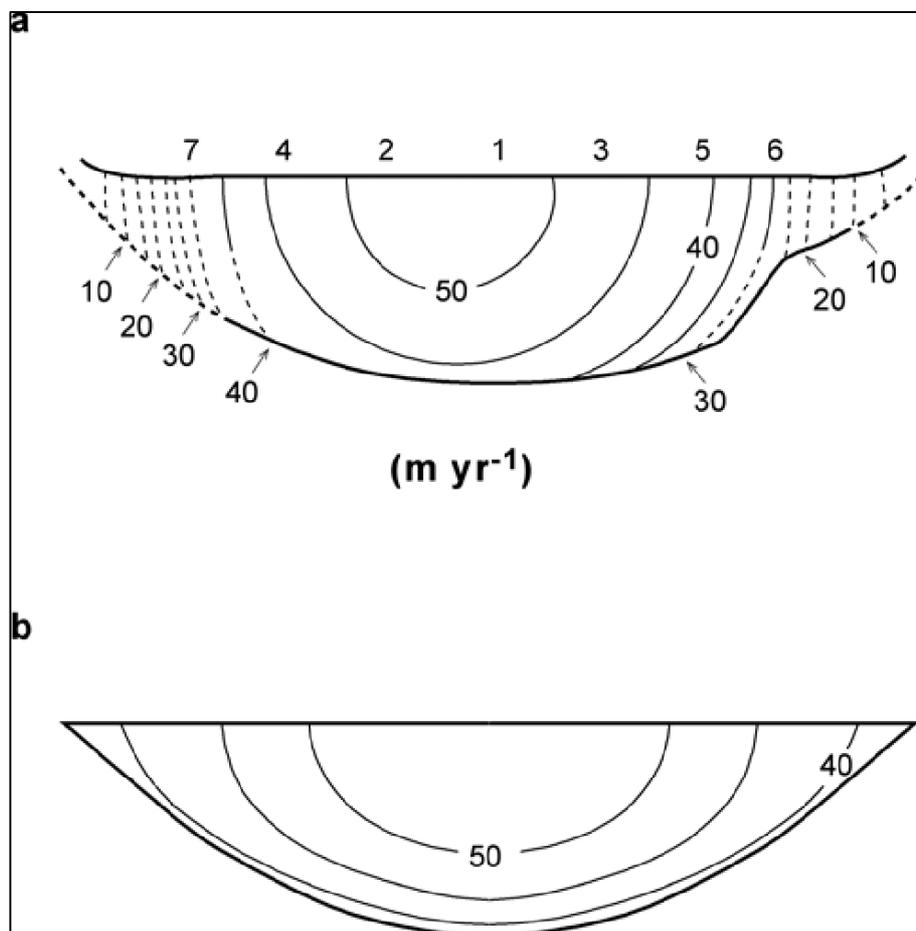


Figura 4.2.15. (a) Distribución de velocidades en una sección del glaciar Athabasca, medidos por Raymond (1971). Vectores de velocidad en un glaciar de montaña (LeB. Hooke 2005) (b) Distribución de velocidades computadas para un modelo parabólico por Nye (1965a)

Si bien hablamos de los glaciares como cuerpos de hielo, con algunas zonas de nieve húmeda o delgadas capas de agua en la base de los mismos, en los glaciares, cuando la temperatura supera el punto de fusión, es posible encontrar diversas formas en las que el agua en estado líquido se encuentra,

fluye o almacena temporalmente. En la Figura 1.2.16 se muestra un diagrama esquemático de distintas características y elementos que componen el sistema hidrológico de un glaciar. El esquema muestra los diferentes elementos, pero esto no significa que todos se encuentran en todos los glaciares del planeta. Dependiendo su ubicación, tamaño, altura, temperatura, regímenes de precipitaciones, velocidades del hielo y deformaciones, encontraremos glaciar con solo algunas de ellas. Así, uno de los más famosos glaciares del mundo, el Perito Moreno, tiene grandes grietas y sistemas de canales y moulines en la superficie, en la zona de acumulación por donde es posible realizar travesías de trekking para visitantes. Caminar por sobre el glaciar Perito Moreno permite ver estos majestuosos canales y ríos, especialmente en la época estival, donde la cantidad de agua aumenta.

En los glaciares del continente antártico es posible encontrar todas estas características y tipos de redes hidrológicas, pero como ya se ha mencionado, no son accesibles sencillamente para el común de las visitas turísticas que recorren las aguas a bordo de cruceros o embarcaciones menores. En los glaciares del norte de la Península Antártica es posible encontrar ríos de agua que fluyen con gran cantidad de agua en la superficie. Existen otros glaciares de grandes dimensiones donde las grietas tienen hasta decenas de metros de ancho y grandes en longitud. Nuevamente, desde el punto de vista de la atracción turística, hay pocos sitios accesibles cercanos a las costas para observar estos fenómenos. También es necesaria tener la condición de temperaturas positivas para que la fusión del hielo sea mayor y por lo tanto la producción de agua. En estas condiciones, es posible observar al recorrer glaciares que terminan en las costas cascadas de agua, en particular en días calurosos, pero no son las más frecuentes.

En algunos glaciares y barrera de hielo de la Península Antártica es posible encontrar lagos supraglaciares y también mediante estudios cambios a través de datos satelitales, se han detectado lagos intra-glaciares, pero por supuesto estos no son visibles. Los superficiales también tiene dificultad de observación debido a que se encuentran a una distancia considerable del frente del glaciar o de la costa. A modo de ejemplo, se muestra un túnel terminal de un glaciar de Perú en la Figura 4.2.17. Este túnel frontal se generó gracias a la descarga de grandes cantidades de agua que fueron armando una red hidrológica en el glaciar para transportar toda el agua que se funde en las distintas zonas del glaciar, se unen una red por debajo del mismo y terminan en ríos de mayor caudal donde desagota toda el agua generada.

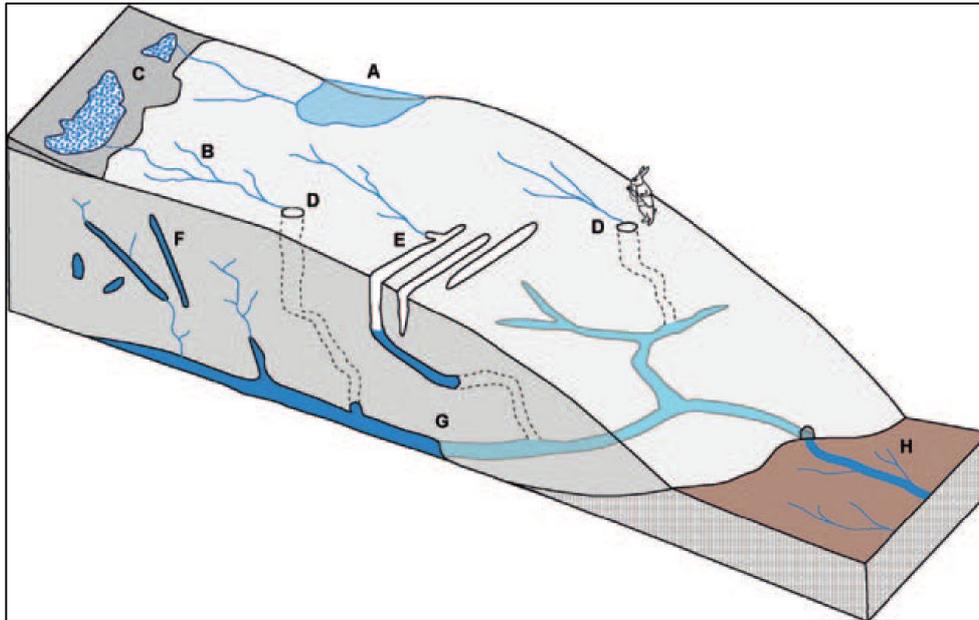


Figura 4.2.16. Algunos elementos del hidrológico de un glaciar. (A) Lagos supraglaciares. (B) Cursos superficiales. (C) Zonas inundadas cerca del límite del firn. (D) Moulins, túneles de drenaje. (E) Grietas que reciben agua. (F) Fracturas internas llenas de agua. (G) Túneles subglaciares que llegan hasta el frente del glaciar. (H) Ríos de salida por donde escurre toda el agua originada en las características A a G.
Fuente: Cuffey y Paterson, 2010.



Figura 4.2.17. Túnel terminal del glaciar Pastaruri en Perú
Fuente: Cuffey y Paterson, 2010.

Balance de Energía

La temperatura del cuerpo de hielo del glaciar, de su superficie y también de las precipitaciones dependen en última medida de la energía recibida del sol, que es la fuente principal de la cual el planeta recibe energía y que por lo tanto afecta a los glaciares. La energía geotérmica es mucho menor y no se tiene en cuenta, salvo en casos de procesos muy locales.

La Figura 4.2.18 presenta un diagrama del flujo de energía que atraviesa la atmósfera e interacciona con la superficie del planeta. Hay dos tipos de energía de acuerdo a su longitud de onda. La energía de onda corta y la energía de onda larga. La energía de onda larga es la que produce el efecto invernadero. Por supuesto, este diagrama es general y para cada región o glaciar, las relaciones variarán.

La energía proveniente del sol no arriba completamente a la superficie terrestre, y la que lo hace, tampoco es absorbida en su totalidad. Parte de la energía es reflejada nuevamente al espacio por la atmósfera y otra parte es absorbida por las nubes, por el vapor de agua, partículas y el ozono de la atmósfera. Además, también tenemos que una parte de la energía que finalmente llegó a la superficie también es reflejada por esta última, por ejemplo en el caso de las superficies blancas de la nieve fresca, donde la energía se refleja más que en las zonas de hielo libre. La energía que tiene almacenada el planeta y es emitida en forma de energía de onda larga. El proceso de absorción o rechazo de energía se da en todo el planeta para todas las superficies, sea cual sea la cobertura. En la superficie total terrestre, la energía solar absorbida está en un equilibrio aproximado con la energía irradiada y el calor latente. En el caso de los glaciares, el flujo de energía entrante calienta, por ejemplo, la superficie y derrite la nieve o el hielo, o en el caso contrario, congela el agua todavía en estado líquido. Estos ciclos van cambiando a lo largo del día y de las diferentes estaciones del año. Los factores que afectan directamente el derretimiento del hielo son:

1. Luz solar directa, cuando no hay nubes y en los horarios del mediodía
2. Baja reflectividad de la superficie, por ejemplo cuando la superficie del glaciar se encuentra con sedimentos provenientes de una tormenta o cuando hay agua en la nieve o hielo, que tiene más capacidad de absorción.
3. Una atmósfera cálida, como por ejemplo en verano, incrementa los efectos del efecto invernadero y la transferencia de calor hacia la superficie.

4. La humedad de la atmósfera también incrementa el efecto invernadero, puede facilitar la formación de nubes, y por lo tanto, también contribuir a la pérdida de masa del glaciar.

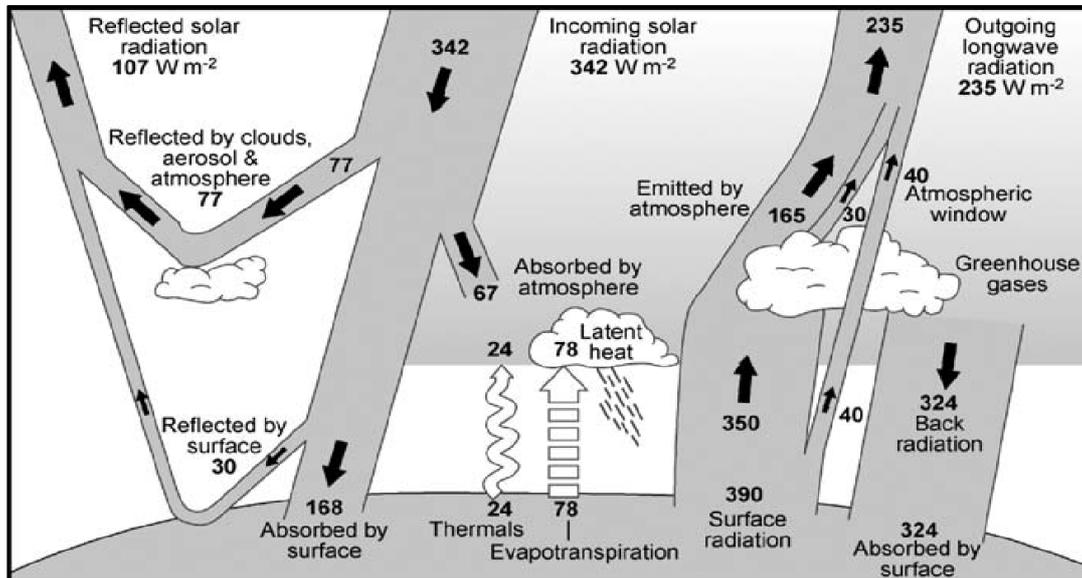


Figura 4.2.18. Flujo de energía a través de la atmósfera y que interactúa con la superficie terrestre.

Fuente: Cuffey y Paterson, 2010.

El balance de energía de un glaciar tiene por objeto el estudio del comportamiento anual, para lo cual se deben instalar sensores que midan los parámetros involucrados (temperatura, humedad, viento, radiación, etc.) para poder utilizar un modelo como el indicado en la Figura 4.2.18 y poder obtener una conversión entre el valor de energía y la cantidad de hielo o nieve que el glaciar perdió. A continuación, en la Figura 4.2.19, se ve una estación meteorológica automática que tiene por objeto medir la mayor cantidad de variables atmosféricas posibles para luego llevar a cabo los estudios de energía y contrastarlos con los otros resultados obtenidos.

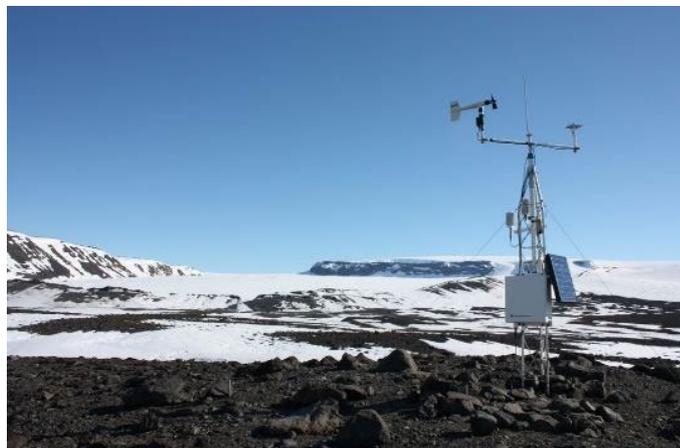


Figura 4.2.19. Estación meteorológica automática utilizada para las determinaciones de los flujos de energía en las zonas de glaciares

Glaciares del Sector Antártico Argentino

El Continente Antártico tiene 14 millones de km², superficie que está cubierta en un 99% por hielo. Esta gran masa de hielo está formada por miles de glaciares de los más diversos tamaños, tipos, formas, con regímenes térmicos que varían, es decir con dinámicas particulares debido a la gran extensión del continente. En el caso particular del Sector Antártico Argentino (25° O-74° O, 60°S-Polo Sur) pueden contabilizarse más de 2000 glaciares, cifra estimada ya que muchos están en zonas de muy difícil acceso lo que limita tanto su relevamiento como el del ambiente periglacial.

Debido a su gran extensión, realizar relevamientos e inventarios de glaciares es una tarea sumamente ardua y dificultosa. Es así que las fuentes de información existentes son aquellas provenientes de los estudios de los diversos programas antárticos nacionales que realizan tareas de investigación en los glaciares de la Antártida. Actualmente, la principal fuente de datos de estudio proviene de datos satelitales, que luego de ser procesados y publicados en la comunidad científica son incorporados a los repositorios glaciológicos internacionales como el *Antarctic Digital Database* en los que Argentina abastece y colabora activamente. En la Figura 4.2.20 se presenta un mapa del Sector Antártico Argentino con los glaciares en él delimitados. A simple vista se puede observar que hay una gran diversidad de tamaños y formas del glaciar. Muchos glaciares se localizan en zonas inaccesibles desde el punto de vista logístico, ya que no se puede arribar en embarcaciones ni tampoco por vía aérea por no tener un punto de partida cercano para la operación de helicópteros o la posibilidad de realizar aterrizajes por medio de aviones, ya que se dispone de una pista para tal fin.

En el Sector Antártico Argentino, se encuentra una de las barreras de hielo más grandes del continente, la barrera Ronne-Filchner y una de las barreras de hielo que ha sufrido desprendimientos importantes en los últimos años, la barrera Larsen C. En la Figura 1.2.21 se ven las velocidades del flujo de hielo del continente antártico, y en particular, se nota las grandes masas de hielo en movimiento al sur del Mar de Weddell en el Sector Antártico Argentino.

Las barreras de hielo tienen una función fundamental en la regulación del flujo de hielo que se origina en el continente y en las montañas a alturas por sobre el nivel del mar. Las barreras de hielo ofrecen una resistencia en la zona donde el glaciar toma contacto con el océano y en caso de retraerse o desintegrarse, el flujo de hielo aumentaría, con lo cual el intercambio de masa entre las zonas centrales del continente y el océano también aumentarían. Este proceso puede ser natural para la dinámicas de las masas de hielo, pero al incrementarse el intercambio de hielo y no modificarse el régimen de precipitaciones, es decir, que no ingresa más nieve por precipitaciones, provocaría una gran pérdida de masa de hielo del continente, es decir una

balance de masa muy negativo, que terminaría en un traspaso de masa de los glaciares a los océanos, incrementando su nivel medio y por lo tanto afectado a muchas ciudades costeras a lo largo del planeta.

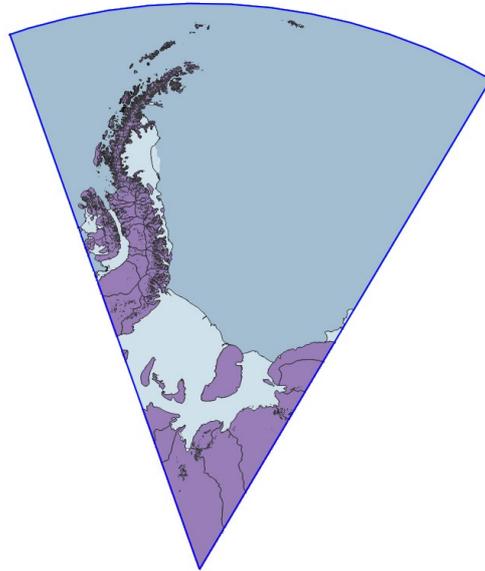


Figura 4.2.20. Mapa del Sector Antártico Argentino con las divisorias de glaciares y barras de hielo.

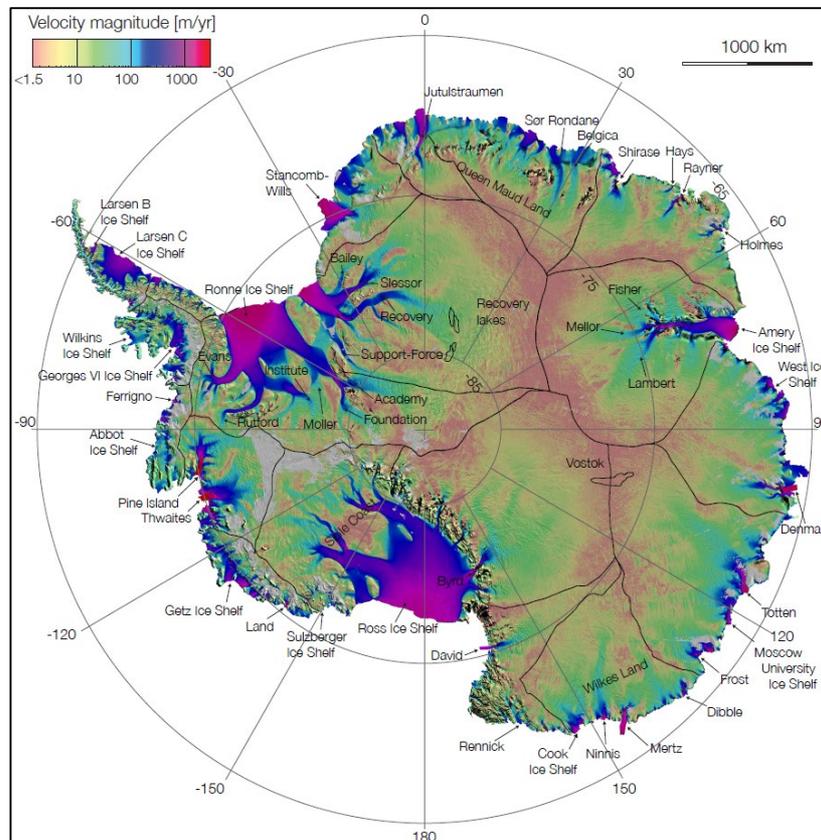


Figura 4.2.21. Mapa de velocidades del flujo de hielo.
Fuente: Earth Observatory, 2011.

Hielo Marino

El hielo marino, como se puede ver en su nombre, también está compuesto de hielo. Pero al contrario de los glaciares que hemos visto hasta ahora, se forma por el simple proceso de congelamiento del agua del mar debido a las bajas temperaturas del continente antártico. En aquellas zonas más hacia el sur, donde las temperaturas son más bajas, el mar permanece congelado a lo largo del año. Pero a medida que nos alejamos hacia el norte, y en las estaciones de primavera y verano, las temperaturas aumentan. Con este aumento, el hielo se va descongelando y el área cubierta por este va disminuyendo. El espesor de mar que se congela es de solo algunas decenas de centímetros, dependiendo de la profundidad y de las corrientes en cada lugar. Una vez que se congela, el mismo hielo propicia de aislante y por lo tanto no se congela un espesor más grande. Entonces, podemos ver que la dinámica del hielo marino también es distinta a la de los glaciares. El comportamiento que se observa en el hielo marino en relación al transcurso del tiempo es en el cambio de la extensión que cubre alrededor del continente antártico, llegamos a cubrir una superficie mayor a la superficie terrestre.

En la Figura 4.2.22 se ve un gráfico obtenido a partir de imágenes satelitales que representa la extensión del hielo marino alrededor del continente para una fecha específica. A lo largo de los años se han obtenido gran cantidad de datos, con la que se puede generar un frente de referencia para comparar el estado actual del hielo marino con lo que podríamos esperar como normal. Ese borde está graficado en color naranja.

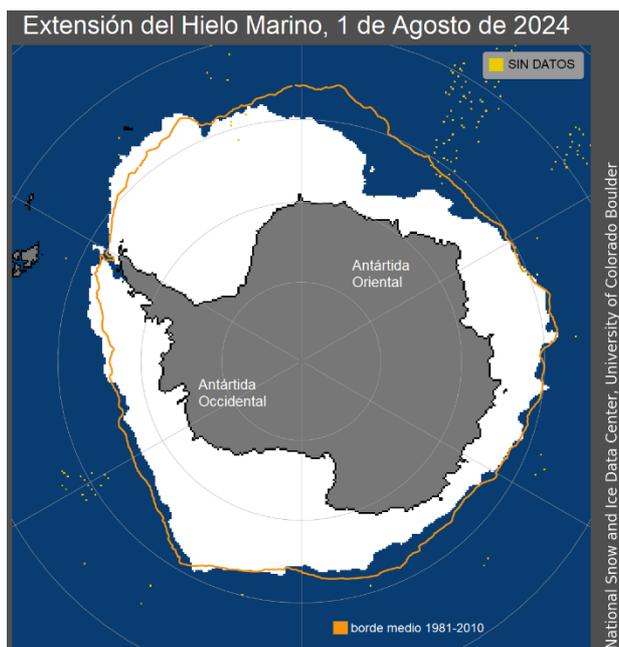


Figura 4.2.22. Extensión del hielo marino alrededor del continente antártico, NSIDC.

Al cubrir gran extensión del mar con hielo, esa superficie también cambia las condiciones de absorción de energía al ser una superficie que refleja la energía proveniente del sol. De esta manera, al no recibir energía, no se calienta (o se enfría), lo que mantiene más el mar en estado de hielo. Al contrario, si el hielo se convierte en agua, esta tiene una capacidad de absorción de energía mayor, que derrite más hielo, lo cuál podría provocar un ciclo que podría terminar más calentamiento. Esta es una de las razones por la cual es importante el estudio del estado del hielo marino, sus cambios a lo largo del año, y su estadística a lo largo del tiempo.

A su vez, el mar congelado puede ofrecer resistencia en algunos de los glaciares que fluyen desde el interior del continente, ofrece un lugar para la nidificación de algunas especies, interviene en la producción de microfauna que ocurre por debajo de la superficie. Como podemos ver, la existencia, su dinámica, su extensión y su comportamiento están relacionados como muchos procesos o actividades propias de la naturaleza.

Por último, podemos abordar el hielo marino desde el punto de vista de la actividad humana. Debido a que las actividades logísticas y turísticas se llevan en mayor medida utilizando medios de navegación, es de suma importancia realizar un seguimiento en tiempo real del alcance y espesor del hielo marino en las distintas rutas navegables para que las embarcaciones puedan realizar sus travesías programas en forma segura, o en todo caso, realizar cambios en la planificación de acuerdo a la ubicación del borde del mar congelado para cada zona y temporada en particular.

4.2.4 Actualidad científica

Desde el área de la glaciología, y como se ha visto que casi la totalidad del continente está cubierto de hielo, las investigaciones a nivel internacional tienen una relevancia de gran importancia para toda la comunidad científica. Por solo mencionar un ejemplo, la interacción con los océanos puede provocar el aumento del nivel del mar, afectando a millones de habitantes del planeta.

Por las dificultades logísticas de acceso a los glaciares y los escasos puntos de acceso por parte de programas antárticos internacionales favorecen los trabajos en colaboración entre distintos países. Argentina no está fuera de este sistema de colaboración, y nuevamente en el caso del estudio de los glaciares antárticos, posee colaboración activa con investigadores de países que tienen gran trayectoria en la actividad antártica al igual que Argentina.

Las tareas desde Argentina son coordinadas por el Instituto Antártico Argentino (IAA), que posee programas propios de monitoreo de glaciares, particularmente sus dinámicas y sus balances de masa anuales. En la Figura

4.2.23 se pueden observar trabajos realizados por el IAA en glaciares del Sector Antártico Argentino.

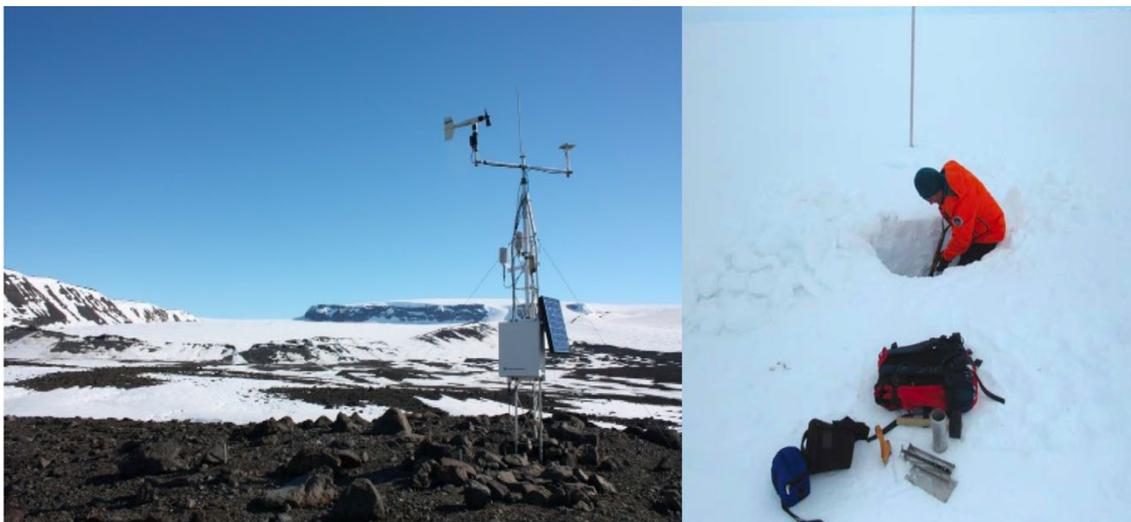


Figura 4.2.23 Trabajos glaciológicos en la Barrera de Hielo Larsen C (izq.) y monitoreo y balance de masa del glaciar Bahía del Diablo, isla Vega (der.).

En complemento de las tareas realizadas en los glaciares mediante actividades in situ, para lo que se requiere la realización de campamentos de trabajo, se desarrollan y utilizan sensores de monitoreo remoto junto a imágenes satelitales para interrelacionar todos los datos y generar los trabajos de investigación que luego la comunidad científica utiliza como punto de partida para la siguiente línea de investigación, ya sea para mejorar los resultados, o como dato insumo para modelados o para desarrollar otro tipo de estudios.

En general, se destaca la labor del IAA, con décadas de trabajo para vincular el calentamiento global a diferentes aspectos glaciológicos, en distintos ambientes de la Península Antártica. Al noreste de la Península Antártica, debido a las posibilidades logísticas existentes en la Base Marambio, es posible efectuar mediciones que sirvan para los cálculos del balance de masa glaciares, la realización de vuelos de reconocimiento glaciológico y aero-fotográfico, mapeo de los frentes y márgenes, mediciones de espesor de los glaciares y también el mantenimiento de estaciones meteorológicas y de cámaras fotográficas secuenciales.

En particular desde el año 2000 el IAA trabaja específicamente en el monitoreo del balance de masa del glaciar Bahía del Diablo, en Isla Vega, lo que lo convierte en uno de los glaciares con mayor cantidad de registros de este tipo. Los resultados del monitoreo permitieron determinar que dicho glaciar ha perdido sistemáticamente parte de su masa debido a efectos del cambio climático, y son publicados periódicamente en el Servicio Mundial de Monitoreo de Glaciares (World Glacier Monitoring Service – WGMS). En la Figura 4.2.24 se muestran los

resultados de los balances de masa anuales que se han obtenido del glaciar Bahía del Diablo a través del programa.

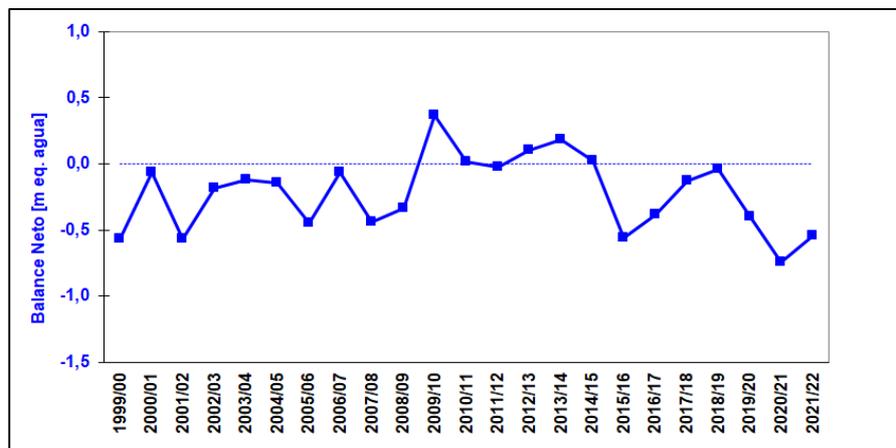


Figura 4.2.24. Series de datos de balance de masa del Glaciar Bahía del Diablo, isla Vega, Península Antártica

A nivel internacional, y debido al interés mundial, existe gran cantidad de proyectos de investigación, en los que Argentina no participa por la sencilla razón de quedar ubicado en una región por fuera del Sector Antártico Argentino, o por ser gran cantidad de trabajos que exceden a un programa nacional. Muchos de estos proyectos utilizan datos provenientes de sensores remotos, principalmente imágenes satelitales, con los que se pueden obtener resultados de cambios u observaciones a nivel continental. Un ejemplo de este tipo de abordaje corresponde a la determinación del balance de masa a nivel continental. Es imposible realizar tareas de campo para obtener un balance de masa con datos de terreno de toda la extensión del continente con una distribución uniforme y durante el mismo período de tiempo. Es por este motivo que par estos casos, las imágenes satelitales y de sensores remotos permiten obtener resultados como los presentados en la Figura 4.2.25.

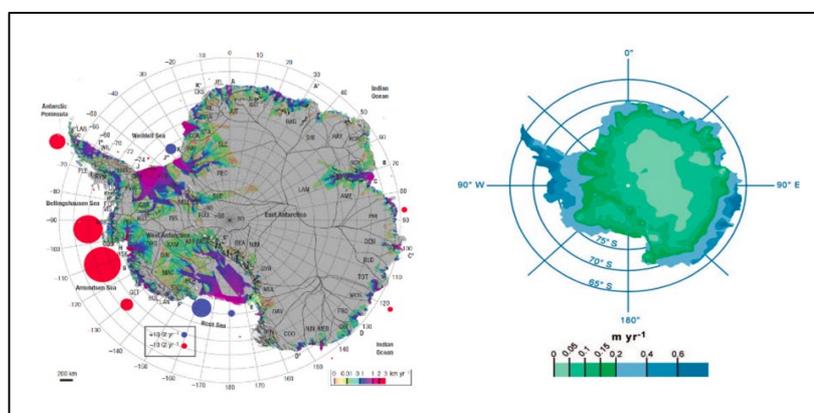


Figura 4.2.25. Balance de masa Balance de Masa de la Antártida (Rignot et al., 2008) (izq.), Balance de masa durante el fin del siglo XX según (adaptado de Vaughan et al. 1999) (der.)

Referencias bibliográficas y fuentes

- Cuffey, K. M. y Paterson, W. S. B. (2010). *The physics of glaciers*. Academic Press.
- Earth Observatory (2011). *First Map of Antarctica's Moving Ice*. Disponible en: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/51781/first-map-of-antarcticas-moving-ice>
- Ermolin, E.; Silva Busso, A. y Glazovskiy, A. (2015). *Ambientes glaciares y periglaciares: Formación y desarrollo*. Green Cross Argentina.
- Hooke, R. LeB. (2005). *Principles of glacier mechanics*. Cambridge University Press.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Atlas de Glaciares de la Argentina / compilado por Leandro García Silva ... [et al.]. 1ra edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019, 224 páginas. ISBN 978-987-46796-9-7

Capítulo 5

Ciencias de la atmósfera

5.1 Introducción

En este capítulo, se desarrollarán los conceptos necesarios para entender los factores relevantes referidos a la atmósfera terrestre, los fenómenos meteorológicos y climáticos, con énfasis en los aspectos relacionados a los fenómenos atmosféricos que se desarrollan en el territorio austral que forma parte de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, y su interrelación con la alta atmósfera de la Tierra y el entorno terrestre, además de la disciplina denominada Meteorología del Espacio, cuyos efectos pueden afectar las capacidades tecnológicas instaladas tanto en Tierra como en el Espacio y cuya investigación cuenta en la Antártida Argentina con laboratorios para medición del flujo de rayos cósmicos secundarios de última generación que, junto a otras variables medidas en el entorno Terrestre y el Sol, permiten el monitoreo de tal disciplina. Por lo tanto, el enfoque de este capítulo será el desarrollo de los distintos fenómenos desde la baja tropósfera (donde se desarrolla la vida y las actividades cotidianas) y los eventos meteorológicos tradicionales poniendo el enfoque en los eventos particulares que ocurren en altas latitudes del hemisferio sur y continuando el desarrollo de los temas hacia las capas superiores de la atmósfera, el fenómeno auroral, la relación con la magnetósfera terrestre y el espacio.

La Antártida, conocida por ser el continente más frío, ventoso y seco de la Tierra, experimenta temperaturas extremadamente bajas que pueden descender hasta los -80°C en invierno. La presencia del casquete polar antártico, que alberga alrededor del 90% del agua dulce congelada del planeta, ejerce una influencia destacada en el clima y los fenómenos meteorológicos de la región. La circulación atmosférica y oceánica alrededor de la misma, especialmente el vórtice polar y las corrientes marinas circumpolares, desempeñan un papel crucial en la determinación del clima antártico y su interacción con el resto del planeta.

La Antártida es una región única en el mundo, caracterizada por su clima extremo y sus fenómenos meteorológicos peculiares. La presencia del continente antártico y la circulación atmosférica y oceánica que lo rodea generan condiciones climáticas particulares, que influyen en el clima global y en la comprensión de los procesos atmosféricos. En este documento, se explorarán

en detalle los fenómenos meteorológicos antárticos, su impacto en el clima regional y global, y su relevancia en la investigación científica y la comprensión del cambio climático.

5.2 Relevamiento y sistematización de documentos

Necesariamente la lista de fuentes revisadas no es exhaustiva, pero sí representativa de algunos de los temas de mayor relevancia. En algunos de los casos los contenidos son muy técnicos por lo que se ha extractado un par de conceptos principales tratando de no utilizar formulaciones matemáticas o complejidades que pueden ser difíciles de entender para el público en general. En el caso de las revistas o historietas se trata de utilizarlos como ejemplos o inspiración a la hora de utilizar este tipo de recursos para niños. En la Tabla 5.1 se presenta una síntesis de las fuentes revisadas.

Autores	Tema	Punto Focal o de Interés Identificado
Bothmer, V. y Daglis, I. A. (2007). <i>Space weather-Physics and effects</i> . Springer.	Clima Espacial. Física y Efectos	Comprender la física y los efectos del clima espacial.
González-Herrero, S.; Navarro, F.; Pertierra, L.; Oliva, M.; Dadic, R.; Peck, LL. y Lehning, M. (2023). Southward migration of the zero-degree isotherm latitude over the Southern Ocean and the Antarctic Peninsula: Cryospheric, biotic and societal implications. <i>Science of the total environment</i> 912, 168473	Migración hacia el sur de la latitud de la isoterma de cero grados sobre a Península Antártica:	Investigar las consecuencias criosféricas, bióticas y sociales de la migración hacia el sur de la latitud de la isoterma de cero grados.
Turner, J.; Colwell, S. R.; Marshall, G. J.; Lachlan-Cope, T. A.; Carleton, A. M.; Jones, P. D.; Lagun, V.; Reid, P. A. y Lagovkina, S. (2005). Antarctic climate change during the last 50 years. <i>International Journal of Climatology</i> , 25, 279-294.	Cambio climático antártico durante los últimos 50 años	Examinar las tendencias del cambio climático en la Antártida durante las últimas cinco décadas.
Turner, J.; Bindshadler, R.; Convey, P. di Prisco, G. Fahrbach, E.; Gutt, J.; Hogson, D.; Mayewski, P. y Summerhayes, C. (Eds.) (2009). <i>Antarctic climate change and the</i>	Cambio Climático Antártico y el Medio Ambiente	Evaluar el impacto ambiental del cambio climático antártico.

Autores	Tema	Punto Focal o de Interés Identificado
environment. SCAR.		
Turner, J. (2003). The meteorology and climatology of the Antarctic plateau. <i>Memorie della supplementi</i> , Vol. 2, 26-31.	La Meteorología y Climatología del Plateau Antártico	Particularidades de la meteorología y climatología del Plateau Antártico.
Hultqvist, B. (1964). <i>Aurora</i> . Goddard Space Flight Center.	Aurora: Una Revisión	Proporcionar una revisión de las auroras, centrándose en partículas energéticas.
Chamberlain, J. W. (1961). <i>Physics of the Aurora and Airglow</i> . Academic Press.	Física de la Aurora y el Brillo Atmosférico	Explorar la física detrás de las auroras y el brillo atmosférico.
Gulisano, A. M.; Dasso, S.; Areso, O.; Pereira, M.; Santos, N. A.; López, V.; Lanabere, V. y Ochoa, H. (2020). State of the art and challenges of the ARgentine space weather laboratory (LAMP) in the Antarctic península. <i>Boletín de artículos científicos de la Asociación Argentina</i> , Vol. 62, 280-285.	Estado actual y desafíos del Laboratorio Antártico de Clima Espacial (LAMP) en la Península Antártica	Evaluar el estado actual y los desafíos del Laboratorio Antártico de Clima Espacial (LAMP) en la Península Antártica.
Santos, N. A.; Dasso, S.; Gulisano, A. M.; Areso, O.; Pereira, M.; Asorey, H. y Rubinstein, L. (2023). First measurements of periodicities and anisotropies of cosmic ray flux observed with a wáter-Cherenkov detector at the Marambio Antarctic base [en prensa].	Primeras mediciones de periodicidades y anisotropías del flujo de rayos cósmicos observadas con un detector de agua-Cherenkov en la base antártica Marambio	Flujo de rayos cósmicos en la base antártica Marambio utilizando un detector de agua-Cherenkov.
Chwon, S. L.; Leihy, R.; Naish, T.; Brooks, C. M.; Convey, P.; Henley, B. J.; Mackintosh, A. N.; Phillips, L. M.; Kennicutt, M. y Grant, S. M. (s/f). <i>Antarctic climate change and the environment</i> . SCAR.	Cambio Climático Antártico y el Medio Ambiente: Una Sinopsis Decenal y Recomendaciones para la Acción	Proporcionar una sinopsis del cambio climático antártico durante una década y recomendar acciones.
Hapgood, M.; Liu, H. y Lugaz, N. (s/f). SpaceX – sailing close to the space weather? [en prensa].	SpaceX – Navegando cerca del clima espacial	Efectos de la Meteorología del espacio sobre la tecnología satelital de SpaceX

Tabla 5.1. Síntesis de fuentes revisadas

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA

La Atmósfera

La envoltura gaseosa que rodea la Tierra, conocida como atmósfera, se extiende a una altitud superior a 500 km, con la mitad de su masa concentrada en los primeros 5 km debido a la influencia de la gravedad.

Esta mezcla gaseosa está formada por diversos componentes, siendo el nitrógeno (N) el más abundante con un 78,1%, seguido del oxígeno (O) con un 20,9%, lo que en conjunto representa el 99% de la composición atmosférica. Otros gases presentes en proporciones mínimas incluyen vapor de agua (H₂O), ozono (O₃), metano (CH₄) y azufre (S).

El conjunto de gases, denominado aire, desempeña un papel crucial en la sostenibilidad de la vida en nuestro planeta al actuar como escudo protector contra temperaturas extremas, impactos de meteoritos y radiaciones solares o cósmicas perjudiciales para la salud, como los rayos ultravioletas.

Variables meteorológicas y capas atmosféricas

Algunas de las variables meteorológicas de estudio son la presión, la temperatura, la precipitación, la magnitud y dirección de los vientos entre otras. La presión atmosférica se define como la fuerza ejercida en un metro cuadrado de la columna de aire sobre la superficie terrestre. Por otro lado, la sensación térmica, o el frío inducido por el viento, es un factor refrescante que surge de la combinación de la velocidad del viento y la temperatura, generando condiciones en las cuales la presencia de viento hace que la temperatura percibida sea significativamente más baja que en su ausencia. Este fenómeno puede ser fácilmente medido mediante dos termómetros, uno de los cuales tiene la sonda humedecida y expuesta al viento. En un mismo punto, ambos termómetros mostrarán lecturas de temperatura distintas.

La temperatura en la atmósfera varía con la altitud, experimentando disminuciones o aumentos dependiendo de la sección. Esta variabilidad ha llevado a la clasificación de la atmósfera terrestre en distintas capas para facilitar su estudio.

La troposfera, la capa más cercana a la superficie terrestre, presenta una disminución de temperatura a medida que aumenta la altura. Constituye el 75% de la masa atmosférica y alberga la mayor parte del vapor de agua. Su espesor varía, siendo aproximadamente de 10 km en los polos y de 15 a 20 km en el ecuador. En esta capa tienen lugar fenómenos meteorológicos y climáticos. La estratosfera, la segunda capa, muestra un aumento de temperatura con la altitud. En esta capa se encuentra la mayor concentración de ozono, el cual absorbe la luz solar y la transforma en calor.

La mesosfera, tercera capa, experimenta una disminución de temperatura con la altura similar a la troposfera. Puede llegar a temperaturas tan bajas como -90°C en su parte superior, siendo la región más fría de la atmósfera.

La termosfera, ubicada a mayor altitud, presenta un aire muy tenue y su temperatura varía con la actividad solar. Durante periodos de mayor actividad solar, las temperaturas pueden alcanzar hasta 1500°C . Esta capa incluye la ionosfera, donde la ionización bajo la influencia de la radiación solar genera capas designadas como D, E, F1 y F2. Estas capas ionizadas actúan como conductores de electricidad y pueden reflejar ciertas frecuencias de ondas de radio, permitiendo la recepción de señales a mayores distancias.

La exósfera, última capa de la atmósfera terrestre, sirve como zona de transición hacia el espacio interplanetario. Aquí, los gases se dispersan gradualmente hasta que la composición se asemeja a la del espacio exterior, donde el vacío predomina. Esta capa facilita la órbita de satélites meteorológicos y es el lugar donde los átomos de los gases pueden escapar al espacio debido a la debilidad de la fuerza de gravedad.

Circulación Global

La Tierra recibe radiación de onda corta del Sol, lo que genera una variación en la temperatura de la superficie terrestre de manera desigual según la latitud. Posteriormente, esta radiación es reemitida en forma de onda larga por la Tierra. Son precisamente ciertos gases en la atmósfera los que pueden absorber esta radiación de onda larga, contribuyendo al aumento de la temperatura.

La mayor cantidad de radiación solar se recibe en el ecuador y en las latitudes tropicales, mientras que en los polos la cantidad es mínima, creando así una disparidad térmica entre el ecuador y los polos. Para contrarrestar este desequilibrio térmico, la atmósfera y los océanos responden mediante la transferencia de calor hacia los polos, dando origen a los movimientos atmosféricos y las corrientes marinas. Sin este mecanismo, las regiones ecuatoriales seguirían calentándose y los polos enfriándose indefinidamente.

El movimiento de la atmósfera no solo se debe a la diferencia de temperatura entre el ecuador y los polos, sino también a las variaciones en la temperatura de distintas superficies que cubren la Tierra. Esto se debe a que algunas superficies se calientan más rápidamente que otras, generando un calentamiento desigual del aire cercano a la superficie y, por ende, creando contrastes térmicos locales que provocan movimientos del aire en una escala más pequeña. Un ejemplo de esto es el contraste térmico entre la tierra y el mar, que da lugar al conocido efecto de brisa marina en las costas, ya que durante el día la tierra se calienta más rápidamente por la radiación solar que el mar.

En resumen, a medida que la superficie terrestre experimenta un calentamiento desigual, el aire se desplaza con el objetivo de equilibrar estas

disparidades. Los movimientos atmosféricos abarcan desde aquellos en gran escala asociados a la diferencia de temperatura entre el ecuador y los polos, hasta movimientos en escalas más pequeñas relacionados con la turbulencia, como los vientos en huracanes, tornados o efectos de brisa marina, entre otros.

Meteorología y Clima

Es crucial distinguir entre clima y tiempo meteorológico. El clima se refiere a la estadística de parámetros atmosféricos a lo largo de un período que abarca varias décadas. Valores como la presión del aire, temperatura y precipitaciones, entre otros, son determinantes para establecer el clima de una región. Por otro lado, la meteorología se ocupa de medir en tiempo real todos esos parámetros, brindando información sobre su evolución en escalas temporales más cortas.

Climatología Antártica

La disparidad de temperaturas entre la Antártida y el Ártico se atribuye a las características geográficas y climáticas particulares de cada polo. A diferencia del Ártico, que es un océano rodeado por tierra, la Antártida es un continente rodeado por un océano.

Durante los inviernos antárticos, la extensión del mar helado alrededor del continente amplía su tamaño, eliminando la influencia del calor oceánico. Esta configuración provoca que la radiación terrestre saliente absorbida sea mayor que la radiación solar entrante absorbida por el continente. Para compensar esta pérdida, alrededor del 90% del calor proviene de latitudes más bajas, mientras que el restante se origina en el calor latente generado por condensaciones de vapor de agua.

La Antártida experimenta grandes tormentas ciclónicas que circundan el continente de oeste a este, intercambiando calor atmosférico desde regiones más cálidas. Estos eventos generan algunos de los frentes más turbulentos del mundo, con condiciones atmosféricas en constante cambio y gran variabilidad. En las áreas costeras, prevalecen condiciones de niebla y vientos.

Aunque ambos polos experimentan una radiación solar baja, la Antártida es considerablemente más fría, en parte debido a factores como la presencia de ocho veces más hielo que en el Ártico. El Ártico, al ser un océano, tiene una mayor capacidad para retener el calor del verano y liberarlo gradualmente durante el invierno. Asimismo, la eficiencia de reflexión de radiaciones de onda corta es más pronunciada en la Antártida, donde la placa de hielo refleja un 80% de la radiación que penetra en la atmósfera. Durante el invierno, el Océano Glacial Antártico se hiela, ampliando la superficie helada y limitando la capacidad del agua oceánica para moderar las temperaturas continentales.

Es por esto que la Antártida destaca como el continente más gélido del planeta, debido a su posición alrededor del polo sur, donde la radiación solar entrante es notablemente baja. Su entorno rodeado de masas de agua contribuye a la

creación de una circulación atmosférica y oceánica persistente alrededor de la Antártida a lo largo de muchos días, aislándola de las masas de aire más templadas de latitudes inferiores. Estos factores colaboran para establecer condiciones climáticas extremas y extremadamente frías en el continente. La presencia de extensas superficies cubiertas de nieve y hielo juega un papel crucial en este proceso al reflejar casi toda la radiación solar recibida, dando lugar a condiciones aún más frías. Esta retroalimentación positiva ha sido fundamental en la formación gradual de los extensos casquetes de hielo que recubren la Antártida a lo largo de miles de años.

Vientos Catabáticos

La cobertura de nieve y hielo en la Antártida ocasiona que el aire en las capas cercanas al suelo sea más frío y denso que el aire en altitudes superiores. Además, al ser un continente mayormente cubierto por un inmenso casquete de hielo con forma de domo, el aire más denso cerca de la superficie tiende a descender por las pendientes del casquete polar hacia las zonas aledañas de menor altitud.

Este descenso genera un viento persistente en la superficie conocido como viento catabático, que se desplaza desde el interior hacia las costas antárticas. Este flujo de gran escala, que afecta a todo el continente antártico, se ve afectado por la rotación terrestre, resultando en el fenómeno conocido como vórtice polar. Este vórtice, presente durante el invierno antártico, representa un centro de baja presión promediado a lo largo de varios días y se extiende verticalmente desde la tropósfera media hasta la baja estratósfera, cubriendo gran parte del continente. Los bordes del vórtice forman un cinturón de vientos que aísla la Antártida, intensificando las condiciones climáticas frías.

Los vientos catabáticos, particularmente intensos alrededor de la meseta, son impulsados por el flujo descendente de aire frío y denso desde el interior hacia la costa, que desciende desde las mesetas hacia las regiones más bajas, produciendo ráfagas que pueden superar los 300 km/h.

La presencia de ventiscas severas, con ráfagas superiores a 70 km/h, y vientos blancos, superando los 100 km/h, contribuyen a la formación de dunas de nieve y reducen la visibilidad a cero. Los riesgos asociados incluyen la amenaza de hipotermia, caídas en grietas y arrastre por el viento al enfrentar condiciones extremas como el viento blanco.

Frente polar

El movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje y el movimiento orbital alrededor del sol, junto con las variaciones en la ganancia de calor en latitudes bajas y la pérdida del mismo en altas latitudes, generan diversos patrones de circulación en el fluido gaseoso de la atmósfera, conocidos como la circulación general. En particular, la transición entre la masa de aire antártico y las masas

adyacentes más templadas se denomina frente polar, ubicándose estadísticamente alrededor de los 60°S en invierno y desplazándose 8° hacia el sur en verano.

La continuidad del enfriamiento de la Antártida sería inevitable sin la constante adición de calor, y dos mecanismos para mantener la temperatura en el Polo son el traslado de calor desde latitudes más bajas a través de la circulación global y la captura por sistemas ciclónicos incorporados al Sistema del Antártico.

A pesar de este aparente aislamiento, la atmósfera antártica interactúa con otras regiones a latitudes menores, ya que la Antártida actúa como un sumidero de calor para el hemisferio sur. La variación estacional en la extensión de la cobertura de nieve y hielo en la Antártida, que muestra una mayor extensión en invierno que en verano según algunos estudios, está relacionada con la circulación atmosférica del hemisferio sur, generando un impacto global.

Componente Astronómica del Clima Antártico

Debido a la componente astronómica del clima en las regiones al sur del círculo polar antártico durante los meses de otoño e invierno, hay días en los cuales el Sol permanece por debajo del horizonte. En cambio, en verano y primavera, el Sol está por encima del horizonte. La duración de la noche invernal y el día estival se incrementa hacia el Polo Sur geográfico, llegando a durar seis meses cada uno.

En el día de pleno invierno, que ocurre el 21 de junio, los rayos del sol llegan a alcanzar solo hasta 23,5° (la cifra no es exacta debido al fenómeno de refracción de la luz) desde el Polo Sur, a lo largo de la latitud 66,5° Sur, formando una línea bien conocida como el Círculo Antártico. A pesar de que la "noche" teóricamente dura seis meses, durante un mes existe un crepúsculo. La cantidad de radiación solar entrante, y por ende el calor, depende del ángulo de incidencia de los rayos solares, y, por lo tanto, una disminución en la latitud implica una disminución proporcional de radiación hacia el Polo geográfico.

Componente geográfica del Clima Antártico

En la Antártida, además debido a su componente geográfica, que da cuenta de la orografía y la distribución de tierras y aguas, están influenciadas por la presencia de la gran meseta polar, que alcanza aproximadamente unos 3000 metros sobre el nivel del mar y generador de los vientos hacia las regiones más bajas.

La península Antártica actúa como un obstáculo natural para los vientos oestes, lo que resulta en precipitaciones en las laderas de barlovento y la generación de vientos del tipo föen, así como ventiscas muy intensas sobre el mar de Weddell hacia el este.

Los mares periféricos, que experimentan congelación estacional, causan cambios en las condiciones de las masas de aire en islas y áreas costeras. Estas variaciones van desde una masa de aire polar marítima en verano hasta una polar continental en invierno, ya que el mar congelado funciona como una extensión continental, impidiendo el intercambio de calor entre el mar y la atmósfera.

Se pueden distinguir entonces dos principales regiones climáticas: las costeras y las del interior del continente. Las áreas costeras experimentan temperaturas menos extremas, en parte debido a la inercia térmica del océano. La mayor parte de la precipitación en estas regiones se produce en forma de nieve, de manera variable, con niveles que oscilan entre 500 y más de 1000 mm.

En contraste, el interior de la Antártida presenta el clima más severo del mundo, incluso más que el Ártico. Las altitudes considerables contribuyen a temperaturas extremadamente frías. Este entorno se caracteriza por ser frío, seco y con una humedad relativa muy baja, lo que lo convierte en un desierto conocido como el "Desierto Blanco". La temperatura más baja registrada en este continente, $-89,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, tuvo lugar en la estación Vostok (Rusia) el 21 de julio de 1983.

Otro fenómeno relevante es la capa de inversión polar, caracterizada por un aumento de la temperatura con la altura hasta alcanzar los 200 metros, seguido de un descenso gradual de la temperatura hasta el límite de la tropósfera.

Consecuencias

La baja humedad absoluta en estas condiciones climáticas tiene diversos efectos, como el resecamiento y agrietamiento de la piel, labios y mucosas. Además, se pierden grandes cantidades de vapor de agua de los pulmones, lo que hace necesario beber frecuentemente para reponer el líquido perdido. La baja humedad también afecta las instalaciones construidas con madera, ya que se resecan, generando un alto riesgo de incendio.

La combinación de la fricción del viento, la sequedad y las bajas temperaturas puede generar cargas estáticas en la ropa Goretex y otros materiales, lo que representa un riesgo para equipos electrónicos.

Fenómenos meteorológicos en la Antártida

Precipitación

La precipitación se manifiesta en forma de nieve o llovizna engelante. En el caso de esta última, que ocurre con temperaturas cercanas a 0°C , las gotas de lluvia sobre enfriadas se congelan al impactar contra objetos, formando una capa de hielo con un espesor que puede alcanzar los 2.5 cm. La "aguanieve",

que consiste en precipitación de agua congelada en gránulos, es menos común y se distingue por rebotar contra los objetos sin adherirse a ellos.

Ventiscas

Las ventiscas alta y baja generalmente ocurren simultáneamente y se caracterizan por vientos fuertes que transportan nieve, provocando acumulaciones o colas de nieve en el suelo, especialmente después de intensas nevadas y a sotavento de obstáculos naturales. El "viento blanco" o *blizzard* es una forma más intensa de ventisca alta, con vientos fuertes que llevan consigo grandes cantidades de nieve suelta, resultando en nula visibilidad. Estos temporales son los más violentos y peligrosos.

Es importante señalar que en la Antártida no se producen tormentas eléctricas debido a la falta de nubes con desarrollo vertical significativo, mientras que las tormentas de nieve son frecuentes, generando condiciones de baja visibilidad y acumulaciones significativas de nieve debido a la interacción entre el aire frío continental y las corrientes de aire cálido del océano.

Otro tipo de fenómenos frecuentes son las **nieblas** que pueden caracterizarse como:

Nieblas Cálidas: Generalmente se producen en verano con la advección de una masa de aire más cálida sobre la superficie fría. La temperatura del aire en este caso es superior a los 0°C.

Nieblas Frías: Se forman con temperaturas entre 0° y -5°C, persistiendo incluso con vientos superiores a los 30 km/h. Estas nieblas están compuestas por gotas de agua sobreenfriadas.

Nieblas congeladas: Ocurren cuando las temperaturas descienden por debajo de los -5°C. Están constituidas por gotas de agua congelada capaces de persistir incluso con vientos de 70 km/h.

Humo Antártico: Este fenómeno se presenta en invierno cuando el aire seco y frío invade un mar ligeramente más cálido. Aunque el agua se evapora rápidamente desde la superficie, el aire frío solo puede admitir una pequeña porción, lo que lleva a la condensación y congelación del resto en las capas más cercanas, a menudo cayendo al mar.

En cuanto a la nubosidad, en la Antártida se caracteriza por el desarrollo a menores alturas en comparación con latitudes medias, debido a las bajas temperaturas y la gravedad terrestre que reducen la extensión de la tropósfera. Se observan frecuentemente altocúmulos lenticulares en la región (coloquialmente toman la forma de lentejas o panqueques apilados).

Para que se formen nubes es necesario que el vapor de agua existente en el aire se condense (esto sucede cuando desciende la temperatura a la vez que la presión se mantiene constante).

El fenómeno del blanqueo es un efecto óptico que provoca la pérdida del sentido de profundidad. Ocurre cuando un manto de nubes de espesor uniforme

se encuentra sobre una superficie cubierta por hielo o nieve. En este escenario, los rayos del sol son difundidos por las nubes y reflejados por la capa de nieve o hielo. La reflexión múltiple entre las nubes y el suelo resulta en la pérdida de orientación, haciendo que las construcciones parezcan flotar en el aire. El horizonte desaparece, y las grietas o irregularidades del terreno no son visibles. Este fenómeno afecta la percepción visual y la apariencia del entorno.

En la Antártida, se pueden observar diversos efectos ópticos en las nubes que añaden particularidades visuales al entorno, estos son:

Halos: Estos fenómenos se manifiestan como anillos alrededor del sol o la luna y son causados por la reflexión de la luz en nubes cirriformes de gran altitud.

Parhelios y Paraselenes: Se trata de reproducciones de la fuente luminosa, como el sol o la luna, en nubes cirriformes alineadas con la fuente de luz. Su aparición es más frecuente cuando la fuente de luz se sitúa a unos 15° a 20° sobre el horizonte.

Espejismos: Estos efectos son el resultado de la refracción de la luz en capas superpuestas de aire con distintas densidades. Pueden generar imágenes nítidas y definidas o borrosas y alargadas. Es común observar témpanos invertidos o proyecciones de su imagen superpuestas varias veces.

Noctilucencia: Son nubes de gran altitud que transportan partículas ionizadas, lo que les confiere tonalidades iridiscentes. Estas nubes son frecuentes en invierno y pueden confundirse con auroras australes.

Cielo de Agua: Este fenómeno se manifiesta en nubes bajas como una mancha oscura causada por la reflexión de agua líquida en el mar congelado, lo que facilita la detección de áreas de agua no congelada.

Resplandor de Hielo: Contrario al cielo de agua, el resplandor de hielo es el reflejo en las nubes bajas de témpanos en aguas líquidas, proporcionando una forma de detectar la presencia de témpanos en la región.

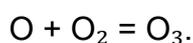
Nubes estratosféricas polares y la capa de Ozono

Las temperaturas extremadamente bajas durante el invierno tienen un impacto significativo en la formación y estabilidad de la capa de hielo antártico, así como en la dinámica atmosférica y oceánica de la región. Un fenómeno atmosférico particularmente relevante en la Antártida son las nubes estratosféricas polares (NEP), que se forman a gran altitud durante el invierno antártico. Usualmente, la estratosfera presenta nubosidad, pero cuando la temperatura desciende a unos -85 C, las moléculas de agua muy espaciadas se fusionan en cristales de hielo y comienzan a formarse NEP de tipo II. Sus colores las convierten en las nubes más hermosas de la Tierra. Hay dos tipos de nubes estratosféricas polares: las inofensivas y las que alteran la capa de ozono. Las NEP tipo II son inofensivas, están hechas de hielo puro y presentan hermosos colores. Las NEP tipo I son dañinas ya que están compuestas de ácidos nítrico

y sulfúrico no son espectaculares visualmente y contribuyen a la destrucción del ozono estratosférico.

El ozono, un gas presente en la atmósfera en baja concentración, se encuentra principalmente en la estratosfera, representando cerca del 90% de su presencia. Esta concentración alcanza su punto máximo alrededor de los 22 km de altura, con la formación de cada molécula de ozono compuesta por tres átomos de oxígeno (O₃).

En la estratosfera, la formación del ozono implica reacciones químicas en las que tres moléculas de oxígeno se transforman en dos moléculas de ozono. En el primer paso, la luz ultravioleta proveniente del sol incide sobre una molécula de oxígeno, dividiéndola en dos átomos de oxígeno: O₂ + Luz Solar Ultravioleta ⇒ O + O. Luego, en el segundo paso, los dos átomos de oxígeno se recombinan con otras dos moléculas de oxígeno, generando así dos moléculas de ozono:



En la troposfera, más cercana a la Tierra, el ozono se produce de manera natural por plantas y la superficie terrestre, aumentando debido a diversas actividades humanas. Aunque altos niveles de ozono pueden ser perjudiciales para la salud, los niveles troposféricos son comparativamente pequeños en relación con el ozono estratosférico. Este último constituye una barrera parcial contra la radiación ultravioleta UV-B y no absorbe completamente la radiación UV-A, permitiendo que ambas alcancen la superficie terrestre.

La exposición a niveles elevados de radiación UV-B puede tener consecuencias adversas, como el aumento del riesgo de cáncer de piel y afectaciones a las plantas. Por esta razón, la reducción de la radiación de la capa de ozono es un tema de importancia, ya que su disminución podría ser perjudicial para nuestro ecosistema.

El ozono, a pesar de tener un tiempo de vida muy corto y estar constantemente en proceso de formación y destrucción debido a la radiación solar, exhibe una estabilidad a gran escala gracias al equilibrio dinámico entre estos procesos.

Cuando se introducen aerosoles que contienen cloro, como los Fluor-Cloro-Carbono o Freones, y las NEP tipo I, se afecta negativamente la formación de ozono, y su concentración disminuye en proporción directa a la cantidad de estos compuestos. El fenómeno conocido como "agujero de ozono" no es propiamente un agujero, sino más bien un adelgazamiento o reducción de la capa de ozono en las capas altas de la atmósfera.

La unidad de medida para la capa de ozono es la Unidad Dobson (UD), que expresa el valor del espesor de la capa. Se asume que todas las moléculas de ozono se encuentran juntas en la vertical en condiciones estándar de presión y temperatura. Así, 1 UD equivale a 0,01 mm, por lo que un valor de 300 UD implicaría un espesor de aproximadamente 3 mm. Una disminución de la capa

por debajo de 200 UD indica un adelgazamiento. En latitudes medias, lo usual es tener entre 300 y 320 UD, mientras que en la Antártida suele haber alrededor de 250 UD. La menor cantidad de ozono en la Antártida se debe al impacto del Vórtice Polar, un fenómeno que se forma en el frío invierno austral y evita la llegada de aire rico en ozono desde el trópico. Esta masa de aire circular, con bajas temperaturas, propicia la formación de nubes estratosféricas polares (NEP), donde moléculas de cloro o bromo quedan atrapadas hasta la primavera. Con el calentamiento solar, estos compuestos se liberan, y a través de procesos catalíticos, degradan la capa de ozono. El adelgazamiento de la capa de ozono se extiende desde finales del invierno hasta finales de primavera, siendo un problema más evidente entre septiembre y noviembre, cuando se disuelve el vórtice polar.

En 1987 se estableció el Protocolo de Montreal para regular las emisiones de sustancias dañinas para la capa de ozono, como los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Argentina es uno de los 191 países que suscribieron este Protocolo, comprometiéndose a implementar políticas para cumplir con sus disposiciones y contribuir a la protección de la capa de ozono

El término "cambio global del clima" o "cambio climático" se refiere al conjunto de procesos que resultan en la modificación de las condiciones climáticas de la Tierra (se ampliará este concepto en el Capítulo 8). En este contexto, ambos términos se utilizarán de manera intercambiable. Es esencial tener en cuenta que, para considerarse un cambio climático, las nuevas condiciones observadas deben estar fuera de la variabilidad natural. Se entiende por variabilidad natural todos los fenómenos que se repiten de manera más o menos regular a distintas escalas de tiempo, como estacional o interanual. Por ejemplo, sería inapropiado hablar de cambio climático si las precipitaciones fueran más altas de lo normal en un año, pero este patrón se repite de manera relativamente regular, como ocurre durante el fenómeno de El Niño en América del Sur.

El cambio climático se ha manifestado de diversas maneras, destacándose un aumento en la temperatura media global del aire en las últimas décadas. Este aumento ha sido especialmente evidente en algunas regiones, como el Ártico o la Península Antártica. En otras áreas, la tendencia ha sido menos pronunciada e incluso se han observado disminuciones de temperatura. No obstante, al calcular los promedios de temperatura en todo el planeta, se evidencia que la temperatura media global del aire en la superficie ha experimentado un incremento a lo largo del siglo pasado.

La temperatura de un lugar específico puede variar debido a fenómenos cíclicos naturales como el día y la noche, o el invierno y el verano, y eventos predecibles como las precipitaciones. Sin embargo, al hablar de cambio climático, nos referimos a fenómenos nuevos o modificaciones no registradas

hace una treintena de años. Un conjunto de datos (con al menos treinta años) proporciona información sobre la variabilidad climática y se utiliza como referencia. El término "global" abarca todo el planeta, y una ligera variación, incluso menor a 1°C, puede representar cambios significativos en diferentes regiones.

Efecto Invernadero

El efecto invernadero es esencial para la vida, ya que ciertos gases retienen el calor emitido por la Tierra. Sin este fenómeno natural, la temperatura media global sería demasiado baja para sustentar la vida. Sin embargo, las actividades humanas, especialmente la emisión de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, vapor de agua, metano etc.), refuerzan este efecto, provocando un calentamiento adicional conocido como Calentamiento Global.

Causas del Cambio Climático

A lo largo de la historia geológica de la Tierra, ha habido cambios climáticos, incluidos períodos glaciales e interglaciales. El calentamiento global desde mediados del siglo XVIII se atribuye principalmente al aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, afectando el equilibrio energético del planeta. Aunque algunos cuestionan el origen antropogénico, los estudios indican que la actividad humana ha acelerado el calentamiento global. Además, se observa un enfriamiento en la estratósfera, afectando la producción y degradación del ozono, lo que muestra que el cambio global afecta no solo la superficie, sino también capas más altas de la atmósfera.

Los cambios climáticos van más allá del aumento de la temperatura en la superficie, por lo que se prefiere utilizar la expresión "cambio climático global" en lugar de "calentamiento global". Este enfoque abarcativo reconoce las diversas alteraciones en el clima y destaca la influencia humana en el calentamiento observado, evidenciado por simulaciones que muestran un aumento más rápido cuando se considera la actividad humana.

En los últimos años, se han evidenciado vientos del oeste con una intensidad superior, generando anomalías en las temperaturas y niveles de salinidad en esta región específica de la Antártida. Estas transformaciones en las propiedades de las aguas, en el cinturón de vientos del oeste en el hemisferio sur, están alterando las diversas modalidades de transferencia de calor, tanto físicas como químicas, entre los océanos y la atmósfera. Un resultado claramente perceptible de estas variaciones en los patrones atmosféricos y oceánicos es el incremento de la temperatura del aire en la Península Antártica.

La Antártida se erige como un laboratorio natural de gran importancia para la investigación científica en climatología y cambio climático global. Los fenómenos meteorológicos antárticos ofrecen valiosa información acerca de los procesos atmosféricos y oceánicos, así como sobre la respuesta del sistema

climático ante variaciones tanto naturales como antropogénicas. El estudio detenido de estos fenómenos es esencial para obtener una comprensión más profunda y realizar predicciones acerca del impacto del cambio climático en la región antártica y, por ende, en el planeta en su totalidad y sus implicaciones para el futuro de nuestro planeta.

Antártida lugar privilegiado para estudios Sol-Tierra y Meteorología del Espacio

La Meteorología del Espacio refiere a las condiciones en el Sol, el viento Solar, y sobre las complejas influencias de otras fuentes cósmicas en el espacio interplanetario, la magnetosfera, la ionosfera, la atmósfera de la Tierra, la termósfera, los sistemas tecnológicos espaciales y terrestres y, sus efectos peligrosos para la vida, la salud de astronautas y tripulaciones de vuelos transpolares entre otros. Por tanto, se trata de un tema de investigación de gran relevancia para nuestra sociedad moderna.

La interacción entre el Sol y la Tierra en las zonas polares tiene notables manifestaciones y repercusiones en nuestro campo geomagnético, vinculándose con el clima espacial y las tormentas magnéticas.

En el Sol actúan dos fuerzas contrapuestas, la auto gravedad que intenta que colapse sobre sí mismo y la presión de radiación debida a las reacciones termonucleares en su interior que tienen dirección contraria. La presión de radiación es mayor, por lo cual nuestra estrella está todo el tiempo perdiendo masa, en forma de partículas que escapan hacia el espacio denominado viento solar.

La región que abarca desde el Sol hasta la Tierra es conocida como espacio interplanetario, donde el viento solar, este flujo constante de plasma de partículas cargadas eléctricamente, es el actor principal, recordemos que el plasma es el cuarto estado de la materia donde los iones y electrones se encuentran libres de moverse ya no ligados a los átomos.

Por otra parte, las partículas cargadas en movimiento generan corrientes que generan campo magnético.

Este viento solar empuja y modifica el campo magnético de la Tierra, alterando su configuración. Además, el Sol puede generar eventos transitorios, como la expulsión de estructuras de plasma magnetizado, que también influyen en el campo magnético terrestre.

El campo magnético de la Tierra, en una primera aproximación, puede ser considerado como dipolar, es decir, similar al de un imán. Su zona de influencia se conoce como magnetósfera. Parte de las partículas cargadas provenientes del viento solar quedan atrapadas en la magnetósfera, formando los cinturones de radiación de Van Allen. Sin embargo, algunas de estas partículas, aunque en menor cantidad, pueden escapar y penetrar la atmósfera terrestre. Las líneas del campo magnético sirven como rutas para la llegada de las partículas cargadas

que se trasladan espiralando a lo largo de las mismas, siendo más factible su ingreso en las regiones polares.

Cuando estas partículas cargadas penetran la atmósfera terrestre en las proximidades de los polos, provocan alteraciones en las corrientes de la cavidad magnética terrestre, dando lugar a las denominadas tormentas geomagnéticas. Estas perturbaciones pueden ser detectadas mediante instrumentos. Es importante destacar que, en la Antártida, ubicada en las latitudes polares, se pueden registrar estas tormentas geomagnéticas.

En resumen, la interacción entre el Sol y la Tierra, a través del viento solar y eventos transitorios, afecta el campo geomagnético terrestre, especialmente en las zonas polares, dando origen a fenómenos como las tormentas geomagnéticas. Estos eventos no solo tienen implicaciones en la dinámica del campo magnético, sino que también son monitoreados por magnetómetros, proporcionando valiosa información sobre la Meteorología del Espacio y el clima Espacial.

Los ciclos magnéticos del Sol, que cambian de polaridad aproximadamente cada 11 años y vuelven a su polaridad original cada 22 años, son indicadores de su actividad magnética. El número de manchas solares observadas en su disco es un reflejo de estos ciclos, con períodos de máximos y mínimos solares. Estos ciclos solares también influyen en la llegada de rayos cósmicos a la Tierra, observándose mínimos de rayos cósmicos durante máximos solares y viceversa.

Cuando una de estas partículas de alta energía llega al tope de la atmósfera terrestre interactúa con las componentes de la misma y genera una serie de reacciones nucleares produciendo una cascada o de partículas subatómicas (más pequeñas que los átomos) que pueden ser detectadas con instrumentos adecuados. Los primeros instrumentos que permitieron ver las trazas dejadas por tales partículas subatómicas consistieron en las llamadas cámaras de niebla, donde podía verse la trayectoria de las partículas, por supuesto hoy en día se utilizan instrumentos mucho más sofisticados con alta tecnología para el estudio de las mismos, como los detectores de radiación por efecto *Cherenkov* por ejemplo.

En la alta atmósfera, que gira con la Tierra, la radiación solar ultravioleta genera nuevos iones durante el día, mientras que durante la noche las poblaciones de iones y electrones se debilitan y se redistribuyen. Los rayos cósmicos, provenientes del medio interestelar, atraviesan el sistema solar a través del viento solar y llegan a la Tierra. Al llegar a la magnetosfera terrestre, su trayectoria se desvía debido al campo geomagnético. Dependiendo de su energía y carga eléctrica, algunos rayos cósmicos logran superar esta barrera y alcanzar altitudes menores.

En ese punto, se produce una cascada de partículas subatómicas cuando estos rayos cósmicos secundarios interactúan con el gas más denso de la

atmósfera. Entre las partículas resultantes se encuentran entre otras, muones, fotones, electrones, protones y neutrones. Estas partículas subatómicas secundarias pueden llegar al suelo y ser detectadas por instrumentos en la superficie como ya se ha mencionado.

La Antártida se considera un lugar privilegiado para estudiar estas cascadas de rayos cósmicos debido a que su campo magnético permite la llegada de partículas de menor energía en comparación con otras latitudes. Esto facilita el estudio no solo de eventos galácticos, sino también de eventos solares, permitiendo investigar las asimetrías del viento solar.

Estos estudios son esenciales para validar alertas de eventos solares y perturbaciones magnéticas, contribuyendo al campo de la Meteorología del Espacio. Este conocimiento puede ayudar a proteger satélites y astronautas de los efectos adversos de estas perturbaciones.

Auroras australes

La magnetosfera cumple principalmente la función de actuar como un escudo protector que impide el ingreso de partículas, ya que tanto las partículas como el campo magnético viajan de manera conjunta. Sin embargo, cuando se produce una ruptura temporal de este escudo debido a la reconexión magnética entre el campo geomagnético y el de algunas estructuras Interplanetarias siempre y cuando estén orientadas de manera que este efecto pueda producirse. Cuando ocurre la reconexión magnética, se inyectan partículas energéticas en un sistema de corriente magnetosférico conocido como la Corriente de Anillo, generando perturbaciones en el campo geomagnético. Este proceso es responsable de la alteración momentánea de la magnetosfera y la consecuente entrada de partículas en la región generando las llamadas tormentas geomagnéticas y/o la precipitación de partículas.

En las zonas polares, se encuentra una región en forma de franja alrededor del polo magnético conocida como la zona auroral. En esta área, durante condiciones anómalas de la magnetósfera terrestre y del viento solar ocurre una precipitación intensa de partículas cargadas que forman corrientes alineadas con el campo magnético. Estas partículas transfieren energía a los átomos de la alta atmósfera, ionizándolos y creando átomos y moléculas excitados que emiten luz de varios colores. Algunos de estos colores son visibles desde la Tierra y se manifiestan como las auroras.

La energía transferida a los átomos neutros por estas partículas cargadas entonces puede provocar la emisión de luz en la alta atmósfera, dando lugar a las auroras australes en las zonas de alta latitud, como la Antártida. En la Base Belgrano II, la aurora austral es un espectáculo impresionante que puede extenderse por kilómetros en el cielo nocturno antártico. La variedad de colores observados en las auroras depende de la altura, la clase de molécula y el nivel de excitación alcanzado por los átomos y moléculas en la atmósfera.

Estos fenómenos lumínicos, conocidos como Auroras Australes en el hemisferio sur, son espectaculares y se distinguen de las Auroras Boreales que se observan en las altas latitudes del hemisferio norte. Las auroras son un testimonio visual de la interacción entre partículas cargadas del viento solar y el campo magnético de la Tierra, creando uno de los fenómenos naturales más fascinantes y hermosos del cielo polar.

Instrumentos en bases Antárticas Argentinas

La instrumentación en nuestras bases antárticas abarca una amplia variedad de equipos diseñados para satisfacer las necesidades específicas de cada línea de investigación. Para el estudio de las tendencias climáticas en la baja tropósfera se utilizan las centrales meteorológicas que cuentan con sensores de temperatura, y de sensación térmica, anemómetros para el estudio de la velocidad y dirección de los vientos y barómetros para monitoreo de la presión atmosférica, además de las observaciones satelitales. Cabe destacar que Argentina cuenta con la serie temporal de mediciones de temperatura desde la Base Orcadas desde 1904, más extensa desde Antártida, contando además con el primer instituto Antártico del mundo.

Las estaciones meteorológicas automáticas son fuentes continuas de información sobre las condiciones ambientales, proporcionando datos constantes sobre temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, así como la dirección y velocidad del viento. Estos datos son esenciales para monitorear las condiciones de trabajo en los laboratorios y son particularmente cruciales para la Base Belgrano II, donde se encuentra el analizador de ozono superficial. En este caso, los datos meteorológicos son esenciales para el análisis, ya que permiten descartar información proveniente de áreas emisoras de gases contaminantes, como una usina, y garantizar la integridad de los resultados.

Para el estudio de la alta atmósfera, se utilizan fotómetros, ionosondadores, riómetros y magnetómetros que permiten medir tanto valores relativos como absolutos del campo geomagnético. Además, detectores por efecto *Cherenkov* en agua para el registro de flujo de rayos cósmicos en las bases Marambio y San Martín que aportan al conocimiento de la llamada Meteorología del Espacio.

Los detectores por efecto *Cherenkov* en agua, son detectores de última generación, los utilizados en la Antártida Argentina fueron inspirados en los detectores del Observatorio Pierre Auger (ubicado en la provincia de Mendoza), con ajustes particulares para las condiciones antárticas ya que en este caso no se busca detectar direccionalidad de los eventos y las energías a detectar en Antártida son del orden de unos pocos Giga Volts, con lo cual se podrían detectar eventos energéticos solares. El dispositivo cuenta con un recipiente sellado lumínicamente de acero inoxidable, no magnetizable, con una bolsa difusora, agua ultra purificada, y un foto multiplicador (capaz de detectar luz en el rango

del ultravioleta y los azules) que junto a su electrónica asociada permite traducir esta señal lumínica en pulsos de voltaje detectables del orden de los nanosegundos (el nano segundo es una milésima de millonésima de segundo), el área de este pulso observado es proporcional a la energía depositada por un partícula en el agua, por ejemplo un muón. Por lo cual puede hacerse estadística y realizar estudios por rangos energéticos, es decir no solamente se tiene la información de la cantidad de partículas que atravesaron el detector, sino, además, información referida a sus energías. Pudiendo detectarse diferentes canales de energías, el canal electromagnético por creación de pares electrón-positrón dentro del agua, así como los canales muónicos y de multipartículas.

Debido a que el agua está formada por moléculas polares (las cargas eléctricas de los hidrógenos y el oxígeno que forman el agua, H₂O tienen una separación espacial que permite su orientación o polarización). Cuando una partícula cargada que es superlumínica en agua (es decir que viaja más rápido que la luz en ese medio) ésta, energiza las partículas del agua y esta energía es devuelta en forma de fotones en el rango de los azules y los ultravioletas, debido al llamado efecto *Cherenkov*, estudiado por el científico que lleva su nombre, esta luz es captada por el fotomultiplicador y luego traducida por la electrónica asociada a una señal medible. Cabe recordar que la electrónica debe ser ultra rápida, ya que se trata de señales de unos 25 nanosegundos (para tener una idea de esto, la electrónica estándar de nuestros modernos celulares por ejemplo es del orden de los milisegundos, una milésima de segundo y mientras que la electrónica ultra rápida detecta órdenes de nanosegundos, un millón de veces más rápida).

Aclaración importantísima, las partículas no pueden viajar a velocidades mayores que la luz en el vacío, sin embargo, no existe restricción a que partículas muy rápidas (denominadas relativistas) viajen a velocidades mayores que la luz en un medio diferente del vacío, por ejemplo, en el agua, con lo cual, por supuesto, no hay contradicción con las teorías de la física.

Los estudios atmosféricos se centran principalmente en las bases Marambio, Belgrano II y San Martín. Belgrano II se encuentra al borde del óvalo auroral y dentro del llamado agujero de ozono, mientras que San Martín, ubicada en la península antártica, sirve como un punto intermedio de interés para el estudio de ambas disciplinas.

En relación al adelgazamiento de la capa de ozono, se emplean espectrómetros, radiómetros, ozonosondadores, LIDAR y analizadores de absorción ultravioleta para medir ozono superficial, junto con estaciones meteorológicas automáticas.

Todos los instrumentos están operativos durante todo el año, salvo aquellos que requieren condiciones específicas, como la luz solar. Por ejemplo, los espectrómetros para medir ozono y algunos componentes como aerosoles necesitan la luz solar, por lo que, durante la noche polar en base Belgrano II (de

fines de abril a mediados de agosto), son desmontados y guardados hasta que vuelva a haber luz solar.

Los datos recolectados son digitalizados y almacenados en unidades de almacenamiento masivo, utilizando sistemas de adquisición de datos y unidades de respaldo con soporte informático. Muchos de estos proyectos se realizan en colaboración con instituciones extranjeras, destacando las colaboraciones con INTA (Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial) de España y SMN (Servicio Meteorológico Nacional), FMI (Finland Meteorological Institute) de Finlandia y PNRA (Programa Nazionale di Ricerche in Antartide) de Italia. En el ámbito de las Ciencias de la Atmósfera, la actividad solar juega un papel fundamental, y se emplean diversos instrumentos para el estudio de la alta atmósfera.

Los fotómetros son utilizados para llevar a cabo la fotometría auroral, permitiendo estudiar los gases involucrados en los procesos aurorales, en especial el Oxígeno (O) y el Nitrógeno (N). Estos gases son responsables de los colores predominantes en las auroras, como el verde y el rojo, y en menor medida, el Hidrógeno y el Helio.

El funcionamiento de los fotómetros implica el uso de filtros con longitudes de onda conocidas. Esto posibilita analizar diferentes colores en el espectro del Oxígeno y Nitrógeno, como verde, azul, violeta, rojo, rosa y verde-amarillo. La variación de colores identificados en el espectro de estos gases permite determinar la altitud a la que se produce el fenómeno auroral. Por ejemplo, el Nitrógeno puede manifestar un color rosado a alturas de 90-100 km y azul a alturas de 120 km. Por su parte, el Oxígeno puede generar un rojo por encima de los 200 km y un verde entre los 100-200 km.

Los fotómetros son herramientas cruciales para comprender la dinámica de las auroras y su relación con la actividad solar en la alta atmósfera.

El sondador ionosférico es un instrumento utilizado para explorar el estado de ionización de las capas ionosféricas. Este dispositivo consta de un sistema de transmisión y otro de recepción, cada uno equipado con antenas denominadas Delta, ambas con una altura de 24 metros y ubicadas perpendiculares entre sí, en una torre central. El transmisor emite ráfagas de frecuencias en intervalos de 15 minutos, abarcando pasos seleccionados desde 1 MHz hasta 22 MHz. La recepción de la emisión se logra mediante el rebote de la señal en las capas ionizadas, generando un eco que se utiliza para construir un ionograma, una representación gráfica de la frecuencia en función de la altura.

Los ionogramas son herramientas fundamentales para estudiar la propagación de las ondas electromagnéticas, desempeñando un papel crucial en el ámbito de la radiodifusión. Antes de los avances tecnológicos en comunicaciones, los mapas de propagación se elaboraban utilizando los registros obtenidos con los ionosondadores. Por ejemplo, los radioaficionados que deseaban establecer comunicación con personas ubicadas en distintas

partes del planeta consultaban estos mapas para determinar la frecuencia adecuada en la banda de HF según el horario del día.

El Riómetro es un receptor diseñado para captar el ruido cósmico sintonizado a una frecuencia específica, y en nuestro caso, utilizamos la frecuencia de 30 Mhz. El registro obtenido presenta una variación diaria que se ve afectada por la ionización de la ionosfera.

Por otro lado, los magnetómetros de compuerta de flujo nos permiten obtener registros relativos del campo magnético terrestre en sus tres componentes. Durante períodos de intensa actividad solar, especialmente durante la noche polar, se observa la presencia de auroras australes. Al mismo tiempo, el magnetómetro registra las tormentas magnéticas, manifestando variaciones rápidas del campo que pueden ser separadas del registro mediante filtros digitales. Estas variaciones rápidas son conocidas como micro-pulsaciones.

La variación del campo geomagnético se caracteriza por ser muy lenta, razón por la cual nuestro muestreo se realiza a una tasa de 1 dato por segundo. Esto nos permite obtener las micro-pulsaciones mediante filtros digitales, considerando diferentes intervalos de periodos, como 0.1-5 segundos, 5-10 segundos, 10-45 segundos, 45-150 segundos, 150-500 segundos, y 500 aproximadamente a 1000 segundos. Además, existe la posibilidad de registrar las Pulsaciones Irregulares (PI). La clasificación de las pulsaciones geomagnéticas fue establecida por la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA) en Kyoto, Japón, en 1973.

El magnetómetro protónico utiliza la precesión de protones para medir la intensidad total del campo magnético terrestre. En diversos materiales, como el agua, kerosén, alcohol, etc., los protones se comportan como pequeños dipolos magnéticos. Estos dipolos se alinean temporalmente y se polarizan mediante la aplicación de un campo magnético uniforme generado por una corriente en una bobina. Cuando se interrumpe la corriente, la precesión de los protones alrededor de la dirección del campo magnético de la Tierra genera una pequeña señal en la misma bobina utilizada para la polarización. La frecuencia de esta señal es proporcional a la intensidad del campo total y es independiente de la dirección de la bobina. La constante de proporcionalidad es la constante atómica o razón giromagnética del protón. La frecuencia de precesión, generalmente alrededor de 2.000 Hz, se mide con un contador digital para obtener el valor absoluto de la intensidad del campo total con alta precisión.

Los espectrómetros, utilizados para medir la cantidad de moléculas de partículas en suspensión, emplean sistemas ópticos que, en la mayoría de los casos, incluyen redes de difracción (equivalentes a arreglos de prismas muy pequeños) para descomponer la luz. En nuestros estudios, empleamos diversas técnicas para medir el ozono y otros componentes como óxido de nitrógeno, dióxido de cloro y óxidos de bromo. La medición a sol directo implica apuntar el

instrumento directamente al sol, mientras que la medición por radiación difusa considera que el rayo de luz solar se dispersa sobre una columna orientada al cenit sobre el instrumento de medición.

El espectrofotómetro Brewer MKIV está diseñado para medir el contenido total de ozono (en Unidades Dobson) y dióxido de azufre (dióxido de nitrógeno de manera opcional) mediante medidas de sol directo (Direct Sun: DS) y medidas cenitales (Zenith Sky: ZS). Este instrumento cuenta con un sistema óptico que permite seleccionar la procedencia de la fuente de luz. De acuerdo al modelo de Brewer, podemos realizar mediciones continuas del espesor de la capa de ozono en valores específicos. Además, mediante medidas en incrementos angulares, podemos obtener concentraciones medias de ozono en nueve capas distintas, desde el suelo hasta 48 km de altura, proporcionando así un perfil vertical de ozono. El Brewer consta de una unidad óptica, una unidad de seguimiento y una computadora para el control del sistema y la grabación de archivos de datos, siendo necesaria la presencia constante de un operador. Los instrumentos están orientados con su colector de luz apuntando hacia el cenit, capturando la radiación solar dispersada por las moléculas atmosféricas después de atravesar un camino óptico con abundantes absorbentes. Estas medidas se realizan durante los crepúsculos o con ángulos solares elevados. Todos los instrumentos constan de una unidad de control y una PC para supervisar la adquisición de datos.

Los Radiómetros NILU-UV nos permiten medir la irradiancia total en 5 bandas del espectro UV. Algunos modelos, como el NILU-UV, cuentan con un sexto canal adicional que abarca la radiación fotosintéticamente activa. Este registro es valioso en biología, ya que las plantas llevan a cabo la fotosíntesis utilizando la energía del espectro electromagnético dentro de esa banda. En cada medida, se registran valores de temperatura interna del instrumento, que se mantiene estable a 40°C para evitar variaciones térmicas. Las mediciones se realizan prácticamente simultáneamente. Además, mediante el procesamiento de las medidas de irradiancia, podemos obtener el contenido total de ozono, las dosis de radiación biológicamente activa, la integración de UV-A y UV-B, y la transmitancia de las nubes. Para su funcionamiento, solo se necesita una fuente de 12V y 2A, y para almacenar los datos recopilados, una computadora. Aunque el radiómetro puede retener los datos en memoria durante tres semanas, los operadores suelen almacenar los datos diariamente.

El ozonosondador es un sistema que consta de varias partes y que permite realizar mediciones verticales de ozono. Para ello, se utiliza una celda química que se trata durante varias semanas antes del ozonosondeo para calibrarla mediante los calibradores del sistema. La celda química se satura con productos químicos que reaccionan en presencia de ozono, generando una corriente eléctrica cuyo nivel varía según las reacciones realizadas. De esta manera, se puede medir la cantidad de ozono en diferentes niveles de la

atmósfera. El sensor de ozono está conectado a una interfaz electrónica que transmite los datos a una radiosonda. Esta radiosonda envía al laboratorio en tierra no solo la información sobre el ozono, sino también datos adicionales como temperatura, humedad relativa del aire, dirección y módulo del vector del viento, obtenidos a través de un sistema de posicionamiento satelital GPS integrado en la caja de vuelo. En tierra, un receptor recibe la telemetría de la radiosonda y envía los datos a una computadora para su procesamiento. Para llevar a cabo el ozonosondeo, se utiliza un globo de goma de 1,8 metros de diámetro inflado con gas helio. El vuelo concluye cuando el globo se rompe debido a la expansión que experimenta a altitudes de alrededor de 30 o 34 km.

El analizador de ozono superficial es un instrumento utilizado para medir la concentración de ozono en la superficie, expresada en partes por billón (ppb). Funciona mediante una toma de aire que circula a través de una bomba de recirculación dentro del sistema. Dado que la molécula de ozono absorbe luz ultravioleta, el aire pasa por una celda que contiene una luz de mercurio con una longitud de onda que coincide con el pico de absorción del ozono. En los extremos de la celda, un detector mide la atenuación de la luz emitida, proporcionando así la irradiancia de la señal y permitiendo cuantificar la cantidad de ozono. Normalmente, los valores se encuentran en el rango de 15 a 30 ppb por volumen. El sistema incorpora dos celdas de medición que alternan a una frecuencia determinada: una mide aire con ozono y la otra mide aire sin ozono, utilizando un filtro eliminador de ozono. Estos datos sirven como referencia de superficie para ozonosondeos y para estudiar la disminución del ozono troposférico durante la primavera antártica.

Por otro lado, el LIDAR MPL (*Light Detection And Ranging*) es un instrumento de teledetección activa que utiliza un láser monocromático ubicado dentro de un telescopio para emitir luz láser a la atmósfera. La luz dispersada por los componentes atmosféricos es detectada por el instrumento, y el tiempo entre la emisión y la recepción del pulso láser determina la distancia a las partículas dispersoras. Este sistema proporciona información sobre aerosoles, nubes y su distancia. En el caso específico de la base Belgrano, el LIDAR MPL se utiliza para estudiar las nubes estratosféricas polares NEP, que desempeñan un papel crucial en la destrucción del ozono estratosférico. El instrumento consta de diversas unidades electrónicas, como la fuente de potencia del láser, el sistema de datos LIDAR, un control de polarización y una computadora para el control y adquisición de datos. Además, requiere un entorno con estabilidad térmica, preferiblemente a 23 °C, debido a la presencia de un telescopio asociado.

5.4 Actualidad científica

Es importante destacar que Argentina es pionera en investigación Antártica en el mundo, con las series temporales más antiguas en la Base Orcadas desde el año 1904. Respecto de las líneas en Meteorología del Espacio o Relación Sol-Tierra, las mismas tomaron gran impulso debido al año geofísico internacional donde participaron científicos de sesenta y seis países en 1957-58, que tuvo como eje principal el continente antártico, en donde sólo actuaron doce países, entre ellos la Argentina.

Argentina por tanto, debido a su tradición temprana de investigación en Antártida es el país que tiene desplegada la mayor cantidad de bases permanentes y temporarias, así como refugios y siempre ha contado con convenios de investigación científica con países que son caros a nuestra idiosincrasia por ejemplo con Italia (PNR) y con España (INTA) que datan de más de 30 años de investigaciones conjuntas. Así como colaboraciones más recientes con instituciones Latinoamericanas como la Colaboración LAGO (*Latin American Giant Observatory*) de detectores *Cherenkov* para el estudio de rayos cósmicos, cuyos nodos más australes pertenecen a Argentina.

También es de destacar que se trabaja en forma articulada con las distintas instituciones argentinas que operan en la Antártida teniendo el IAA una fructífera colaboración con el Servicio Meteorológico Nacional, Universidades Nacionales y el CONICET.

En el marco de los proyectos de investigación llevados a cabo en el grupo científico interinstitucional LAMP (Laboratorio Argentino de Meteorología del espacio http://www.iafe.uba.ar/u/lamp/grupo_landing_page.html) con diversas formas de financiamiento, la Argentina ha desarrollado el proyecto para la instalación del primer nodo del AASWO (*Argentinean Antarctic Space Weather Observatory*) a partir del año 2012, incluyendo campaña de búsqueda de sitio en el verano 2012 para la instalación del laboratorio, donde se exploró la factibilidad en las bases Marambio, Carlini y San Martín.

En la campaña de verano 2017-2018, durante los meses de noviembre y diciembre de 2017, se comenzaron las actividades para la instalación del detector, instalando sistemas de controles térmicos, magnetómetros, sistema de telemetría, etc., llevándose a cabo los primeros pasos para la instalación de Neurus, el detector de partículas por efecto *Cherenkov* en agua, desarrollado en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio como parte del proyecto interinstitucional de investigación dirigido por el Dr. Sergio Dasso y la Dra. Adriana María Gulisano. En la campaña de verano 2018-2019, de enero a marzo 2019, se completó la instalación del laboratorio que quedó funcionando, en la campaña de verano 2019-2020, entre enero y marzo 2020, se adicionó el modo

de adquisición ultra rápido usando una Red Pitaya para lograr compatibilidad con el formato de datos del resto de la Colaboración LAGO.

En la actualidad, este primer nodo de AASWO está funcionando en forma ininterrumpida desde su montaje en la campaña 2018-2019, y cuenta con el detector en funcionamiento y sistemas de soporte, respaldo de datos y transmisión de los mismos, así como central meteorológica y sistema de posicionamiento global (para la estampa temporal) en operación.

En este momento es el único detector de la Colaboración LAGO que se encuentra midiendo en Antártida desde su inauguración, brindando datos en marzo 2019 de manera ininterrumpida en tiempo real (5 minutos) en los servidores de Buenos Aires, con datos que han sido validados a través de comparaciones con otros observatorios reconocidos de rayos cósmicos que se encuentran en otros lugares del mundo.

En la campaña de verano 2024 se realizó la instalación del segundo nodo de AASWO en la Base San Martín por debajo del Círculo Polar, que quedó en funcionamiento a partir de Marzo de 2024, lo que permitirá realizar intercomparaciones del flujo de partículas al sur y al norte del círculo polar.

Respecto de otras líneas de investigación como el monitoreo del adelgazamiento de la capa de ozono, durante septiembre del año 2023 se observaron periodos de calentamiento que influyeron negativamente en el restablecimiento de la capa.

Es importante que los países continúen adhiriendo a los convenios internacionales para evitar las emisiones que deterioran la capa de ozono. Se estima que aún si se frenaran por completo las emisiones, el restablecimiento de la capa de ozono tardaría varias décadas, con lo cual es imperativo seguir actuando.

En cuanto al cambio global, la tendencia planetaria es hacia el calentamiento, afortunadamente, los océanos tardan mucho más que la atmósfera en liberar ese calor atrapado, pero eventualmente no podrá evitarse si no se realizan políticas activas para evitar la componente antropogénica del calentamiento global. En la Antártida la supervivencia de los ecosistemas depende de esas políticas, sobre todo teniendo que se trata de un reservorio planetario de agua dulce entre otros recursos, como su biodiversidad.

5.5 Otras consideraciones

Los puntos más importantes a destacar para el público, por lo visual son las auroras australes. Podría montarse una muestra inmersiva con imágenes de auroras registradas en base Belgrano II, por ejemplo, en una estancia fría, con sonido de viento y quizá ventiladores para reforzar la experiencia con todos los sentidos. Al entrar se podría ofrecer ponerse alguna chaqueta anaranjada de

abrigo como las utilizadas por nuestro programa antártico con el escudo correspondiente para que además los visitantes puedan sacarse fotos con ese atuendo y las auroras de fondo, la idea es que sea una experiencia corta (por el frío y el viento) y para dejar que nuevos visitantes ingresen sin aburrirse.

Afuera de la sala, antes de entrar, puede haber información respecto de por qué se producen las auroras, cuándo pueden ser observadas, es decir información preparatoria para lo que van a ver.

Otra cosa que puede hacerse es construir una cámara de niebla para observar las trazas de rayos cósmicos, esta experiencia creo que podrá orientarse más hacia colegios secundarios, donde se les puede dar información también preparatoria para que puedan entender qué es lo que verán.

Otra experiencia interesante es formar nubes, en una pecera, por ejemplo, sobre hielo seco una de las caras y la otra a temperatura más cálida para que puedan ver la condensación y formación de nubes, similar a las experiencias que se realizan en las jornadas de ciencias de la Tierra en la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA.

Generar material para niños más pequeños en forma de historietas con algún personaje divertido, si es posible que sea una niña para generar la idea de que la ciencia no es solo privativa de un género, y que vaya recorriendo cada una de las bases donde los científicos le explican los fenómenos que se miden y por qué, con el espíritu similar al material generado por Japón (mangas para niños) que se detallan en la bibliografía, donde se explican términos científicos en forma sencilla. Pueden generarse además estas historietas en formato para colorear.

El material para la sala de visitantes podría ser bilingüe, teniendo en cuenta a los turistas y en castellano para los visitantes locales y otros turistas nacionales.

No puede faltar una tienda de souvenirs con, por ejemplo, miniaturas de bases argentinas, del rompehielos Almirante Irizar, de un hércules referido a los medios logísticos, y también miniaturas realizados con impresoras 3D de fósiles, de copos de nieve con diferentes formas fractales, de instrumental científico, una réplica de Neurus, el detector de rayos cósmicos por efecto *Cherenkov* con el personaje de historieta por ejemplo. Ropa, guantes etc con la bandera argentina, tazas etc., con el objetivo de reforzar la idea de pertenencia a la Provincia de Tierra del Fuego de nuestras bases antárticas.

También podría proveerse algún folleto informativo para los turistas respecto de lo que puede y no puede hacerse en Antártida, como muestra se encuentra en las referencias uno generado por el *Global Environment Bureau Ministry of the Environment Japan*, lo ideal es generar uno propio por parte de nuestro país.

Referencias bibliográficas y fuentes

- Bothmer, V. y Daglis, I. A. (2007). *Space weather-Physics and effects*. Springer.
- Critchfield, H. J. (1968). *General climatology*. Prentice Hall.
- Chamberlain, J. W. (1961). *Physics of the Aurora and Airglow*. Academic Press.
- Chwon, S. L.; Leihy, R.; Naish, T.; Brooks, C. M.; Convey, P.; Henley, B. J.; Mackintosh, A. N.; Phillips, L. M.; Kennicutt, M. y Grant, S. M. (s/f). *Antarctic climate change and the environment*. SCAR.
- González-Herrero, S.; Navarro, F.; Pertierra, L.; Oliva, M.; Dadic, R.; Peck, LL. y Lehning, M. (2023). Southward migration of the zero-degree isotherm latitude over the Southern Ocean and the Antarctic Peninsula: Cryospheric, biotic and societal implications. *Science of the total environment* 912, 168473
- Gulisano, A. M.; Dasso, S.; Areso, O.; Pereira, M.; Santos, N. A.; López, V.; Lanabere, V. y Ochoa, H. (2020). State of the art and challenges of the ARgentine space weather laboratory (LAMP) in the Antarctic península. *Boletín de artículos científicos de la Asociación Argentina*, Vol. 62, 280-285.
- Hapgood, M.; Liu, H. y Lugaz, N. (s/f). SpaceX – sailing close to the space weather? [en prensa]. doi: 10.1029/2022SW003074.
- Hultqvist, B. (1964). *Aurora*. Goddard Space Flight Center.
- Santos, N. A.; Dasso, S.; Gulisano, A. M.; Areso, O.; Pereira, M.; Asorey, H. y Rubinstein, L. (2023). First measurements of periodicities and anisotropies of cosmic ray flux observed with a wáter-Cherenkov detector at the Marambio Antarctic base. *Adv.Space Res.* 71 (2023) 2967-2976
- Turner, J. (2003). The meteorology and climatology of the Antarctic plateau. *Memorie della supplementi*, Vol. 2, 26-31.
- Turner, J.; Colwell, S. R.; Marshall, G. J.; Lachlan-Cope, T. A.; Carleton, A. M.; Jones, P. D.; Lagun, V.; Reid, P. A. y Lagovkina, S. (2005). Antarctic climate change during the last 50 years. *International Journal of Climatology*, 25, 279-294. DOI: 10.1002/joc.1130
- Turner, J.; Bindschadler, R.; Convey, P. di Prisco, G. Fahrbach, E.; Gutt, J.; Hogson, D.; Mayewski, P. y Summerhayes, C. (Eds.) (2009). *Antarctic climate change and the environment*. SCAR.

Material de Divulgación

Camilloni, I.; Vera, C. (s/f). Ciencias Naturales, la Atmósfera. Ministerio de educación, Ciencia y Tecnología.

Este material contiene los siguientes temas:

EXPLORA LAS CIENCIAS EN EL MUNDO CONTEMPORÁNEO. Introducción.
La Tierra: un lugar para la vida | Composición y estructura vertical de la atmósfera | Radiación | El efecto invernadero natural | Impacto de las actividades humanas en la atmósfera | Atmósfera urbana | El agujero de ozono | Cambio climático

Revista La Lupa Colección Fueguina de Divulgación Científica. Revista Año 8 - Nº 13. Esta edición es un número especial sobre la Antártida.

Capítulo de libro Antártida. Publicación Institucional IAA. La Atmósfera Antártica. Autores: Adriana María Gulisano, Eduardo Calviño, Alfredo Costa y Héctor Ochoa. año 2015.

Capítulo de libro Antártida. Publicación Institucional IAA. Consecuencias del Cambio Global en la Antártida. Autores: Gabriela Campana, Alfredo Costa, Dolores Deregibus, Adriana María Gulisano, Edgardo Hernández, Mariana Juárez, Marcela Libertelli, Sebastián Marinsek, María Márquez, Guillermo Mercuri, Liliana María Quartino, Emilce Rombolá, Eduardo Ruiz Barlett, Mercedes Santos, Irene Schloss y Vivequin Sandra. año 2015.

Libro: ANTÁRTIDA Educa. Coeditan CCEBA Centro Cultural de España en Buenos Aires / AECID Consejería de Educación de la Embajada de España en Argentina Dirección Nacional del Antártico-Instituto Antártico Argentino, Argentina Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación, España. NIPO 820-10-185-9 Publicación educativa para países de lengua española, realizada con ocasión del Año Polar Internacional 2007-2008. Primera Edición julio 2010

Libro: Guía Educativa. Antártica Educa va al Cole! Coeditan CCEBA Centro Cultural de España en Buenos Aires / AECID Consejería de Educación de la Embajada de España en Argentina Dirección Nacional del Antártico-Instituto Antártico Argentino, Argentina Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación, ISBN 978-987-26899-0-2. Segunda Edición julio 2011.

Folleto informativo: Rules for Going to Antarctica. Global Environment Bureau Ministry of the Environment Japan

Historieta: "What are Cosmic Rays?!" publicada con la cooperación de "Kodomo no Kagaku. Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. Julio 2006.

Historieta: "What is Global Warming?!" publicada con la cooperación de "Kodomo no Kagaku. Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. Julio 2006.

Historieta: "What is the Ozone Hole?!". Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. October 2005.

Historieta: "What are the polar regions?!". Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. December 2007.

Historieta: "What is the Solar Wind?!". Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. October 2005.

Historieta: "What is Space Weather?!" MANGA: HAYANON+SCIENCE MANGA STUDIO SUPERVISORS: KAZUO SHIOKAWA, YOSHIZUMI MIYOSHI, AND RYUHO KATAOKA. Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. Julio 2006.

Historieta: "What is the Aurora?!" publicada con la cooperación de "Kodomo no Kagaku. Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. April 2004.

Historieta: "What is the Geomagnetic Field ?!" publicada con la cooperación de "Kodomo no Kagaku. Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. September 2003.

Historieta: "What is the Sun-Climate Relationship?!" publicada con la cooperación de "Kodomo no Kagaku. Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. July 2008

Historieta: "What is the Upper Atmosphere?!" is published with cooperation of "Kodomo no Kagaku?!" publicada con la cooperación de "Kodomo no Kagaku. Producido por el *Solar-Terrestrial Environment Laboratory*, Nagoya University y el *Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics* con el programa CAWSES. February 2008

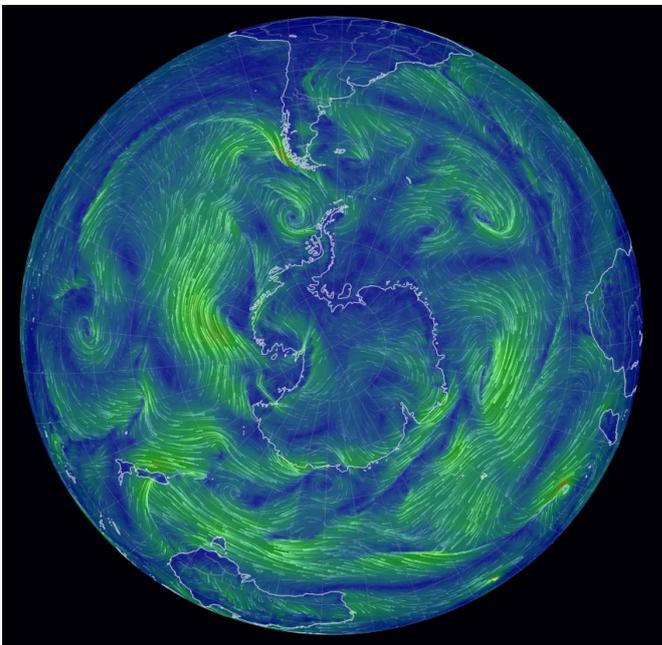
Anexos

Miscelánea de material ilustrativo de algunos de los conceptos vertidos:

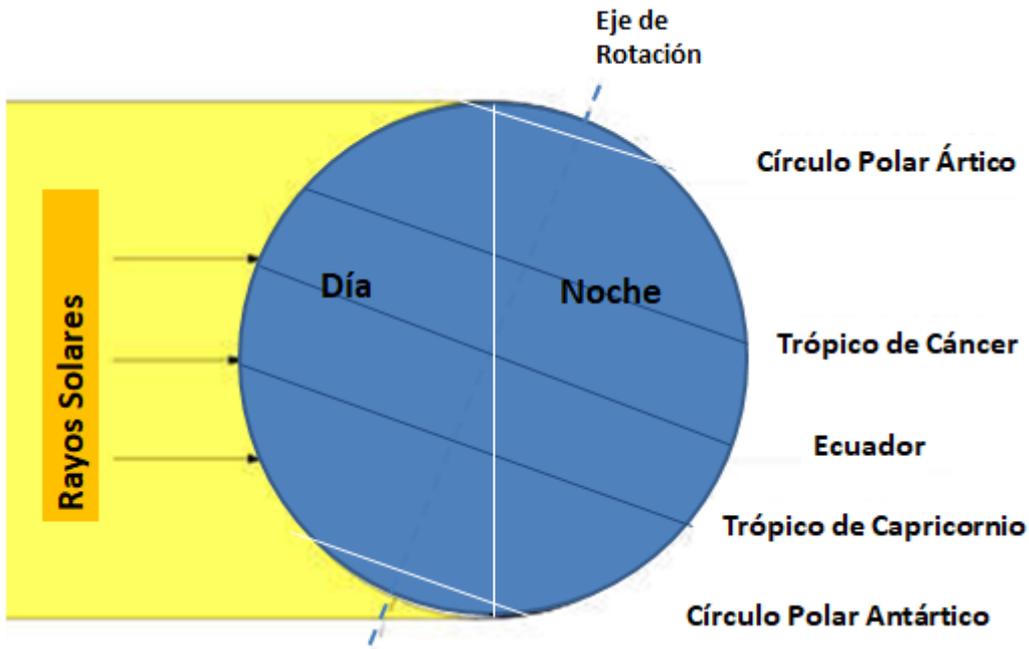
Tabla de la temperatura equivalente de enfriamiento por efecto del viento

VELOCIDAD DEL VIENTO		Temperatura (°C)																								
		10	7.5	5	2.5	0	-2.5	-5	-7.5	-10	-12.5	-15	-17.5	-20	-22.5	-25	-27.5	-30	-32.5	-35	-37.5	-40	-42.5	-45	-47.5	-50
NUDOS	Km/h.																									
CALMA	CALMA																									
Sensación térmica por efecto de enfriamiento del viento																										
3 - 6	8	7.5	5	2.5	0	-2.5	-5	-7.5	-10	-12.5	-15	-17.5	-20	-22.5	-25	-27.5	-30	-32.5	-35	-37.5	-40	-45	-47.5	-50	-52.5	-55
7 - 10	16	5	2.5	-2.5	-5	-7.5	-10	-12.5	-15	-17.5	-20	-25	-27.5	-32.5	-35	-37.5	-40	-45	-47.5	-50	-52.5	-57.5	-60	-62.5	-65	-67.5
11 - 15	24	2.5	0	-5	-7.5	-10	-12.5	-17.5	-20	-25	-27.5	-32.5	-35	-37.5	-42.5	-45	-47.5	-52.5	-55	-57.5	-60	-65	-67.5	-72.5	-75	-77.5
16 - 19	32	0	-2.5	-7.5	-10	-12.5	-17.5	-22.5	-25	-30	-35	-37.5	-42.5	-47.5	-50	-52.5	-57.5	-60	-65	-67.5	-70	-72.5	-77.5	-80	-85	
20 - 23	40	-0	-5	-7.5	-10	-15	-17.5	-22.5	-25	-30	-32.5	-37.5	-40	-45	-47.5	-52.5	-55	-60	-62.5	-67.5	-70	-75	-77.5	-82.5	-85	-90
24 - 28	48	-2.5	-5	-10	-12.5	-17.5	-20	-25	-27.5	-32.5	-35	-40	-42.5	-47.5	-50	-55	-57.5	-62.5	-67.5	-72.5	-75	-77.5	-80	-85	-90	-95
29 - 32	56	-2.5	-7.5	-10	-12.5	-17.5	-20	-25	-30	-32.5	-37.5	-42.5	-45	-50	-52.5	-57.5	-60	-65	-67.5	-72.5	-75	-80	-82.5	-87.5	-90	-95
33 - 36	64	-2.5	-7.5	-10	-15	-20	-22.5	-27.5	-30	-35	-37.5	-42.5	-45	-50	-55	-60	-62.5	-65	-70	-75	-77.5	-82.5	-85	-90	-92.5	-97.5
VIENTOS SUPERIORES A LOS 64 Km/h. PRODUCEN UN PEQUEÑO EFECTO ADICIONAL		PELIGROSO					MUY PELIGROSO LAS PARTES DEL CUERPO EXPUESTAS AL VIENTO PUEDEN CONGELARSE EN 1 MINUTO					EXTREMADAMENTE PELIGROSO LAS PARTES DEL CUERPO EXPUESTAS AL VIENTO PUEDEN CONGELARSE EN 30 SEGUNDOS														
		PELIGRO DE CONGELAMIENTO DEL CUERPO HUMANO EXPUESTO AL VIENTO SIN LA APROPIADA VESTIMENTA																								

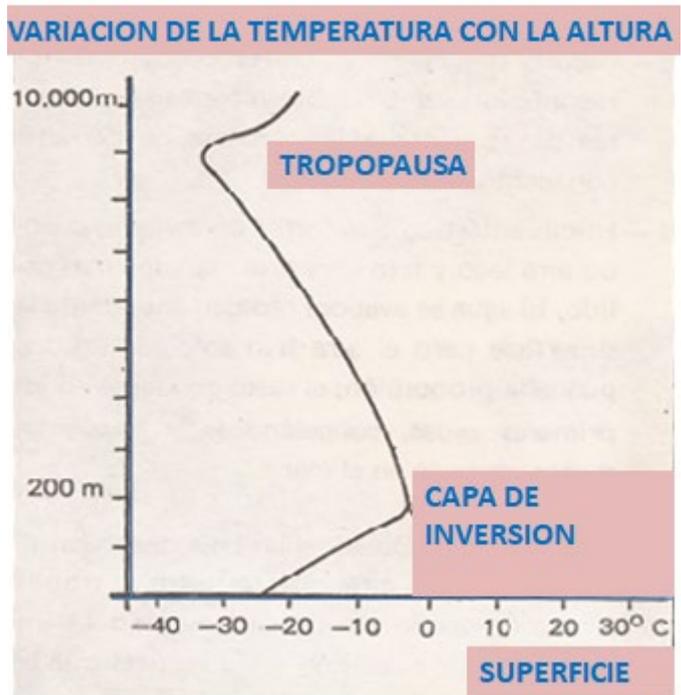
Tabla de Temperaturas y Sensación Térmica



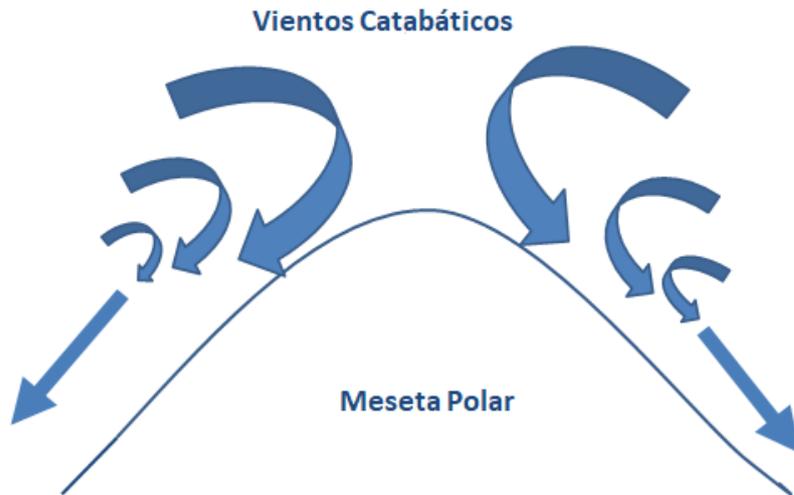
Créditos earth.nullschool.net/
Borrascas alrededor del continente Antártico



Componente Astronómico del Clima Antártico (Causas de los períodos de Día y de Noche polar)



Capa de Inversión Polar.



Esquema simplificado de la circulación Atmosférica en Antártida generando los vientos catabáticos.



Ventiscas (Base San Martín verano 2012)



Halo lunar (Base San Martín invierno 2011)



Parhelio (Base Belgrano II) verano 2012



Halo Solar (Base Marambio Verano 2019)



Mar de nubes (Base Marambio año 2017) Vista desde el techo del pabellón científico



Nubes Lenticulares (Base San Martín año 2017)



Nubes Estratosféricas Polares (Base Marambio año 2017)



Agua actuando como espejo (Bahía Guillermina año 2017)



Aurora Austral (Base Belgrano II Antártida Argentina)

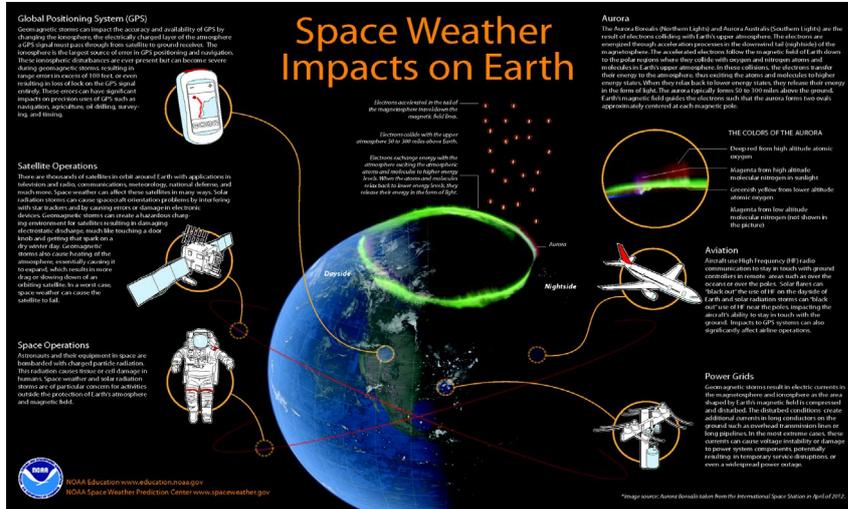


Detector NEURUS

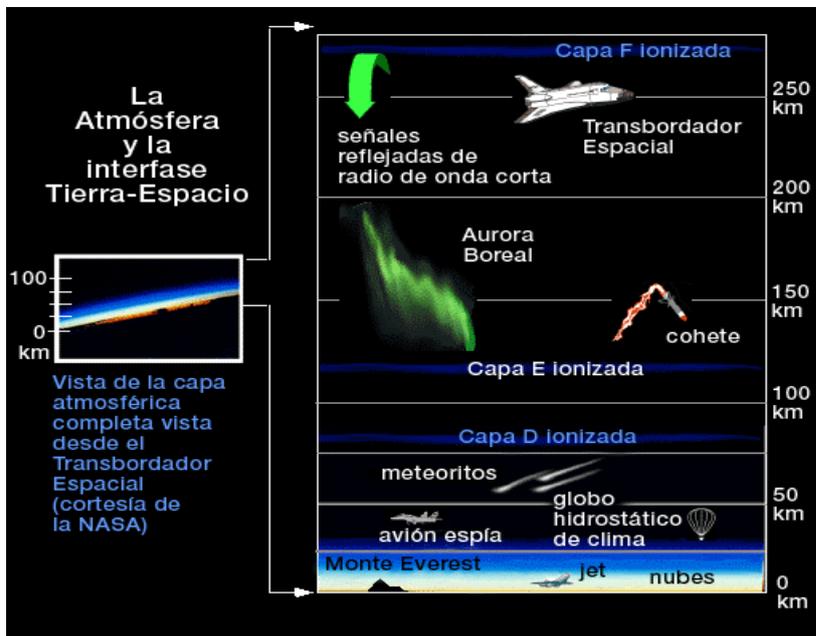


Vista del detector NEURUS (detector de Rayos C3smicos por efecto Cherenkov en agua) construido localmente en Argentina por argentinos, su nombre refiere al cient3fico personaje de un dibujo animado (como homenaje a su creador Manuel Garc3a Ferr3) tambi3n argentino. Proyecto conjunto IAFE (Instituto de Astronom3a y F3sica del Espacio), IAA (Instituto Ant3rtico Argentino), DCAO (Departamento de Ciencias de la Atm3sfera y de los Oceanos FcEn, UBA). El

detector forma parte de un observatorio de detectores de partículas latinoamericano denominado LAGO (Latin American Giant Observatory, observatorio gigante latinoamericano, ya que cuenta con nodos desde México hasta nuestros detectores en Antártida, sus nodos más australes.



Impactos de la Meteorología del Espacio en los sistemas tecnológicos (Créditos NASA). En verde se observa la zona auroral del hemisferio norte como ejemplo.



Capas de la atmósfera (Créditos NASA)

Capítulo 6

Ciencias de la vida. Bioecología

6.1 Introducción

La región antártica presenta una gran disparidad en sus ecosistemas, encontrándose en el ambiente terrestre algunos de los más simples conocidos, hasta ecosistemas marinos sorprendentemente diversos y de alta biomasa.

En rigor, el término “Antártida” se aplica a los ambientes terrestres y acuáticos no marinos, abarcando así el continente (incluyendo la Península Antártica), los diversos archipiélagos del arco de Scotia, y las Islas Subantárticas. Estos ambientes albergan desde desiertos polares hasta lagos de agua dulce o hipersalinos.

Los mares que rodean a la Antártida comprenden parte de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, y abarca desde áreas cubiertas de hielo perenne (ej., Mar de Weddell) hasta aguas libres de hielo.

Los dos atributos físicos que tienen mayor influencia en el funcionamiento de los ecosistemas antárticos son la presencia de agua líquida en los ecosistemas terrestres, y la cobertura de hielo (y sus fluctuaciones espaciales y temporales) en los sistemas acuáticos marinos y continentales. Otras particularidades importantes son la estacionalidad extrema combinada con gradientes pronunciados de periodicidad luz-oscuridad, y la exposición a una alta radiación incidente (Rogers et al., 2012; Convey et al., 2014). Además, los ecosistemas antárticos son relativamente aislados como consecuencia de procesos que comenzaron con las últimas etapas de la ruptura de Gondwana y que posteriormente fueron exacerbados por el desarrollo del vórtice polar atmosférico y diversos procesos frontales circumpolares, entre ellos el Frente Polar (Clarke et al. 2005; De Broyer et al., 2014), que representa una barrera biogeográfica para gran parte de los organismos que conforman el dominio pelágico.

La Corriente Circumpolar Antártica es la más intensa del planeta e influye en la circulación global, el clima y la estabilidad de las masas de hielo. En los profundos océanos que rodean a la Antártida, el efecto “aislante” de esta corriente se extiende hasta unos 1.000 m de profundidad. Por debajo de este nivel, la conectividad con otras cuencas oceánicas globales es más significativa

a causa del agua profunda que fluye hacia el norte y representa un importante impulsor de la circulación oceánica global o "cinta transportadora oceánica" que regula el clima global.

La Antártida incluye ecosistemas que se encuentran entre los más y menos térmicamente variables del planeta, siendo los primeros mayoritariamente terrestres y los segundos marinos. En general, tanto el ambiente continental como el marino presentan una fauna y una flora relativamente pobre en número de especies, aunque en muchos casos con una elevada cantidad de organismos. La particularidad y el principal valor de estas especies residen en su alto grado de endemismo (es decir, que habitan casi con exclusividad en la Antártida) y en su capacidad para desarrollarse y reproducirse en condiciones ambientales extremas..

Las especies que forman los ensamblajes actuales son en gran medida aquellas que han sobrevivido a los ciclos glaciales (Capítulo 4), junto con un número menor que logró propagarse superando las barreras de dispersión y establecimiento.

Actualmente, se están produciendo cambios significativos en los hábitats marinos y terrestres debido a los cambios atmosféricos y oceánicos impulsados principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero y el aumento de la temperatura global (Capítulos 5 y 8). Esto genera el incremento de olas de calor, el retroceso de los glaciares, el colapso de las plataformas de hielo (Capítulo 4) y la acidificación del agua de mar. Asimismo, las actividades humanas en la región (operaciones logísticas, científico-técnicas, pesquerías, turismo) y el contacto humano directo (Chown et al., 2012) son factores de cambio para la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas antárticos (Capítulo 4).

La región antártica parece estar convirtiéndose en un gran ecosistema de transición. A causa del calentamiento global, las especies pelágicas (i.e., aquellas que viven en aguas abiertas, lejos de la costa y del fondo) de ambientes templados están desplazándose gradualmente hacia mayores latitudes en un proceso que continuará a medida que siga aumentando la temperatura atmosférica. Por otra parte, los sectores sumergidos y expuestos del Arco de Scotia estarían actuando como "trampolines" para los organismos del dominio bentónico, favoreciendo también el desplazamiento de especies.

En este sentido, por su proximidad exclusiva a la Península Antártica, las investigaciones en aguas del extremo sur de América son imprescindibles para detectar los cambios en la distribución de especies antárticas marinas y terrestres por vías naturales y por las actividades humanas.

6.2 Relevamiento y sistematización de documentos

Referencias	Temas y puntos de interés
De Broyer, C., Koubbi, P., d'ACÓZ, A. V. D., DANIS, B., DAVID, B., GRANT, S., ... & ROPERT-COUDERT, Y. (2014). Biogeographic atlas of the Southern Ocean. Cambridge, UK, 731.	Revisión integral y más reciente de las especies antárticas y sus patrones biogeográficos.
Turner, J., Bindschadler, R., Convey, P., Di Prisco, G., Fahrbach, E., Gutt, J., ... & Summerhayes, C. (2009). Antarctic climate change and the environment.	Revisión sobre el Cambio Climático y el ambiente antártico.
Convey, P., Chown, S. L., Clarke, A., Barnes, D. K., Bokhorst, S., Cummings, V., ... & Wall, D. H. (2014). The spatial structure of Antarctic biodiversity. <i>Ecological monographs</i> , 84(2), 203-244.	Principales factores y procesos espaciales y temporales que afectan la distribución de la biodiversidad antártica.
Chown, S. L., Lee, J. E., Hughes, K. A., Barnes, J., Barrett, P. J., Bergstrom, D. M., ... & Wall, D. H. (2012). Challenges to the future conservation of the Antarctic. <i>Science</i> , 337(6091), 158-159.	Principales desafíos vinculados con la conservación de la Antártida.
Rogers, A. D., Johnston, N. M., Murphy, E. J., & Clarke, A. (Eds.). (2012). Antarctic ecosystems: an extreme environment in a changing world. John Wiley & Sons.	Principales características de los ambientes extremos.
Clarke, A., Barnes, D. K., & Hodgson, D. A. (2005). How isolated is Antarctica? <i>Trends in Ecology & Evolution</i> , 20(1), 1-3.	Análisis sobre la visión tradicional de la Antártida y mares australes circundantes como un sistema aislado.
ANTARTIDAEDUCA https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/2023-10/Ant%C3%A1rtida%20educa.pdf	Publicación educativa derivada del API 2007-2008. Presenta una síntesis sobre las características generales de la región antártica.
Alder, V., Azzaro, M., Hucke-Gaete, R., Masetti, R., Orgeira, J. L., Quartino, L., ... & Marschoff, E. R. (2017). Southern ocean. First Global Marine Assessment, 41.	Revisión de las principales características ambientales y de las comunidades de organismos antárticos.

Referencias	Temas y puntos de interés
Hughes, K. A., Convey, P., & Turner, J. (2021). Developing resilience to climate change impacts in Antarctica: An evaluation of Antarctic Treaty System protected area policy. <i>Environmental Science & Policy</i> , 124, 12-22.	Análisis de las medidas de protección y conservación en la Antártida y ante el Cambio Climático.
Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X., ... & Robertson, J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. <i>BioScience</i> , 57(7), 573-583.	Análisis global sobre la bio-regionalización de ecosistemas marinos costeros y de plataforma. Incluye a la región antártica en un contexto global.
Boothroyd, A., Adams, V., Alexander, K., & Hill, N. (2023). Benefits and risks of incremental protected area planning in the Southern Ocean. <i>Nature Sustainability</i> , 1-10.	Presenta una bio-regionalización de los dominios pelágico y bentónico en el Área de la Convención para la Conservación de los Recursos Marinos Vivos Antárticos, analizando beneficios y riesgos asociados al diseño de las Áreas Marinas Protegidas.
Murphy, E. J., Johnston, N. M., Hofmann, E. E., Phillips, R. A., Jackson, J. A., Constable, A. J., ... & Xavier, J. C. (2021). Global connectivity of Southern Ocean ecosystems. <i>Frontiers in Ecology and Evolution</i> , 9, 624451.	Enfatiza en el grado de conectividad ecológica de los ecosistemas antárticos con el océano global.

Tabla 6.1. Síntesis de documentos sobre bioecología.

6.3 Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA

6.3.1 La vida en los ecosistemas terrestres antárticos

Hoy día se reconocen para la Antártida tres zonas biogeográficas terrestres principales con condiciones ambientales contrastantes (Figura 6.1): la Antártida Continental, la Antártida Marítima y las islas y archipiélagos subantárticos (Convey, 2010). Estas tres zonas biogeográficas se ubican al sur del Frente Polar. En general, la Antártida Continental tiene un clima más severo que el de la Antártida Marítima e islas subantárticas, cuyas temperaturas medias y precipitaciones son más elevadas.

Actualmente, sólo el 0,3% de la superficie terrestre antártica está libre de nieve o hielo. Este porcentaje está representado por pequeñas áreas aisladas

tales como picos montañosos expuestos (nunataks), acantilados y áreas con exposición estacional, donde el desarrollo de organismos es muy limitado.

La mayoría de los ecosistemas terrestres son prácticamente estériles, razón por la cual gran parte del continente antártico puede describirse como un “desierto gélido”. Por su extensión (40.000 km²), los valles secos de McMurdo en el sur de la Tierra Victoria constituyen sin duda una notable excepción a este patrón.

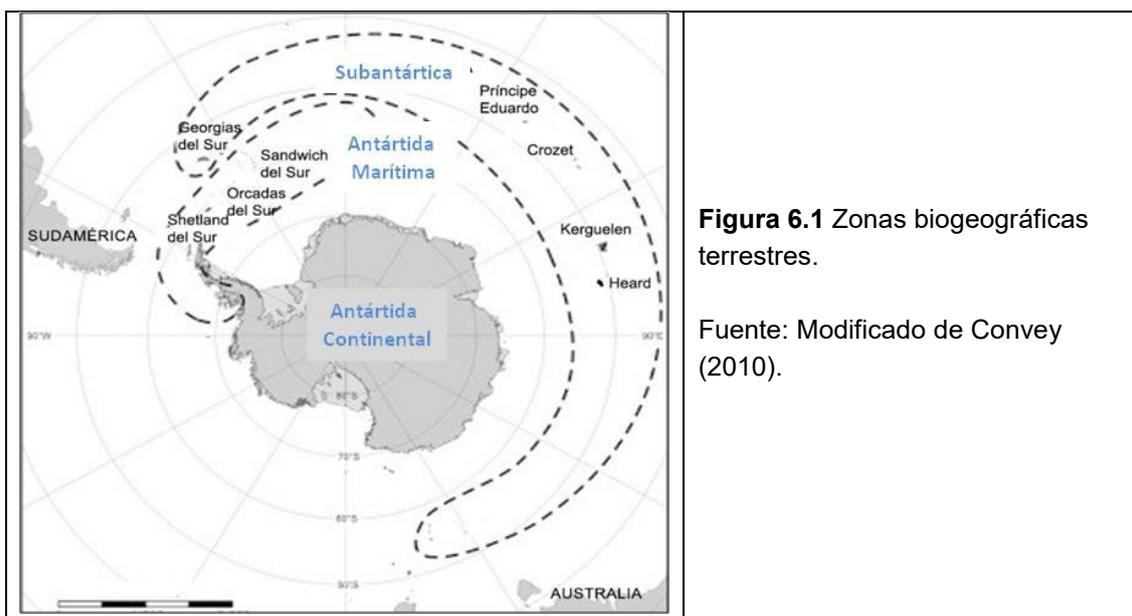


Figura 6.1 Zonas biogeográficas terrestres.

Fuente: Modificado de Convey (2010).

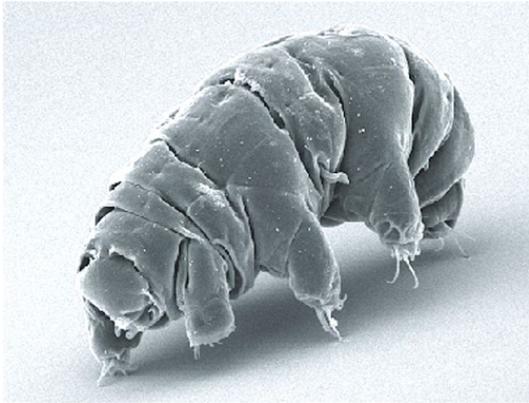
Los ecosistemas terrestres más fácilmente perceptibles son aquellos de las zonas costeras, particularmente a lo largo de la Península Antártica y la costa oriental de la Antártida. Junto con una variedad de bacterias, arqueas, protozoos, hongos, musgos, líquenes y dos especies de plantas, estos ecosistemas presentan unos pocos grupos animales (insectos, ácaros, tardígrados, rotíferos, nematodos) conocidos colectivamente como microfauna.

Los tardígrados (phylum Tardigrada, Figura 6.2A, B), también llamados “osos de agua”, son organismos ampliamente distribuidos a nivel global que viven en agua dulce, marina y en ambientes limno-terrestres, tales como la capa de agua de musgos y líquenes. Son pequeños invertebrados de medio milímetro de longitud con la capacidad de entrar en estado latente (o criptobiosis), por lo cual pueden sobrevivir en condiciones ambientales extremas y en hábitats excepcionalmente secos, fríos, anóxicos o con elevados niveles de radiación o presión (Schokraie et al., 2012). Hasta la fecha, se han publicado 64 especies de tardígrados para la Antártida y las islas subantárticas.

La única especie de insecto plenamente terrestre es *Belgica antarctica*, endémica de Antártida y conocida como “mosquito sin alas” (Figura 6.1C). Se supone que la ausencia de alas puede ser un mecanismo de adaptación para evitar el desplazamiento por el viento.

Las únicas dos plantas superiores (fanerógamas) presentes en la Antártida son la gramínea *Deschampsia antarctica* y la dicotiledónea *Colobanthus quitensis* (Figuras 6.2D, E). La baja disponibilidad hídrica sería el principal factor limitante para el establecimiento, la germinación y el desempeño fisiológico de otras especies (Convey et al., 2003; Molina-Montenegro et al., 2012). Si bien el incremento de la temperatura global y la mayor disponibilidad hídrica de los últimos decenios podrían tener un efecto positivo para la maduración de semillas y su germinación, actualmente la principal amenaza para estas dos plantas son las especies no nativas que podrían ingresar a la región por procesos naturales o debido a las actividades humanas, con las que eventualmente deberían competir.

Asimismo, los lagos continentales (que se congelan durante el invierno y se descongelan en verano) albergan numerosas especies de bacterias y arqueas, algas microscópicas, protozoos, nematodos, rotíferos, tardígrados y crustáceos (Figura 6.2F). La existencia y propiedades de estos lagos dependen críticamente del derretimiento de hielo glacial. Entre los organismos autótrofos presentes se destacan las cianobacterias y las diatomeas. La formación de biopelículas por cianobacterias tales como *Nostoc*, *Calothrix* y *Nodularia* generan, a su vez, condiciones para el desarrollo de protistas y microinvertebrados (Laybourn-Parry y Wadham, 2014; Taton et al., 2006). Las diatomeas, que pueden ser de hábitat pelágico o bentónico, comprenden taxones endémicos incluidos en los géneros *Luticola*, *Psammothidium*, *Pinnularia*, *Navicula*, *Muelleria* y *Halamphora*.

	<p>Figura 6.2A. Tardígrado antártico, conocido comúnmente como “oso polar” debido a su morfología.</p> <p>Fuente: https://www.newscientist.com/article/2157066-hardy-antarctic-tardigrades-may-be-threatened-by-climate-change/</p>
<p>..</p> 	<p>Figura 6.2B. Imagen de microscopio electrónico de barrido (MEB) de <i>Milnesium tardigradum</i> en estado activo.</p> <p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Tardigrada, doi:10.1371/journal.pone.0045682.g001</p> <p>Otra fuente: Requiere permiso https://www.flickr.com/photos/waterbears/ VIDEO: https://www.bbc.com/mundo/media-37441048</p>

	<p>Figura 6.2C. <i>Belgica antarctica</i> o mosquito sin alas. Se ilustra una hembra más grande y un macho más pequeño de la especie durante el apareamiento.</p> <p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Belgica_antarctica</p> <p><u>Otras fuentes:</u> Requiere permiso https://www.sci.news/genetics/science-belgica-antarctica-antarctic-midge-smallest-insect-genome-02100.html</p>
	<p>Figura 6.2D. <i>Deschampsia antarctica</i> o pasto antártico.</p> <p>Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Deschampsia_antarctica</p>
	<p>Figura 6.2E. <i>Colobanthus quitensis</i> o clavel antártico.</p> <p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Colobanthus_quitensis</p>
	<p>Figura 6.2F. <i>Branchinecta gaini</i> o camarón.</p> <p>Fuente: https://ecuador.inaturalist.org/observations/45837344 Observación Sarka Masova</p>

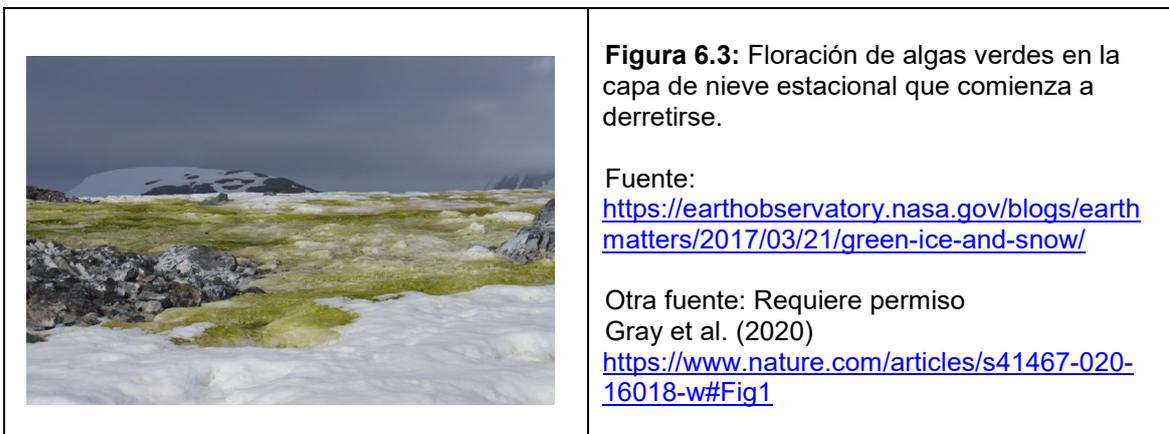
6.3.1 A. Glaciares y nieve continental: Oasis de vida

Estos ambientes representan el hábitat de diversas comunidades biológicas casi exclusivamente microbianas, con interacciones y retroalimentaciones con su entorno físico y químico. Las reacciones mediadas por estos microbios imparten un efecto significativo sobre la dinámica, la

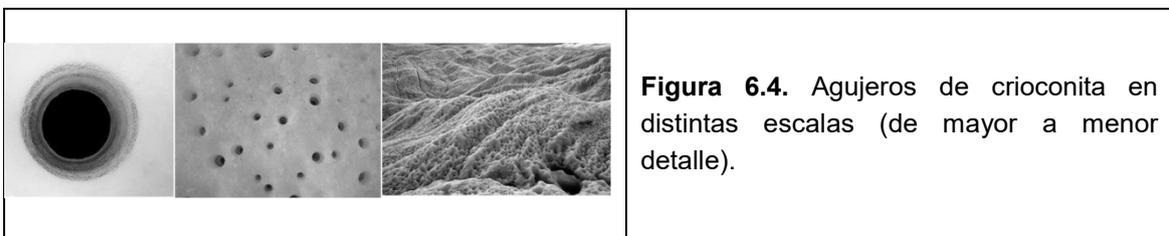
composición y la abundancia de nutrientes en el agua de fusión de glaciares.

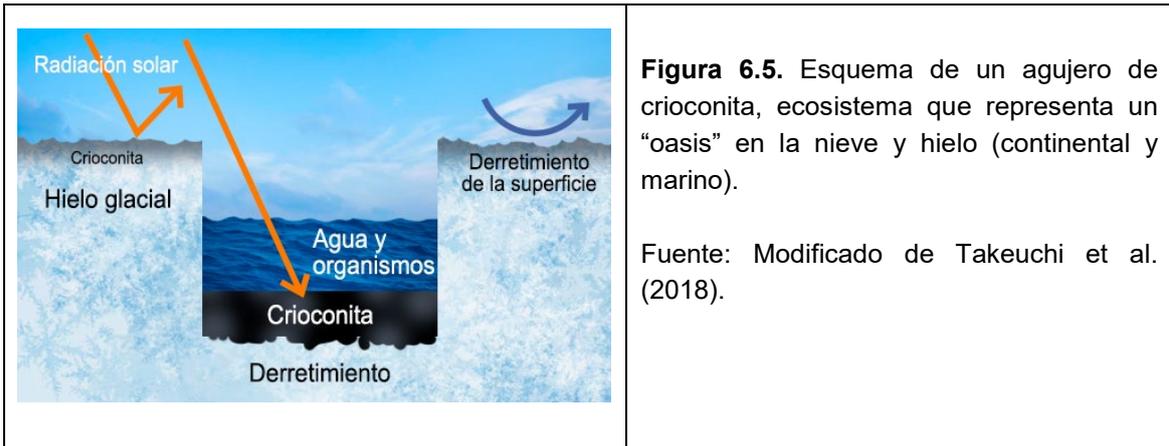
La superficie de los glaciares (o ecosistemas supraglaciales) presenta un manto de nieve (Figura 6.3), agujeros de crioconita (Figuras 6.4-6) y corrientes de agua. Este es el hábitat de un consorcio diverso de virus, bacterias, arqueas, algas, hongos, ciliados, rotíferos y tardígrados, entre otros organismos.

El manto de nieve no siempre es blanco. Durante el verano, amplias áreas cubiertas de nieve cambian de color debido a la floración de microalgas (Figura 6.3), lo cual implica una reducción del albedo (parte de la radiación solar que es reflejada), mayor derretimiento de nieve, y cambios en la calidad y disponibilidad de agua, con potenciales consecuencias de reducción de la masa de nieve (Gray et al., 2020).



Se conoce como crioconita a la acumulación de polvo, hollín y cenizas volcánicas que suele aparecer en la superficie del hielo antártico. Estas partículas oscuras absorben calor y producen el derretimiento del hielo (o nieve) subyacente formando “agujeros con agua” de distintos tamaños, que favorecen la proliferación de cianobacterias, bacterias, microalgas y microinvertebrados (ej., tardígrados, nematodos). Sin embargo, estos oasis de vida son amplificadores del Cambio Global, ya que disminuyen el albedo y generan cambios en los ciclos biogeoquímicos.





6.3.1. B. Lagos subglaciales: Un enigma de vida

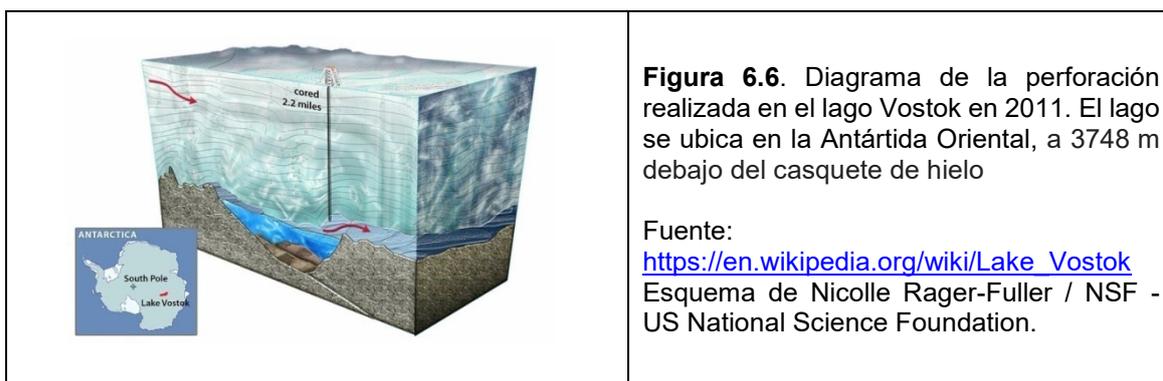
La interfaz del lecho del hielo con la roca-suelo (o ecosistema subglacial) es el hábitat de bacterias quimio-autotróficas y quimio-litótrofas que obtienen su energía de la oxidación de compuestos inorgánicos. Representan una de las fuentes más importantes de meteorización y erosión de las rocas de la Tierra.

Se destacan los lagos antárticos subglaciales (Figura 6.6), que se encuentran debajo del casquete de hielo polar y son el resultado del derretimiento de la base de la capa de hielo por calentamiento geotérmico (Siegert, 2005). Hasta el presente, en el continente Antártico se han identificado 675 lagos subglaciales (Livingstone et al., 2022).

En 1996 se determinaron las dimensiones del lago Vostok, el lago subglacial más grande del planeta y cubierto por más de 4 km de hielo: tiene más de 200 km de largo, 80 km de ancho y una profundidad de más de 500 m (Kapitsa et al., 1996). Desde ese momento, los microbiólogos comenzaron a especular sobre los tipos de vida que podrían contener estos lagos remotos, dado que probablemente algunos de ellos han permanecido aislados de la luz durante más de 14 millones de años. Si desde el inicio del ese aislamiento hubiera existido allí algún tipo de organismo, su potencial supervivencia hasta la actualidad implicaría la adaptación a un entorno extremadamente diluido y deficiente en energía y carbono. Los astrobiólogos sugieren que los lagos subglaciales antárticos son análogos terrestres que permitirán desarrollar las tecnologías necesarias para explorar ambientes extraterrestres de agua helada, tales como los detectados en Marte o en las lunas de Júpiter. El desafío actual es afrontar los costos y complejidades de un proyecto para acceder físicamente a lagos como el Vostok evitando cualquier tipo de contaminación (Siegert y Kennicutt MC II, 2018).

Por último, existe también un ecosistema intraglacial (dentro del hielo del glaciar) habitado por una comunidad de microbios, pero su actividad y su impacto

sobre la dinámica de los nutrientes resulta prácticamente insignificante.



6.3.2. La vida en las costas y mares antárticos

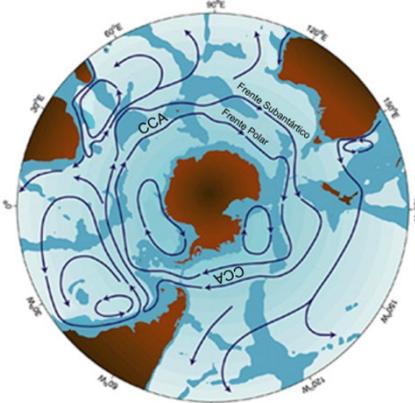
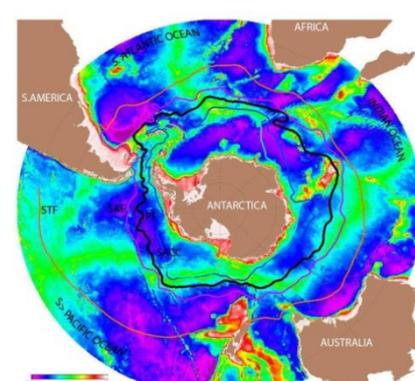
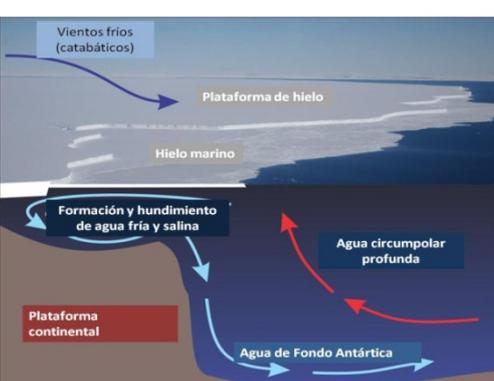
6.3.2.A. Características oceanográficas

La dinámica de los mares y las corrientes que circundan al continente antártico juega un papel fundamental en el clima global. La **Corriente Circumpolar Antártica (CCA; Figura 6.7A)**, de profundo alcance y sin barreras continentales, distribuye señales climáticas entre los océanos Pacífico, Atlántico e Índico. La Corriente Circumpolar Antártica circula en sentido horario alrededor del continente antártico, impulsada por los vientos del oeste. Comprende diversos procesos frontales (son zonas que implican cambios abruptos en la temperatura y salinidad del agua de mar), tales como el Frente Subantártico (FSA) y el Frente Polar (FP), entre otros. El límite norte de la CCA está determinado por el borde norte del FSA (Figura 6.7B). Esta corriente, junto con la energía proveniente de las condiciones atmosféricas y del hielo, es clave en la conexión de la superficie del océano con los mares profundos (Sallée et al., 2018) y en la distribución de los organismos marinos.

Las aguas de fondo se forman en las regiones polares. El agua oceánica se enfría y forma hielo marino (Figura 6.7C). Como consecuencia, el agua circundante se vuelve más salada (las sales no quedan atrapadas en el hielo), más densa, y se hunde. Esto inicia el movimiento de masas de agua profundas que impulsa la cinta transportadora oceánica o circulación termohalina, cuyo rol es vital en la regulación del clima global, en el hundimiento de CO₂, en la distribución de nutrientes y oxígeno, y en la productividad biológica de los ecosistemas marinos (Figura 6.7D).

El calentamiento de las masas de agua a causa del Cambio Global es heterogéneo, aunque las aguas ubicadas al norte y al sur del Frente Polar están incrementando su temperatura. Si bien los procesos en juego en este calentamiento y su distribución regional están comenzando a aclararse, los mecanismos específicos asociados con el cambio en los patrones de viento, y la

interacción océano-hielo siguen siendo áreas de investigación activa, por lo que aún persisten desafíos sustanciales para representarlos con precisión en los modelos climáticos.

 <p>Mapa circular que muestra la Corriente Circumpolar Antártica (CCA) rodeando el continente antártico. Se indican el Frente Polar y el Frente Subantártico. Las flechas azules muestran la dirección de la corriente.</p>	<p>Figura 6.7A. Corriente Circumpolar Antártica y posición general de los frentes polar y subantártico.</p> <p>Fuente: Modificado de https://en.wikipedia.org/wiki/Antarctic_Circumpolar_Current</p>
 <p>Mapa circular que muestra la distribución de los frentes circumpolares (STF, PF, CCA) y la batimetría del océano. Los colores representan diferentes profundidades, desde 0 hasta 4000 metros.</p>	<p>Figura 6.7B. Distribución de los frentes circumpolares (según Orsi et al., 1995). Los colores del mapa indican la batimetría.</p> <p>Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Antarctic_Circumpolar_Current</p>
 <p>Diagrama que muestra el proceso de formación del Agua de Fondo Antártica (ABW). Se ilustra cómo los vientos fríos (catabáticos) sobre la plataforma de hielo y el hielo marino contribuyen a la formación y hundimiento de agua fría y salina. Este agua se convierte en el Agua de Fondo Antártica, que fluye a lo largo de la plataforma continental y se mezcla con el Agua Circumpolar Profunda.</p>	<p>Figura 6.7C. Se destaca la formación del Agua de Fondo Antártica (ABW: Antarctic Bottom Water).</p> <p>Fuente: Modificado de https://eos.org/articles/meltwater-from-antarctic-glaciers-is-slowing-deep-ocean-currents</p>

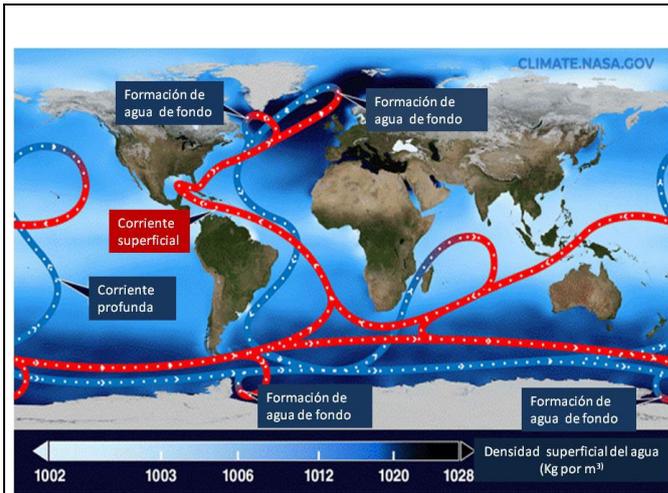


Figura 6.7D. Distribución de la cinta transportadora oceánica. El color de fondo muestra la densidad de la superficie del mar.

Fuente:
 NASA/Goddard Space Flight Center
 Scientific Visualization Studio
 (Background)
<https://science.nasa.gov/earth/earth-atmosphere/slowdown-of-the-motion-of-the-ocean/>

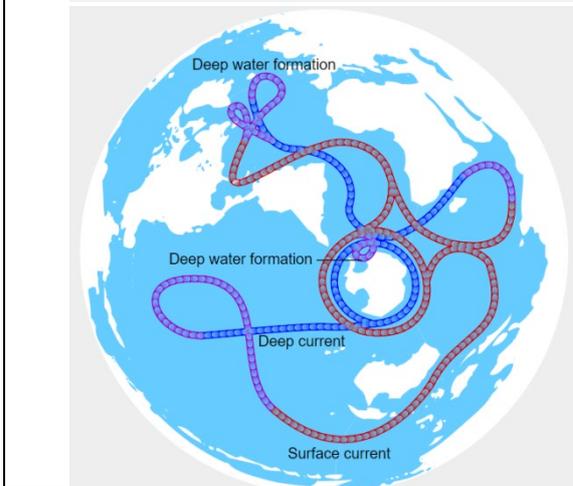


Figura 6.7E. Cinta transportadora global (o circulación termohalina) destacando a la Región Antártica (animación).

Fuente:
https://es.wikipedia.org/wiki/Circulaci%C3%B3n_termohalina

6.3.2.B. Dominios pelágico y bentónico

La mayor parte de los organismos presentes en la Región Antártica viven en el ambiente marino, ya sea en la columna de agua o asociados al fondo marino, conformando así los dominios pelágico y bentónico, respectivamente. En el dominio pelágico, algunos habitan la capa de agua superficial, y su capacidad de desplazamiento no resulta suficiente para oponerse a las corrientes marinas, por lo que terminan siendo transportados por los movimientos del agua. Estos organismos son conocidos en conjunto como **plancton**.

El plancton incluye desde partículas virales (virioplancton), bacterias (bacterioplancton), algas unicelulares (fitoplancton) y protozoos (protozooplancton) (Figura 6.8), hasta organismos animales detectables a simple (zooplancton), tales como diversos crustáceos, las salpas y varios estadios larvales de organismos bentónicos y de peces. En los ambientes acuáticos, la abundancia de bacterias es regulada (mediante el consumo) por protozoos pequeños y frágiles, tales como flagelados, ciliados y dinoflagelados heterótrofos (Figura 6.8).

Gran parte de los organismos que conforman el fitoplancton y el protozooplancton tienen la capacidad de modificar su estrategia alimenticia (o

estrategia trófica), convirtiéndose en organismos fotosintéticamente activos (productores primarios) o consumidores según la disponibilidad de luz, nutrientes, alimento, etc. Tales organismos suelen agruparse bajo la denominación de **mixoplancton**.

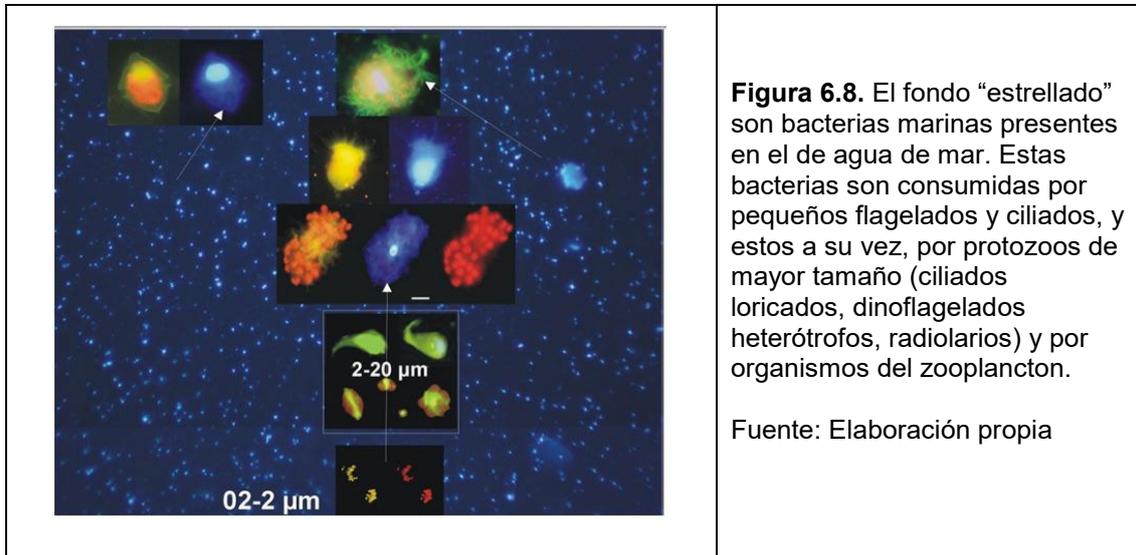


Figura 6.8. El fondo “estrellado” son bacterias marinas presentes en el de agua de mar. Estas bacterias son consumidas por pequeños flagelados y ciliados, y estos a su vez, por protozoos de mayor tamaño (ciliados loricados, dinoflagelados heterótrofos, radiolarios) y por organismos del zooplancton.

Fuente: Elaboración propia

A diferencia del plancton, otros animales acuáticos de mayor tamaño tienen la capacidad de oponerse al movimiento de las corrientes. Estos nadadores activos constituyen el **necton**, que incluye a los peces, calamares, pingüinos y mamíferos marinos.

Por último, el **dominio bentónico** está conformado por organismos que dependen del fondo marino para su supervivencia, pudiendo habitar tanto en aguas cercanas a la costa como en profundidades abisales. Entre estos se encuentran las macroalgas, los moluscos bivalvos, los erizos y estrellas de mar, los nemertinos y algunos peces, entre tantos otros.

6.3.2.C. Dominio pelágico: Microalgas

La vida en los océanos (y en los lagos u otros cuerpos de agua continentales) depende del desarrollo de algas unicelulares microscópicas que en conjunto se conocen como **fitoplancton**. Estas microalgas viven principalmente en la columna de agua, pero también existe un gran número de especies asociadas al hielo (**microalgas epónticas**, Figura 6.9A) y al fondo marino (**microfitobentos**). Si bien la falta de luz durante el invierno limita su desarrollo, la compleja estructura alimenticia del ambiente antártico perdura aun en estas condiciones tan desfavorables porque, a medida que comienza la formación del campo de hielo marino, algunas especies de microalgas y protozoos van quedando atrapadas dentro del hielo para ser liberadas nuevamente al terminar el invierno.

La idea tradicional de que los organismos que se encuentran dentro del

hielo marino pertenecen en realidad al plancton que queda atrapado durante el proceso de congelación (Garrison et al., 1983; Lizotte, 2003), aún está en debate. El empleo de técnicas moleculares demuestra que las especies dominantes en el hielo y en la columna de agua son diferentes, ya que si bien los organismos son morfológicamente similares, presentan evidentes diferencias genéticas (Gast et al., 2004). Pese a que se ha demostrado que el hielo marino puede albergar complejas y activas redes ecológicas (Lizotte, 2003), aún falta esclarecer si estos organismos están activos o si permanecen en estado latente hasta que el hielo se derrite (o si se verifican ambas situaciones).

Al llegar la primavera, el hielo marino comienza a fundirse, y tanto las algas fitoplanctónicas (que “sobrevivieron” encerradas en el hielo durante el invierno) como varias esporas y quistes de otros organismos, siembran la superficie del mar, donde encuentran las condiciones necesarias para su desarrollo: la luz solar y los nutrientes que, por acción del viento y de la circulación oceánica, son desplazados desde las aguas profundas hacia la superficie. El resultado de este proceso es una verdadera explosión (floración) de fitoplancton, sobre todo en la franja costera y en la zona del borde del campo de hielo.

Dentro del fitoplancton, las diatomeas (Figura 6.9B-D) son el grupo más relevante en el ciclo del carbono orgánico y como alimento del kril. Se trata de algas unicelulares, a menudo reunidas en filamentos o cadenas, que poseen una pared celular (frústulo) de sílice de origen biogénico compuesta por dos valvas (epiteca e hipoteca) que se superponen una a otra. Las valvas están unidas por la epipleura y la hipopleura que, en conjunto, forman el cingulo. Según la simetría del frústulo, se distinguen dos tipos de diatomeas: las céntricas, con simetría radial, y las pennadas, con simetría bilateral.

Debido a sus altas tasas de hundimiento, las diatomeas transfieren grandes cantidades de carbono orgánico y silicio desde la capa superficial hasta las profundidades del océano.

6.3.2.D. Dominio pelágico

El kril antártico (*Euphausia superba*) y el zooplancton

El kril es un crustáceo pequeño (orden Euphausiacea) distribuido globalmente. Forma parte del zooplancton y es el vínculo más importante entre la producción primaria y los niveles tróficos superiores.

En los mares que rodean la Antártida se reportan siete especies de kril, cada una con diferentes rangos latitudinales: *Euphausia superba*, *E. crystallorophias*, *E. frigida*, *E. longirostris*, *E. triacantha*, *E. valentini* y *Thysanoessa macrura*.



Figura 6.9A. Microalgas del hielo (epónticas) y el kril.

Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Algas_del_hielo

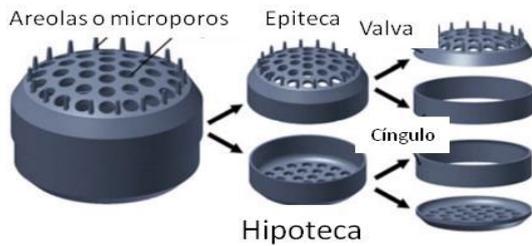


Figura 6.9B. Estructura del frústulo de una diatomea céntrica.

Fuente: Zhang, D., Wang, Y., Cai, J., Pan, J., Jiang, X. and Jiang, Y. - [1], CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=88918086>

Otra fuente: Hildebrand et al., 2009.

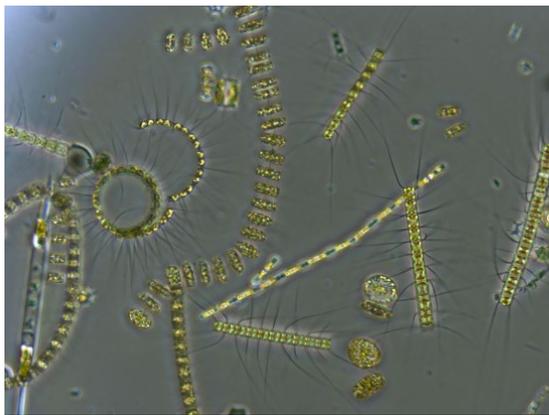


Figura 6.9C. Diatomeas coloniales. Microscopio óptico.

Fuente:

https://en.wikipedia.org/wiki/Diatom#/media/File:Mixed_phytoplankton_community_2.png

Otra fuente:

<https://www.antarctica.gov.au/news/2005/launch-of-significant-antarctic-research-resource/>

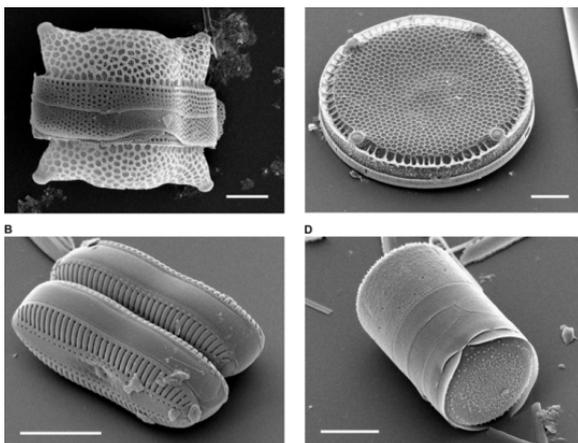


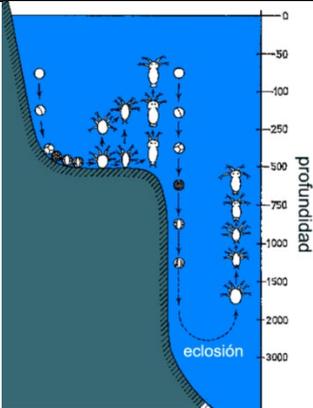
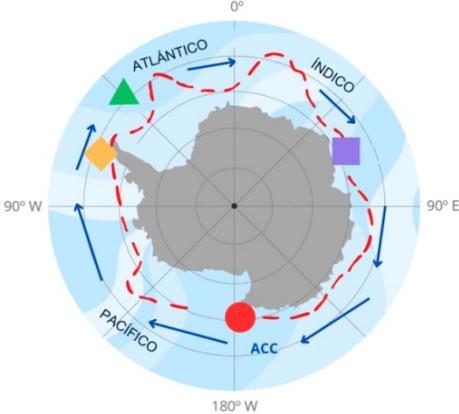
Figura 6.9D. Frústulos de diatomeas. Microscopio electrónico de barrido.

Fuente:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Diatom>

Entre estas especies, *Euphausia superba* (Dana, 1852) es conocida como “kril antártico” (Figura 6.11A-D), y se destaca por su enorme biomasa (estimada

en 0,05 gigatoneladas de carbono y, por lo tanto, similar a la biomasa total de los seres humanos; Bar-On et al., 2018). Cada individuo adulto de *E. superba* pesa unos 2 gramos y mide hasta 6 cm. Los altísimos valores de biomasa que alcanza son atribuidos a las elevadas concentraciones de fitoplancton, especialmente diatomeas, que constituyen su principal alimento. Hasta el presente se han reportado cuatro grupos poblacionales de kril antártico, aunque existe un alto grado de mezcla y conectividad en su distribución geográfica.

	<p>Figura 6.11A. <i>Euphausia superba</i> o kril antártico</p> <p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Euphausia_superba http://uhse-elite-university.com/professordrhbilhabiluwekils.html</p>
	<p>Figura 6.11B. Vista lateral de <i>E. superba</i> (Furcillae III) con cuatro fotóforos y cinco pleópodos desarrollados. Barra de escala: 500 µm.</p> <p>Fuente: Modificado de Jia et al. (2014).</p>
	<p>Figura 6.11C. Desarrollo de <i>Euphausia superba</i>. Los huevos se depositan cerca de la superficie y comienzan a hundirse. En mar abierto se hunden durante alrededor de 10 días y las larvas eclosionan a unos 2000-3000 m de profundidad.</p> <p>Fuente: Modificado de Kils y Klages (1979). https://es.wikipedia.org/wiki/Euphausia_superba</p>
	<p>Figura 6.11D. Distribución de los diferentes grupos poblacionales del kril antártico. Bahía Prydz (cuadrado), Mar de Ross (círculo), Shetland del Sur (rombo) y Georgias del Sur (triángulo).</p> <p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Euphausia_superba#cite_note-25</p>

En su hábitat natural vive entre 5 y 7 años, llegando a la etapa de desove cuando tiene 2 o 3 años de edad (Siegel, 1987; Everson, 2000). El kril pasa por varios estadios larvarios: Dos larvas nauplii, una metanauplius, tres larvas calyptope, y seis larvas furciliae (Gallotti, 2013). El estadio siguiente se reconoce como juvenil. Cada etapa larvaria dura de 8 a 15 días, y cada 10-14 días renuevan su exoesqueleto, que se hunde hacia el fondo marino contribuyendo al secuestro del carbono (Manno et al., 2020). Una vez que los huevos han sido puestos, se hunden durante unos 10 días a profundidades de hasta 2000 m. Allí eclosionan como nauplii, larvas con un solo ojo y sin segmentos corporales. Las nauplii ascienden y entran en una etapa de metanauplius, donde comienza el desarrollo de las extremidades. A medida que las larvas continúan ascendiendo, se convierten en calyptopes, que llegan a la superficie y comienzan a alimentarse. Después de tres mudas adicionales, las larvas pasan a ser furciliae. Esta etapa está marcada por el desarrollo de ojos compuestos móviles (Figura 6.11B) que se proyectan desde el borde del caparazón. Las furciliae luego se convierten en juveniles que alcanzan longitudes de 4 a 10 mm a principios del invierno, y el crecimiento se ralentiza a finales de marzo. Los juveniles comienzan a desarrollar gónadas en primavera/verano de su segundo año y comienzan a desovar a los dos años de edad. (Ver Videos de Kril en Sección: Otras consideraciones).

La distribución espacial y temporal de larvas de eufausiáceos es el resultado de una compleja interacción entre sus características biológicas y la circulación oceánica (Quetin y Ross, 2001; Nicol 2006; Shao et al., 2023). A escala local, la capacidad para sobrevivir a condiciones ambientales como la temperatura es un factor limitante en su distribución. Las características de su ciclo de vida, la eclosión en profundidad (variable entre diferentes especies), y su relación con los procesos oceánicos regionales, determinará las masas de agua que finalmente serán ocupadas por los adultos (Gallotti, 2013). Tradicionalmente, se consideraba que el hábitat principal del kril se encontraba en los primeros 200 metros de la columna de agua, pero hay cada vez más evidencia de la presencia de kril cerca del fondo marino, a profundidades abisales. El conocimiento de la dinámica y la extensión de esta población de kril de hábitats profundos y su relación con la población de superficie es un tema todavía pendiente de estudio.

El kril emite luz amarillo-verdosa a través de órganos bioluminiscentes que se ubican en varias partes del cuerpo. Algunas hipótesis han sugerido que la bioluminiscencia del kril es para evitar a los depredadores. Otras especulaciones sostienen que desempeñan un papel importante en el apareamiento o en el mantenimiento del enjambre durante la noche.

El kril antártico tiene un comportamiento gregario. Forma super-enjambres que pueden extenderse hasta 100 km, con un espesor promedio de 15 m y cuyos individuos se movilizan en la columna de agua en una misma dirección. Todos

los individuos de un enjambre son aproximadamente del mismo tamaño. Un individuo medirá su tamaño en relación con el resto del enjambre y se unirá o lo abandonará según corresponda. La visión los ayuda a mantener la unidad de los enjambres y a alimentarse. La mecanorrecepción y el olfato también pueden desempeñar un papel en el comportamiento gregario del kril. Los quimiorreceptores se utilizan para detectar aminoácidos que indican la presencia de fuentes de alimento, y es probable que las feromonas desempeñen un papel en el apareamiento (Hamner y Hamner, 2000).

El kril es una especie clave dentro de la cadena alimentaria. Se alimenta de fitoplancton y en menor medida de zooplancton. Al ser consumido por otros animales, transfiere materia y energía a niveles superiores de la trama trófica. Más de la mitad de la biomasa de kril alimenta cada año a ballenas, focas, lobos marinos, pingüinos, calamares y peces, y la población se reconstituye posteriormente mediante reproducción y crecimiento. El kril realiza grandes migraciones verticales diarias, proporcionando así alimento para los depredadores que se encuentran cerca de la superficie por la noche, y para los de aguas más profundas durante el día.

Numerosas especies antárticas dependen del kril como fuente de alimento, entre ellas los pingüinos (de barbijo, adelia, emperador, papúa, macaroni, reales, de penacho amarillo), los pinnípedos (lobos finos, focas cangrejas, focas de Weddell, focas leopardo), la mayoría de las especies de peces, calamares, albatros y la mayoría de las demás especies de aves marinas voladoras. La mayoría de las ballenas azules del Océano Austral se alimentan principalmente de kril antártico durante seis meses al año antes de migrar miles de kilómetros al norte para reproducirse, tiempo durante el cual no se alimentan.

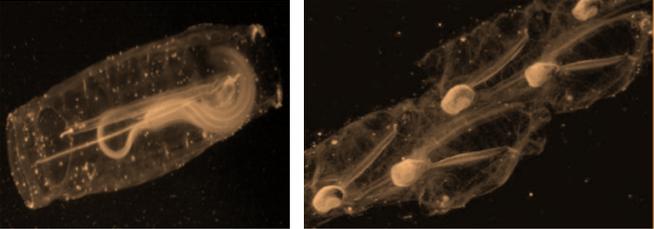
El tamaño de la población de kril varía de un año al otro, y los cambios parecen depender principalmente de la cantidad de especímenes jóvenes que ingresan a la población de mayor edad todos los años, y de las variaciones en la extensión, persistencia invernal y distribución espacial del hielo marino. Por esta razón, la preocupación por los efectos que el cambio climático pueda tener en el hábitat del kril cobra cada vez mayor relevancia (Nicol, 2006).

Otros organismos zooplanctónicos

Además del kril, hay otros organismos planctónicos que juegan un papel clave en la cadena trófica. Por ejemplo, el anfípodo *Themisto gaudichaudii* (Figura 6.10A), cuya importancia radica en la capacidad de regular la abundancia de mesozooplancton (principalmente de copépodos) y el reclutamiento de estadios larvales de especies importantes en pesquerías, tales como *Euphausia superba* y el pez de hielo *Champsocephalus gunnari* (Watts y Tarling, 2012). *T. gaudichaudii* también está ampliamente distribuida en el Mar Argentino y especialmente en aguas patagónicas, donde suele formar densos enjambres (Padovani et al., 2012). Se cree que a futuro esta especie podría verse favorecida

por el gradual desplazamiento hacia mayores latitudes a causa del incremento de la temperatura global, y que potencialmente podría llegar a competir con el kril e incluso provocar su declinación (Havermans et al., 2022).

Otro caso relevante lo constituyen las salpas (Figura 6.10B), que en algunas oportunidades son más numerosas que el kril y compiten con éste por el fitoplancton. Los aumentos bruscos en la abundancia de salpas parecen estar relacionados con cambios en la cobertura del hielo marino y la temperatura del agua de mar.

	<p>Figura 6.10 A. Anfípodo <i>Themisto gaudichaudii</i></p> <p>Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/The_misto_gaudichaudii</p>
	<p>Figura 6.10B. La salpa antártica <i>Salpa thompsoni</i> en su forma solitaria (izquierda) y agregada (derecha).</p> <p>Foto: Modificada de Larry Madin, WHOI. http://antarcticsalpgenomics.blogspot.com/2011/11/why-are-we-here.html</p>

Los conocimientos actuales permiten suponer que, a mayor extensión del campo de hielo, mayor es el desarrollo del kril (ya que, como fue mencionado anteriormente, se sostiene durante el invierno a expensas de las algas que viven adheridas al hielo). Sin embargo, la reducción del campo de hielo, tal como ocurre algunos años, favorece el desarrollo de salpas que pueden ser más eficientes en la captura del fitoplancton en aguas libres de hielo. Esta alternancia en el predominio de kril y salpas afecta en forma periódica a toda la estructura trófica antártica.

Los peces antárticos: Nototénidos

Estudios paleontológicos recientes sugieren que aproximadamente 35 millones de años atrás (Pérez et al., 2023) América del Sur se separó de la Antártida por deriva continental, dando lugar a la aparición del Pasaje Drake, la Corriente Circumpolar y el Frente Polar. Este fenómeno condujo no solo al aislamiento y el enfriamiento de la Antártida, sino también a la extinción de muchos organismos marinos que se hallaban asociados a las costas y mares del

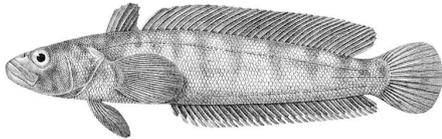
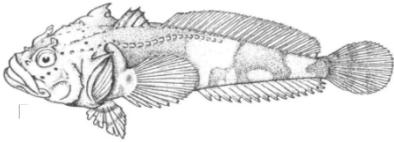
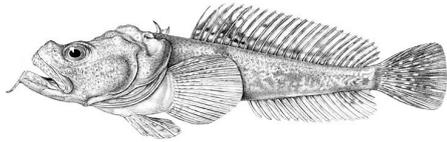
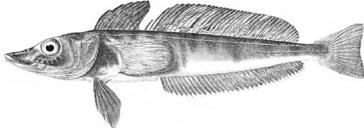
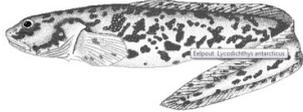
continente recién formado. Esta extinción masiva liberó numerosos nichos ecológicos que en forma relativamente rápida fueron ocupados por nuevas especies surgidas de un ancestro común, en un proceso que se conoce como radiación adaptativa. En el caso particular de los peces antárticos, la radiación adaptativa puede ejemplificarse claramente con la familia Nototheniidae (conocidos vulgarmente como nototénias o nototénidos), compuesta por especies que habitan a diferentes profundidades dentro de la columna de agua (dominios pelágicos y bentopelágicos), en estrecha asociación con el fondo marino (dominio bentónico), y en aguas cubiertas por hielo (ambientes criopelágicos) (Eastman, 1991; di Prisco et al., 2007; Matschiner et al., 2015; Rutschmann et al., 2011).

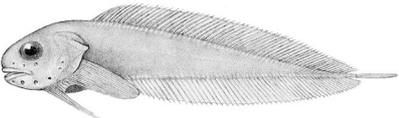
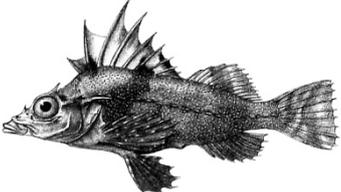
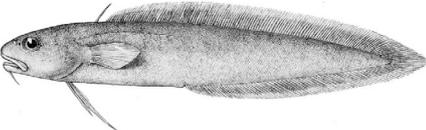
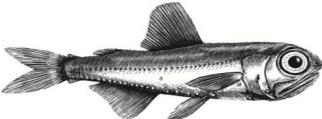
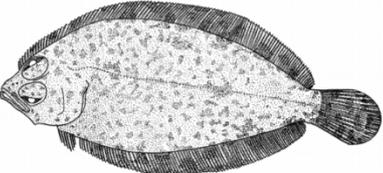
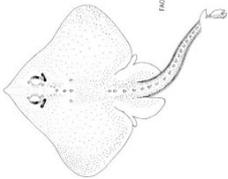
Entre las distintas familias de peces que habitan los mares antárticos (Figura 6.11), los nototénidos también se destacan por ser los más abundantes, por ser endémicos de la región, y por compartir ciertas características morfológicas que los hacen especialmente aptos para habitar tanto en la columna de agua como sobre el lecho marino, tales como la ausencia de vejiga natatoria, aletas pectorales y pélvicas redondeadas que les permiten desplazarse con eficiencia en ambos ambientes, ojos localizados hacia la parte superior de la cabeza para localizar más fácilmente a las presas que sobrenadan el fondo, y la presencia de una aleta dorsal espinosa que les sirve de defensa.

Los altos valores de biomasa que alcanzan los nototénidos los han hecho objeto de sobrepesca hasta comienzos de la década de 1990. Actualmente, la pesca en los mares australes es regulada por la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), cuya Convención fue firmada en 1980 y entró en vigencia en el año 1982. La captura comercial de especies tales como los nototénidos *Notothenia rossii*, *Lepidonotothen squamifrons* y *Patagonotothen guntheri*, los caníctidos *Champscephalus gunnari* y *Chaenodraco wilsoni*, y el mictófido *Electrona carlsbergi* está hoy prohibida o muy limitada (Barrera Oro, 2005).

Además de los nototénidos, representados por unas 60 especies, existen otras 11 familias de peces que habitan los mares antárticos. Entre éstas, la más diversificada es la familia Liparidae (peces babosa) con 64 especies (Andriashev, 1998). En su mayoría, las especies de peces antárticos viven en aguas profundas, cerca del fondo marino o directamente sobre él, siendo muy pocas las que habitan en el dominio pelágico.

Figura 6.11. Familias de peces presentes en aguas antárticas y ejemplos de especies características. En itálica: nombre científico de la especie.

Orden Perciformes	
Familia	
Nototheniidae	 <p>Nombre común: Nototenia. <i>Notothenia rossii</i> https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Notothenia_rossii.jpg</p>
Harpagiferidae	 <p>Nombre común: Torito. <i>Harpagifer bispinis</i> Ilustración: Eastman, 1991</p>
Artedidraconidae	 <p>Nombre común: pez saqueador. <i>Pogonophryne scotti</i> https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Pogonophryne_scotti.jpg</p>
Bathydraconidae	 <p>Nombre común: Dragón antártico. <i>Bathyraco antarcticus</i> https://en.m.wikipedia.org/wiki/Bathydraconidae</p>
Channichthyidae	 <p>Nombre común: Pez de hielo. <i>Champscephalus gunnari</i> https://species.wikimedia.org/wiki/Champscephalus_gunnari</p>
Zoarcidae	 <p>Nombre común: Viuda. <i>Lycodichthys antarcticus</i> https://www.wpclipart.com/animals/aquatic/fish/E/eelpout/Eelpout_Lycodichthys_antarcticus.png.html</p>
Orden Scorpaeniformes	

Liparidae	 <p>Nombre común: Pez babosa. <i>Paraliparis antarcticus</i> https://es.wikipedia.org/wiki/Paraliparis - Dominio Público</p>
Congiopodidae	 <p>Nombre común: Cacique. <i>Zanclorhynchus spinifer</i> https://en.wikipedia.org/wiki/Zanclorhynchus_spinifer</p>
Orden Gadiformes	
Muraenolepididae	 <p>Nombre común: Gadimorena. <i>Muraenolepis microps</i> https://en.m.wikipedia.org/wiki/Muraenolepididae</p>
Orden Myctophiformes	
Myctophidae	 <p>Nombre común: Pez linterna. <i>Electrona carlsbergi</i> https://www.flickr.com/photos/phylomon/16470175485/in/photostream/</p>
Orden Pleuronectiformes	
Bothidae	 <p>Nombre común: Lenguado. <i>Mancopsetta maculata</i> https://www.researchgate.net/figure/M-maculata-213-mm-SL-ISH-1149-1966_fig1_270275818</p>
Orden Rajiformes	
Rajidae	 <p>Nombre común: Raya. <i>Bathyraja murrayi</i> https://es.wikipedia.org/wiki/Bathyraja_murrayi - Dominio Público</p>

Adaptaciones de los peces antárticos

El agua de los mares antárticos puede mantenerse líquida a temperaturas cercanas a los -2°C (dos grados bajo cero) porque el punto de congelación del agua salada es menor que el del agua pura. A estas temperaturas, la concentración de oxígeno disuelto suele ser particularmente elevada, y por ende los organismos requieren de adaptaciones especiales para evitar no solo el congelamiento sino también el estrés oxidativo (que implica un desequilibrio entre la producción y la degradación de las especies químicas reactivas al oxígeno conocidas como “ROS”; Ansaldo, 2001). Entre estas adaptaciones, quizá la más importante es la producción de glicoproteínas anticongelantes (AFGP, por sus siglas en inglés) que se unen a los cristales de hielo más pequeños para inhibir su crecimiento y su recristalización. Estas glicoproteínas se originan en el páncreas y posteriormente son liberadas en el tracto digestivo para mezclarse con los cristales de hielo (Evans et al., 2012). Las AFGPs se reciclan entrando al torrente sanguíneo y regresando al hígado para su almacenamiento. Los peces también pueden excretar algunas AFGPs en sus mucosas y superficies para evitar el congelamiento externo.

Todos los organismos, desde las bacterias a los humanos, tienen la capacidad de producir un tipo particular de proteínas cuando se ven sometidos a temperaturas más altas que lo normal para su ambiente. Estas proteínas son conocidas como HSP (*Heat Shock Proteins*). Sin embargo, las nototeniias constituyen una excepción en tal sentido, ya que, si bien cuentan con el gen para la producción de estas proteínas, este carácter no logra expresarse ni aún en situaciones de estrés térmico (Place et al., 2004).

Algo similar ocurre en los peces de hielo (familia Channichthyidae) con la producción de hemoglobina (Bargelloni et al., 1998; Near et al., 2006; Kim et al., 2019). Si bien estos peces poseen los genes necesarios para expresar este carácter, la evolución los ha conducido a prescindir de esta proteína (y en algunos casos también de glóbulos rojos), por lo que también son conocidos como peces de sangre blanca, tal como ocurre, por ejemplo, en la especie *Chaenocephalus aceratus* o draco rayado (Figura 6.12) (Kim et al., 2019). Esta particularidad solo es viable en un ambiente muy rico en oxígeno como es el agua marina antártica, y el pez de hielo la compensa con un alto rendimiento cardíaco y una baja tasa metabólica.

	<p>Figura 6.12A. <i>Chaenocephalus aceratus</i> o draco rayado (Blackfin icefish). Se destaca su mandíbula grande y triangular (similar a la de un cocodrilo).</p> <p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Channichthyidae https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ice_fishuk.jpg</p>
	<p>Figura 6.12B. <i>Chaenocephalus aceratus</i>.</p> <p>Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Two_Notothenioidei.png Fotografía: H. William Detrich (Northeastern University, Boston).</p>

Las aves marinas

Las aves antárticas se destacan por tener una baja diversidad, aunque el número de individuos por especie es muy elevado. Además del cormorán antártico, la gaviota cocinera, el gaviotín antártico, la paloma antártica y el escúa, en la región antártica habitan varias especies de pingüinos, albatros y petreles.

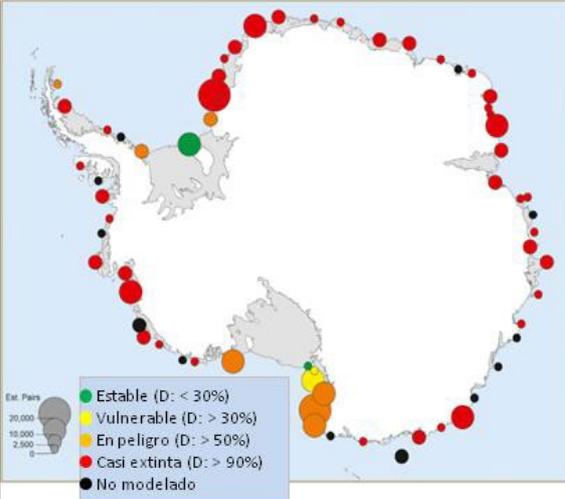
Los pingüinos son las aves antárticas más numerosas. Durante la primavera regresan al continente para construir sus nidos o reacondicionar los existentes y reproducirse, aunque solo unas pocas especies (pingüino adelia, papúa y barbijo, entre otras) lo hacen en el ambiente antártico. Puesto que dependen del ambiente marino para su alimentación, en su mayoría nidifican cerca de la costa.

El **pingüino emperador** (*Aptenodytes forsteri*; Figura 6.13A) es una especie icónica que sobresale por medir cerca de 1,2 m de altura y por ser es la única que se reproduce en invierno sobre el hielo, donde la hembra pone un solo huevo que es incubado casi siempre por el macho. Durante el prolongado período de incubación, la hembra se mantiene en el mar en busca de comida para luego regresar y alimentar a su cría. A partir de entonces, la pareja se mantiene unida, protegiendo a su pichón. Pueden bucear a profundidades superiores a los 300 m. La dieta de los individuos puede ser muy variada dentro de una misma colonia y también entre colonias. Consumen preferentemente especies pelágicas (peces: *Pleuragramma antarcticum*; calamares, kril, anfípodos), pero eventualmente una misma colonia puede basar su dieta casi exclusivamente en el kril antártico *E. superba*.

Viven unos 20 años, aunque existen menciones de individuos que

alcanzaron los 50. Tienen una distribución circumpolar y habitan principalmente sobre el hielo marino permanente o fijo (66° a 77° S). Pueden conservar la temperatura interna sin alterar su metabolismo dentro un amplio intervalo de temperatura externa. Los disturbios ambientales afectan sensiblemente los sitios de reproducción del pingüino emperador. Tales perturbaciones incluyen: 1) derretimiento temprano (antes de mediados de diciembre) del hielo marino, lo que provocará la pérdida de pichones y, en ocasiones, el fracaso total de la reproducción; 2) desprendimiento de glaciares, que suele conducir a la reubicación de colonias pero, a veces, ocasiona el fracaso total de la reproducción; 3) formación tardía del hielo o su ruptura durante la temporada de reproducción, lo cual da lugar a la reubicación de la colonia en plataformas de hielo donde la exposición al viento y el gasto energético serían mayores.

Si bien el número total de parejas reproductoras parece mantenerse estable (alrededor de 256.500), se considera que es una especie amenazada por el cambio climático (Trathan et al., 2020; Jenouvrier et al. (2021). Las colonias recién descubiertas o redescubiertas (Figura 6.13B) se encuentran en zonas que desaparecerán o podrían desaparecer a finales de este siglo si se mantienen las tasas actuales de emisiones de carbono (Fretwell y Trathan, 2021).

	<p>Figura 6.13A Pingüino emperador <i>Aptenodytes forsteri</i>.</p> <p>Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Aptenodytes_forsteri</p>
	<p>Figura 6.13B. Distribución, tamaño y vulnerabilidad de las colonias de <i>Aptenodytes forsteri</i>. D: disminución: Basado en los escenarios climáticos de Jenouvrier et al. (2019) para finales de este siglo: casi extinta (rojo), en peligro de extinción (naranja), vulnerable (amarillo), estable (verde); colonias recién descubiertas, redescubiertas o no modeladas por Jenouvrier et al. (op.cit.) (negro)</p> <p>Fuente: Modificado de Fretwell y Trathan (2021).</p>

Los cefalópodos

Los cefalópodos incluyen muchos calamares y pulpos bentónicos endémicos, un solo sepiólido, pero ninguna sepia (Cherel et al. 2004; Collins y Rodhouse 2006; Rosa et al. 2019). Los calamares prevalecen en el dominio pelágico, compartiendo el nicho con los peces epipelágicos (Laptikhovsky et al. 2010). Desempeñan un papel importante en el ecosistema por ser un componente de la dieta de peces y predadores tope (mamíferos y pingüinos), los cuales consumirían entre 12,5 y 24 millones de toneladas de cefalópodos por año (Santos et al. 2001). La riqueza de especies de cefalópodos es máxima dentro de la zona del Frente Polar debido a la coexistencia de especies de distintos ambientes, pero es baja en aguas próximas a la plataforma antártica (menos de diez especies: *A. antarcticus*, *B. abyssicola*, *G. glacialis*, *M. psychrophila*, *M. hamiltoni*, *M. longimana*, *P. glacialis* y *S. circumantarctica*). Una revisión reciente e ilustrada de los cefalópodos se incluye en Cherel (2020).

Pinnípedos y cetáceos

La región antártica alberga varias especies de pinnípedos y cetáceos y brinda refugio a muchas otras que llegan a la región para alimentarse o reproducirse. Entre los pinnípedos se destacan los fócidos como el elefante marino del sur, el leopardo marino y las focas de Weddell, de Ross y cangrejera. También los otáridos, cuyas poblaciones más numerosas son las del lobo marino antártico y el lobo marino subantártico. Tal como ocurre con los pingüinos y otras aves, los pinnípedos dependen del medio marino para su alimentación y del ambiente terrestre (e incluso del hielo marino) para reproducirse, cambiar el pelaje o alimentar a las crías.

A diferencia de los pinnípedos, los cetáceos desarrollan toda su vida en el medio marino. En aguas antárticas proliferan las ballenas barbadas, cuyas láminas de queratina forman un filtro que les permite retener el plancton. Otras especies son el rorcual y las ballenas fin, minke, jorobada, franca austral, franca pigmea y azul (*Balaenoptera musculus*), esta última destacada por ser uno de los animales más grandes que jamás haya existido en el planeta. Alcanza los 30 m de longitud, pesa hasta 200 toneladas y puede consumir hasta 4 toneladas diarias de kril. Entre los odontocetos (cetáceos dentados) se encuentran la orca, el cachalote, el delfín piloto y los zífidos. Las orcas pueden formar grupos con comportamientos muy diferentes; algunos se alimentan principalmente de peces, mientras que otros predan sobre focas, lobos de dos pelos y pingüinos.

6.3.2.E. El dominio bentónico

Los patrones de distribución de las especies bentónicas están determinados en gran medida por la Corriente Circumpolar Antártica. Los patrones generales de endemismo son relativamente altos, y el aislamiento

biogeográfico al sur del Frente Polar es común a todos los grupos.

La profundidad es a menudo una variable clave para definir la amplitud y los patrones de distribución de las especies. La mayor parte de nuestro conocimiento de la fauna bentónica antártica se limita a los mares de Weddell y Scotia, mientras que la mayoría de los estudios biogeográficos se han centrado no en comunidades sino en grupos taxonómicos. Si bien estas investigaciones muestran a los mares antárticos como una “unidad funcional única”, estudios recientes evidencian una división biogeográfica entre la Antártida Oriental y la Occidental.

Para las especies con un área de distribución más restringida, la temperatura de la superficie del mar es otro parámetro crítico, al igual que la capa de hielo marino (de particular importancia para las especies estrictamente antárticas de aguas poco profundas).

A una escala más local, la distribución de muchos taxones bentónicos está dictada por el tipo de sustrato. Tal es el caso de la comunidad de organismos que viven dentro de sedimentos fangosos, o los suspensívoros sésiles que habitan sobre sustratos duros (Gutt, 2007).

Las **macroalgas** son un componente fundamental de las comunidades bentónicas de sustrato duro (rocas y cantos rodados) cercanas a la costa en las regiones antárticas y subantárticas (Quartino et al., 2013). Se encuentran principalmente entre la zona intermareal y la submareal hasta los 30 m de profundidad, y la distribución de las distintas especies está íntimamente relacionada con su capacidad para absorber determinadas longitudes de onda (Figura 6.14). Los conjuntos de macroalgas más profundos están dominados por grandes algas pardas del Orden Desmarestiales (*Desmarestia anceps*, *D. menziessi* y *Himantothallus grandifolius*), que reemplazan ecológicamente el papel de *Macrocystis pyrifera* en aguas templado-frías. El fuerte aislamiento de la flora antártica de algas bentónicas ha dado lugar a un alto grado de endemismo.

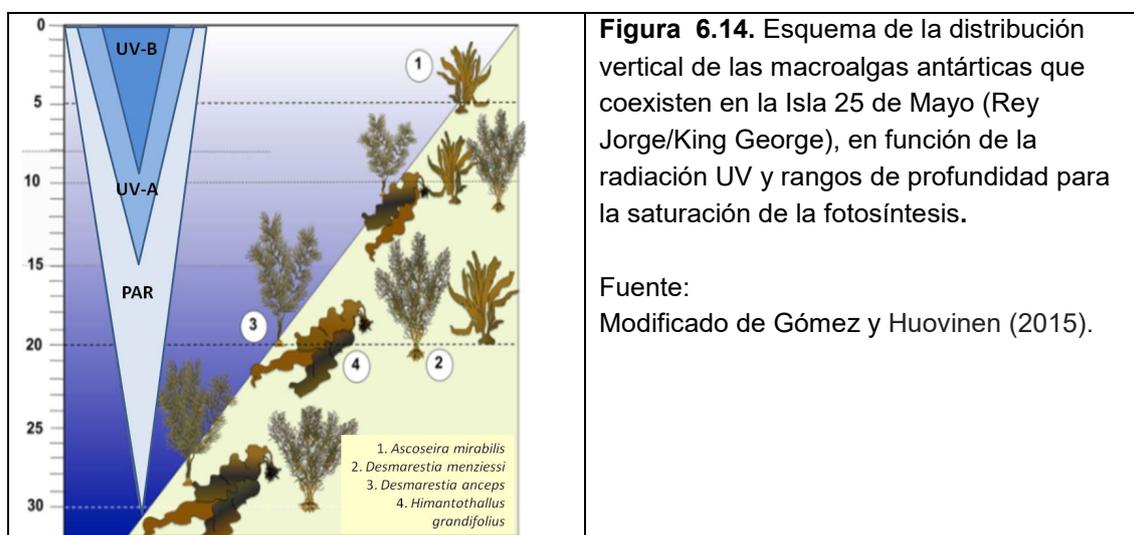


Figura 6.14. Esquema de la distribución vertical de las macroalgas antárticas que coexisten en la Isla 25 de Mayo (Rey Jorge/King George), en función de la radiación UV y rangos de profundidad para la saturación de la fotosíntesis.

Fuente:
Modificado de Gómez y Huovinen (2015).

Dentro de la fauna bentónica antártica se destacan las esponjas, corales, briozoos, moluscos bivalvos, crustáceos, isópodos y tanaidáceos, arañas de mar, estrellas de mar, erizos de mar y las ascidias (Figura 6.15A-D). Una particularidad que presentan algunas esponjas, crustáceos y arañas de mar es el gigantismo, que se cree surgido por una combinación de bajas tasas metabólicas debidas al frío y la elevada disponibilidad de oxígeno típica de las aguas polares (Shishido et al., 2019). Una de las especies de moluscos bivalvos endémicos más relevante es la vieira antártica (*Adamussium colbecki*), ya que su valva superior a menudo sirve como sustrato para el desarrollo de macroalgas, esponjas y otros organismos. Las vieiras adultas han sido usadas en investigación para estudiar la acumulación de metales pesados en organismos marinos. De manera similar, el erizo de mar antártico (*Sterechinus neumayeri*) se ha utilizado como organismo modelo en los campos de la biología reproductiva, la embriología, la ecología, la fisiología y la toxicología.

	<p>Figura 6.15 A. Ejemplos de animales bentónicos: vieira antártica (<i>Adamussium colbecki</i>), erizo de mar antártico (<i>Sterechinus neumayeri</i>), esponja arbustiva (<i>Homaxinella balfourensis</i>), estrella de mar (<i>Ophionotus victoriae</i>) arañas de mar (<i>Colossendeis</i> sp.).</p> <p>Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Wildlife_of_Antarctica#/media/File:Underwater_mcmurdo_sound.jpg</p>
	<p>Figura 6.15B. Vieira antártica <i>Adamussium colbecki</i>.</p> <p>Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Antarctic_scallop</p>
	<p>Figura 6.15C. Erizo antártico <i>Sterechinus neumayeri</i>.</p> <p>Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Sterechinus_neumayeri</p>



Figura 6.15D. Isópodo antártico gigante *Glyptonotus antarcticus*.

Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Glyptonotus_antarcticus

6.3.3. La trama trófica marina antártica

Las interacciones tróficas dependen de la distribución y abundancia de las especies en un lugar y momento dado, y representan procesos clave de la estructura, función y estabilidad de los ecosistemas.

En los ecosistemas marinos antárticos, la dinámica de la trama alimentaria está indisolublemente ligada a: 1) las condiciones del hielo marino que afectan la naturaleza y la magnitud de las fuentes primarias de alimento disponibles para los niveles tróficos superiores; 2) la disponibilidad de luz y de nutrientes, recursos esenciales para la fotosíntesis; 3) la composición, tamaño y magnitud de los productores primarios, mayoritariamente microscópicos, que es mayor a lo largo del borde del hielo marino y en áreas alrededor del continente y las islas, con diferencias locales y regionales (Figura 6.16A-C).

Existe un patrón claramente estacional de proliferación de fitoplancton. Las diatomeas son el componente principal durante la primavera-verano, mientras que en invierno prevalecen microorganismos de menor tamaño (flagelados, bacterias, ciliados) que favorecen el desarrollo del bucle microbiano, una vía que a través de su incorporación a la biomasa bacteriana, incorpora el carbono orgánico disuelto a la trama trófica. El flujo dominante de energía se produce en la superficie, seguido del hundimiento y descomposición en el circuito microbiano bentónico. La disponibilidad de hierro es limitada, por lo que las floraciones de fitoplancton ocurren en áreas de deposición de polvo atmosférico y en áreas con fuentes naturales de hierro mineral, como regiones costeras continentales o alrededor de islas; 4) la abundancia y distribución del kril antártico (*Euphausia superba*), ya que éste constituye la principal fuente de alimento en términos de biomasa para la mayoría de los depredadores de alto nivel, desde peces que viven asociados al fondo marino hasta ballenas y pingüinos; 5) las condiciones locales (por ejemplo, en aguas costeras la importancia de los peces como consumidores de organismos bentónicos y del zooplancton parece ser más relevante que la del kril, mientras que en aguas alejadas de la costa los peces demersales son más dependientes del zooplancton como fuente de alimento; Barrera Oro, 2002).

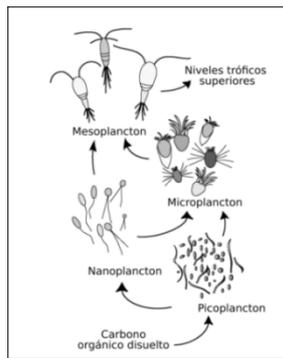


Figura 6.16A. Esquema del bucle microbiano, considerando distintas fracciones de tamaño del plancton microbiano.

Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Bucle_microbiano

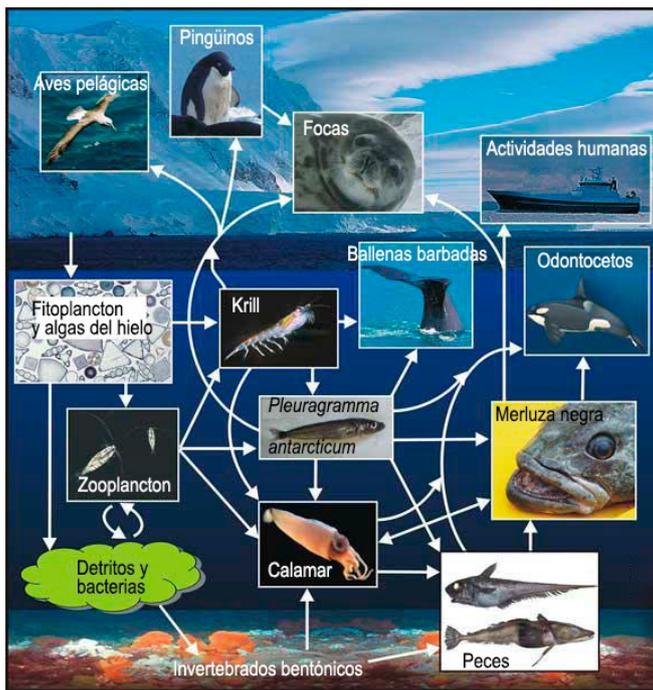


Figura 6.16B. Trama trófica marina antártica, incluyendo organismos de los dominios pelágico y bentónico.

<https://www.sciencelearn.org.nz/images/323-the-food-web-in-the-ross-sea>

Fuente: Modificado de National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd (NIWA)
<https://www.sciencelearn.org.nz/resources/949-antarctic-marine-ecosystem>

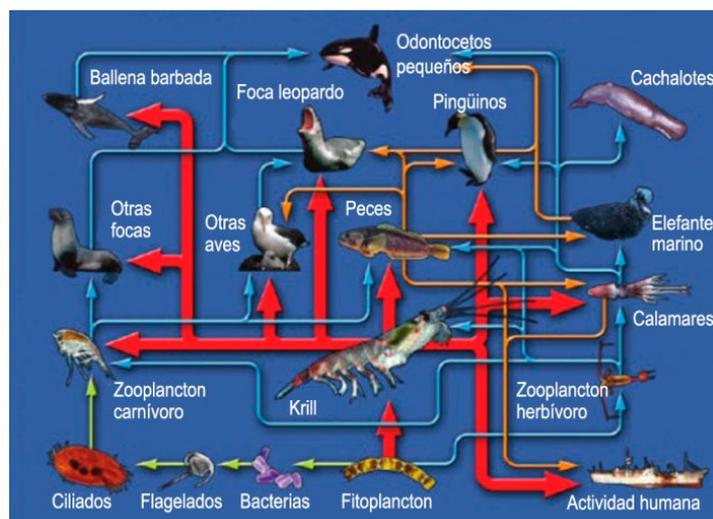


Figura 6.16C. Trama trófica marina antártica destacando sólo organismos pelágicos.

Fuente: Modificado de McBride et al. (2014).

<https://www.sciencelearn.org.nz/images/323-the-food-web-in-the-ross-sea>

6.3.4. La bomba biológica de carbono

La bomba biológica oceánica de carbono (Figura 6.17) es un mecanismo clave en el ciclo del carbono y en la regulación del clima de la Tierra. Las alteraciones en el funcionamiento de la bomba biológica afectan las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico y, por tanto, el clima global.

El fitoplancton está en el corazón del componente biológico del ciclo del carbono oceánico. A través de la fotosíntesis, el fitoplancton absorbe carbono de las aguas superficiales del océano y libera oxígeno. Absorbe tanto carbono como toda la vegetación terrestre. El carbono orgánico comienza así su transferencia a través de los distintos grupos de organismos que componen la trama trófica (tratados en secciones anteriores) o bien por hundimiento directo, transportándose desde las aguas superficiales a las profundidades del océano. Los grandes gradientes zonales en la composición del fitoplancton de los mares antárticos, junto con su importancia a escala global, hacen de los mares australes un foco clave para los estudios de la bomba biológica de carbono.

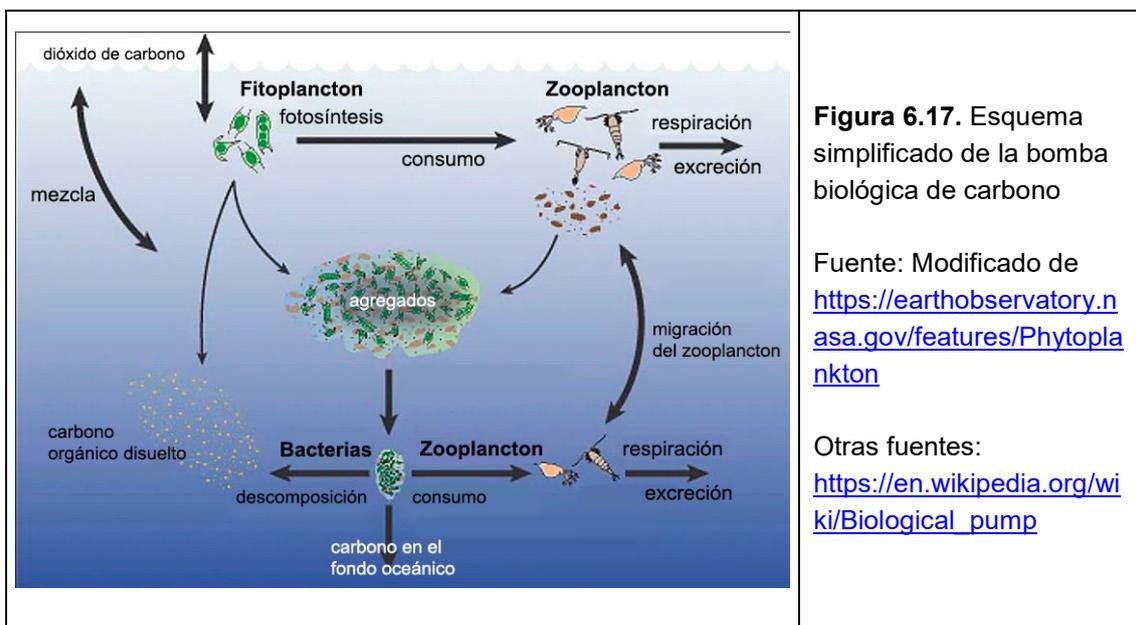


Figura 6.17. Esquema simplificado de la bomba biológica de carbono

Fuente: Modificado de <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Phytoplankton>

Otras fuentes: https://en.wikipedia.org/wiki/Biological_pump

La cantidad de carbono que fluye hacia el fondo oceánico en los mares australes es relativamente elevada y representa ~25% del carbono total exportado a través de la bomba biológica de carbono. No obstante, este bombeo biológico podría ser aún mayor si el hierro no fuera un micronutriente limitante para el desarrollo del fitoplancton, principalmente en aguas oceánicas.

La bomba biológica de carbono funciona mediante tres vías principales. 1) la “bomba gravitacional” que implica el hundimiento pasivo de partículas de carbono orgánico tales como agregados, carcasas y gránulos fecales (Boyd et al., 2019); 2) la “bomba migrante” que se vincula con el transporte activo de carbono mediante la migración vertical del zooplancton y los peces, y 3) la “bomba mezcladora” que incluye el transporte físico (circulación de corrientes,

mezcla vertical, remolinos, etc.) tanto de carbono orgánico particulado en suspensión como de carbono orgánico disuelto.

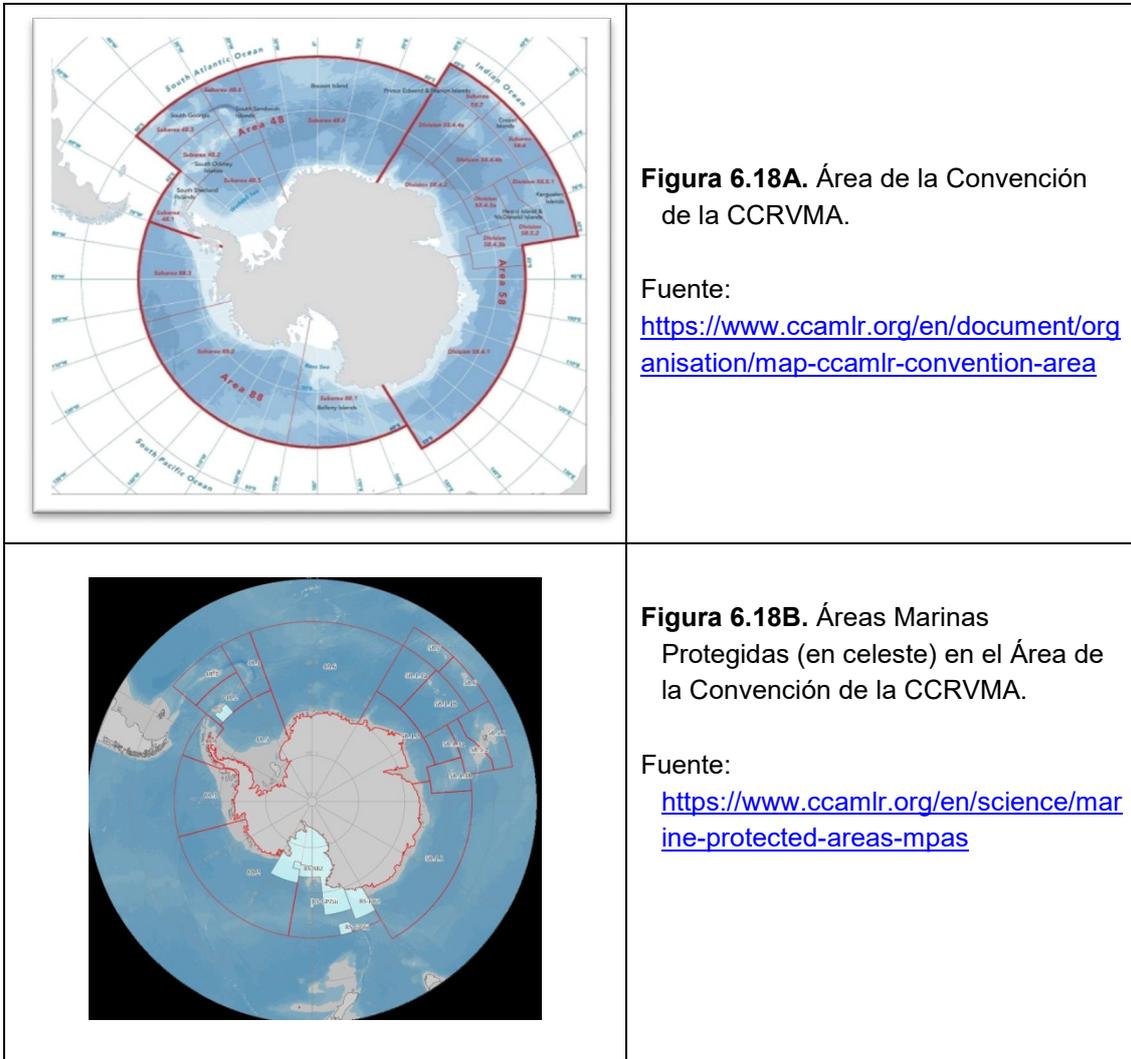
En los mares antárticos, la bomba gravitacional es la más efectiva para secuestrar carbono, dado que los pellets fecales del zooplancton y los agregados de fitoplancton representan juntos el 75% del secuestro total de carbono (Nowicki et al., 2022). El resto es secuestrado por la bomba migratoria (13%) y la bomba mezcladora (12%). Una incertidumbre importante es la profundidad a la que se exporta el carbono orgánico antes de ser degradado o remineralizado nuevamente a carbono inorgánico disuelto, y cómo esto varía espacialmente y está regulado por factores como la temperatura, el oxígeno y la composición de la comunidad.

Los modelos sugieren que en los mares australes los tiempos de secuestro de carbono se encuentran tanto entre los más prolongados como entre los más breves del océano (Nowicki et al., 2022). A lo largo del Frente Polar (~55°S), el proceso de surgencia devuelve el carbono a la superficie, lo que resulta en tiempos de secuestro cortos. A lo largo del margen antártico, donde se forman aguas de fondo, pueden ocurrir tiempos de secuestro superiores a 300 años. El efecto neto es un tiempo de secuestro intermedio de aproximadamente 113 años para el carbono exportado en estos mares. Sin embargo, los resultados de los modelos son aún inciertos. Aún se necesitan estimaciones sobre la cantidad de carbono que se hunde y llega a diferentes profundidades del océano. Cabe destacar que, a medida que el océano incrementa su temperatura, sus aguas se estratificarán cada vez más, causando una disminución en la exportación y el secuestro de carbono total (Nowicki et al., 2022) debido a cambios en la estructura de las comunidades y, consecuentemente, de la cadena trófica.

6.3.5. Pesquerías en los mares antárticos

El estado y la gestión del ecosistema marino en los mares australes son revisados anualmente por los países miembros de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) basándose en la información recopilada de las pesquerías y los estudios pesqueros, el sistema de observación científica internacional a bordo de buques pesqueros, y el programa de seguimiento del ecosistema de la CCRVMA. Se reevalúan los recursos pesqueros y el régimen de gestión se define mediante Medidas de Conservación que regulan todas las pesquerías (preexistentes, nuevas, exploratorias y la pesca con fines de investigación) dentro del Área de la Convención de la CCRVMA (Áreas 48, 58 y 88, Figura 6.18A). Asimismo, y en el contexto de la campaña mundial 30x30 para proteger el 30% del océano para 2030, la CCRVMA ha acordado crear un sistema de Áreas Marinas Protegidas (AMP) basándose en los mejores conocimientos científicos disponibles, así

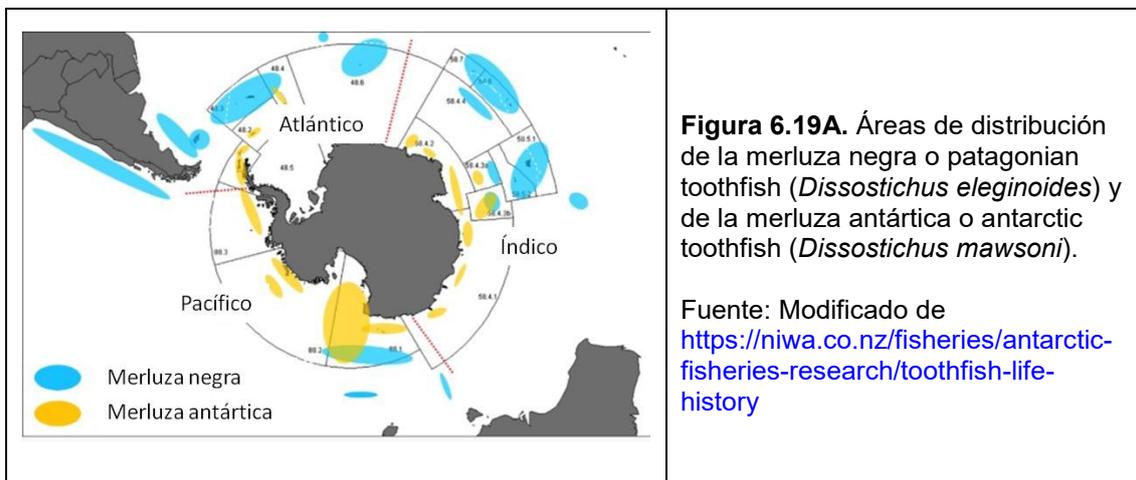
como también ha acordado un marco que define los objetivos y requisitos para la creación de AMPs. Actualmente, hay dos AMPs (Figura 6.18B): la AMP de la plataforma sur de Islas Orcadas del Sur, establecida en el año 2009 (<https://cm.ccamlr.org/measure-91-03-2009>), y la AMP de la Región del Mar de Ross, establecida en 2016 (<https://cm.ccamlr.org/measure-91-05-2016>).



Algunas especies de peces y el kril son hoy objeto de explotación comercial en aguas antárticas y en sus proximidades. En el marco del delicado equilibrio ecológico que existe en este ecosistema de condiciones tan extremas, la CCRVMA tiene como objetivo conservar estos recursos marinos, salvaguardar el ambiente y proteger la integridad de los ecosistemas antárticos. Tres claros ejemplos de especies amenazadas por las actividades pesqueras son la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*), la merluza antártica (*Dissostichus mawsoni*) y el kril antártico (Figura 6.19A-E). Tal como se refleja en la Figura 6.19 A y D, las principales áreas de distribución de merluza negra y kril se encuentran en el Atlántico Sudoccidental, específicamente dentro del (o próximas al) Área 48 de la Convención. La merluza negra no solo es una de las especies de nototénidos

más grandes, sino que su carne es muy codiciada por su alto valor en el mercado.

En el marco de la CCRVMA, también es importante mencionar el significado de los Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMV). En escala global, un EMV es una unidad natural conformada por estructuras geológicas frágiles y poblaciones o comunidades de invertebrados de baja productividad biológica que, ante perturbaciones antrópicas, son de lenta o escasa recuperación, como es el caso de los montes submarinos, las fuentes hidrotermales, las formaciones coralinas de agua frías o los cañones submarinos. Comparado con muchos océanos del mundo en donde se realiza pesca de fondo, existe muy poca información sobre la topografía del fondo de los mares australes y sobre los ecosistemas marinos bentónicos asociados, cuyos organismos tienen tasas de crecimiento más lentas que en áreas más templadas. La CCRVMA ha adoptado una serie de medidas que limita la distribución de las pesquerías de fondo mediante el cierre de áreas a la pesca, así como otras establecidas expresamente para proteger las comunidades bentónicas. Por ejemplo, está prohibida la pesca alrededor de la Península Antártica e islas Orcadas del Sur, así como la pesca de arrastre de fondo y la utilización de redes de enmalle dentro del Área de la Convención. Las únicas pesquerías en alta mar autorizadas son las de arrastres pelágicos enfocadas en el kril, las de palangres y las de nasas dirigidas a centollas y peces, estando estas últimas prohibidas en aguas de menos de 550 m de profundidad alrededor de todo el continente antártico para proteger el medio bentónico.



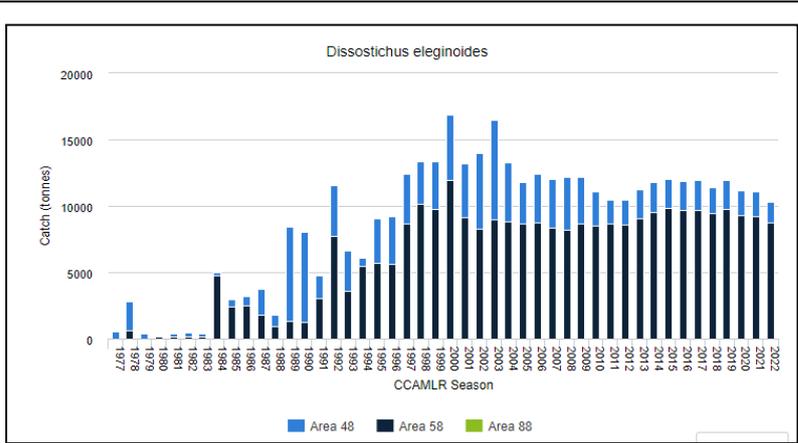


Figura 6.19B. Captura anual de merluza negra (hasta 2022).

Fuente:
<https://www.ccamlr.org/en/fisheries/fishery-monitoring>

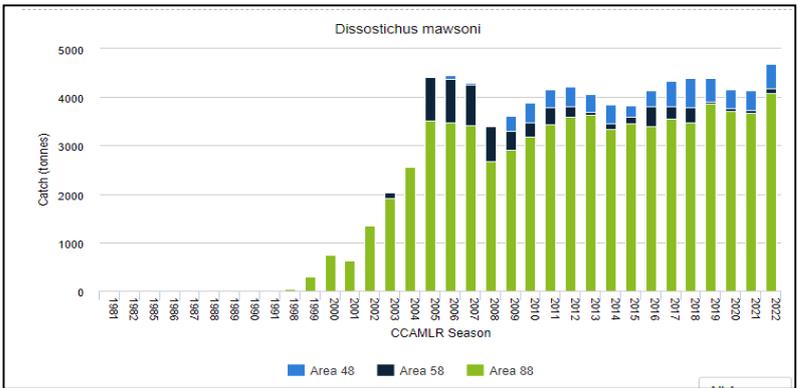


Figura 6.19C. Captura anual de merluza antártica (hasta 2022).

Fuente:
<https://www.ccamlr.org/en/fisheries/fishery-monitoring>

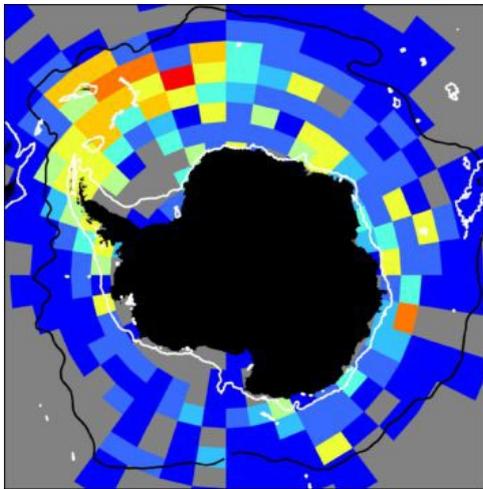
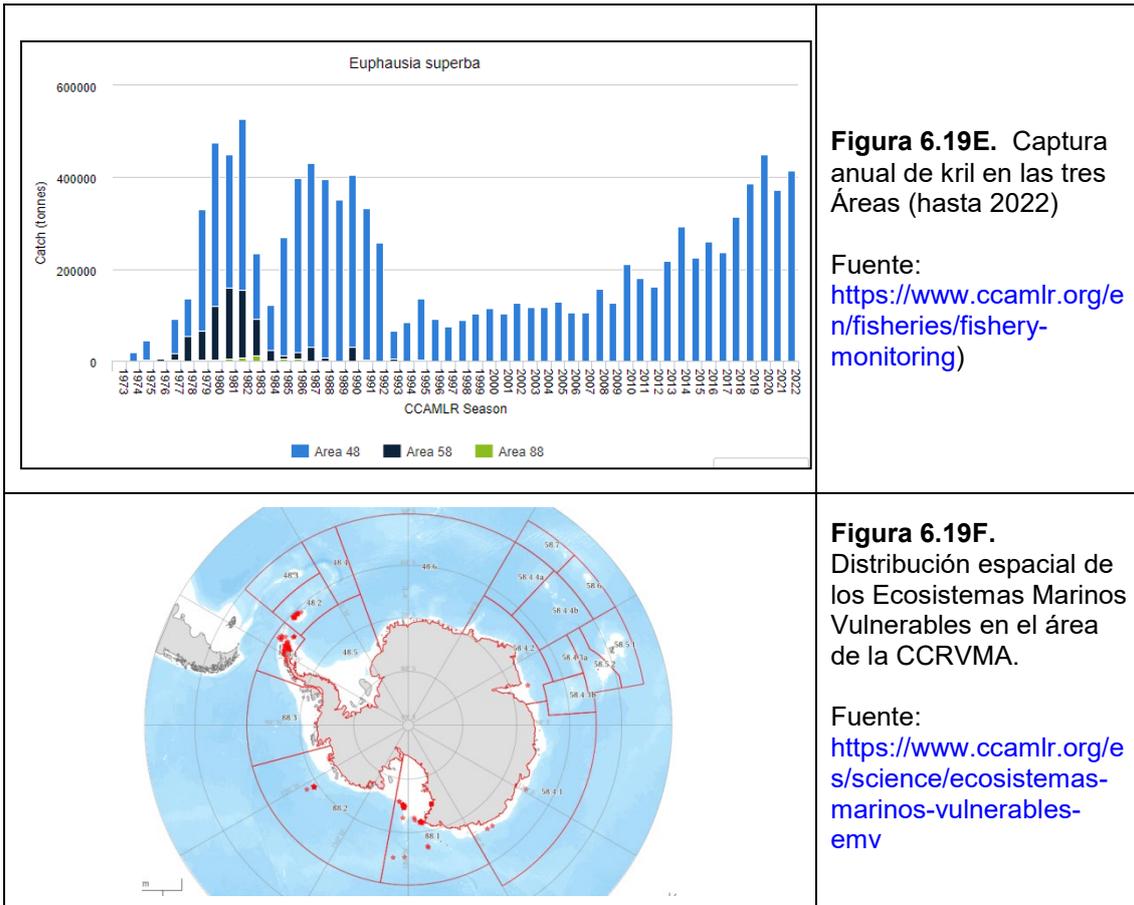


Figura 6.19D. Distribución preliminar del krill antártico.

Fuente:
<https://www.bas.ac.uk/project/krillbase/maps/>



La literatura disponible sobre la importancia ecológica del kril en los ecosistemas marinos antárticos, la actividad pesquera y el Cambio Climático es innumerable. Al respecto, Kawaguchi et al (2024) aportaron recientemente las siguientes conclusiones:

- La abundancia masiva y el agrupamiento de kril antártico en enjambres lo convierten en presa principal de muchos componentes de la macrofauna antártica e importantes mediadores del ciclo biogeoquímico en el Océano Austral, particularmente en procesos que mejoran el secuestro de carbono.
- Los datos existentes respaldan la contracción del hábitat hacia el sur en el sector del Atlántico suroeste (probablemente por calentamiento de los océanos) y el cambio en la dinámica del hielo marino, incluida su reducción.
- Los cambios en las condiciones del hábitat afectan la fisiología y comportamiento del kril, incluidos la distribución y el tamaño de los enjambres. La reducción de la biomasa de kril está potencialmente asociada con una reducción del número de enjambres. Estos cambios tendrán implicancias para las relaciones predador-presa y las interacciones con la pesquería.
- Una reducción general en la biomasa y abundancia de kril podría disminuir su contribución a la bomba biológica de carbono, con menos pellets fecales, carcasas y mudas hundiéndose hacia las profundidades del océano,

reduciendo así esta importante ruta de secuestro de carbono.

- e. Los estudios futuros deben apuntar a una comprensión más profunda del presupuesto energético del kril en lo que respecta a su comportamiento de enjambre, y los impactos del cambio climático en el estilo de vida pelágico del kril.

6.4. Actualidad científica

La Antártida ha tenido una historia única a nivel global por sus medidas de protección y conservación ambiental. El Protocolo sobre Protección Ambiental del Tratado Antártico que entró en vigor en 1998 designa a la Antártida como una "reserva natural, dedicada a la paz y a la ciencia". Este Protocolo prohíbe la minería, la exploración minera y la introducción intencional de especies no autóctonas, explicitando regulaciones estrictas sobre perturbación de especies nativas, el manejo de residuos y requisitos de evaluación de impacto ambiental.

Sin embargo, incluso bajo este nivel único de protección a nivel global, se han documentado impactos en los ecosistemas antárticos, particularmente en pequeñas áreas libres de hielo ubicadas cerca de la costa, que son más accesibles y favorables para la construcción de bases científicas y visitas recreativas. Esto, sumado a la actividad pesquera, está ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los ecosistemas continentales y los ecosistemas marinos más cercanos al continente. Además, si bien el Cambio Climático Global no está explícitamente contemplado en dicho Protocolo, la Antártida es cada vez más vulnerable a su impacto, previéndose que incrementará su temperatura en unos 4°C para 2100 en caso de que la emisión de gases de efecto invernadero continúe como hasta ahora (Hughes et al., 2021). La creciente presencia de seres humanos en el continente y en los océanos circundantes intensificó, hasta un punto imposible de cuantificar, el transporte de microorganismos no autóctonos hacia la región antártica. La descarga de aguas residuales sin tratar constituye una fuente de bacterias para los ambientes marinos próximos a algunas bases de investigación, mientras que los residuos son frecuentes tanto en sitios ubicados sobre la costa como tierra adentro. Asimismo, se han identificado especies no nativas que debido al creciente nivel de actividades humanas, representan un riesgo por su impacto negativo en la biodiversidad, destacándose los mejillones (chileno y mediterráneo), algas marinas (wakame), plantas terrestres (*Leptinella*), cangrejos, e insectos, entre otras (Hughes et al., 2020).

Argentina en la Antártida:

Nuestro país ha realizado investigaciones centradas en bioecología antártica prácticamente desde los inicios de sus actividades en la zona.

A nivel nacional hay tres instituciones que se destacan en relación con las actividades científicas en la Antártida: 1) la Dirección Nacional del Antártico (DNA), comprendida en la esfera de la Subsecretaría de Malvinas, Antártida y Atlántico Sur de la Cancillería Argentina. Esta institución realiza la programación, planeamiento, coordinación, dirección, control y difusión de la actividad antártica argentina a fin de lograr el cumplimiento de los objetivos, políticas y prioridades de la Política Nacional Antártica; 2) el Instituto Antártico Argentino (IAA), dependiente de la DNA. Es un organismo científico tecnológico que integra el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología del Estado Argentino, y es pionero a nivel internacional en el desarrollo de investigación antártica. Su misión es definir, desarrollar, dirigir, controlar, coordinar y difundir la actividad científico-tecnológica argentina en la Antártida, con el objetivo de respaldar los intereses argentinos en la región en el marco de la plena vigencia del Tratado Antártico y en estrecha comunicación con la comunidad científica nacional e internacional y la sociedad; 3) El Comando Conjunto Antártico (COCOANTAR) de Argentina, cuya misión es conducir las operaciones argentinas de forma permanente y continua en la Antártida y zona de interés, para asegurar el despliegue, sostén logístico y desarrollo de la actividad científica, a fin de contribuir al cumplimiento del Plan Anual Antártico, Científico, Técnico y de Servicios. La Argentina administra trece bases en la Antártida; siete de ellas son permanentes (operativas todo el año) y el resto son temporarias (operativas solo en verano).

Los distintos departamentos del Instituto Antártico Argentino comprendidos en la Coordinación de Ciencias de la Vida y en la Coordinación de Ciencias Físicoquímicas y Ambientales concretan sus investigaciones bioecológicas (Figura 6.20) en colaboración con investigadores de muy diversas instituciones académicas y científicas del país y del exterior, y en el marco de convenios nacionales e internacionales. Las instituciones brindan soporte logístico para la ejecución de los proyectos de investigación, y el financiamiento depende de fuentes nacionales (Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, CONICET y otras) o internacionales. Todos los proyectos científico-técnicos son evaluados por pares externos. Si están aprobados para su ejecución, estos proyectos son incluidos en el Plan Anual Antártico, Científico, Técnico y de Servicios. En la Antártida es fundamental la optimización de los recursos logísticos y humanos. Por esta razón, las actividades científicas deben estar estrictamente coordinadas a fin de evitar superposiciones temáticas y/o logísticas.

Las investigaciones bioecológicas de Argentina en la Antártida se destacan por la extensión de las series temporales de medición en distintas bases antárticas, las cuales llegan a abarcar desde 10 a 30 años de estudios sostenidos, condición básica para evaluar el impacto del cambio climático.

Asimismo, se destacan las investigaciones científico- biotecnológicas en biorremediación de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos (principalmente en inmediaciones de las bases antárticas) utilizando microorganismos autóctonos (bacterias, hongos, levaduras).

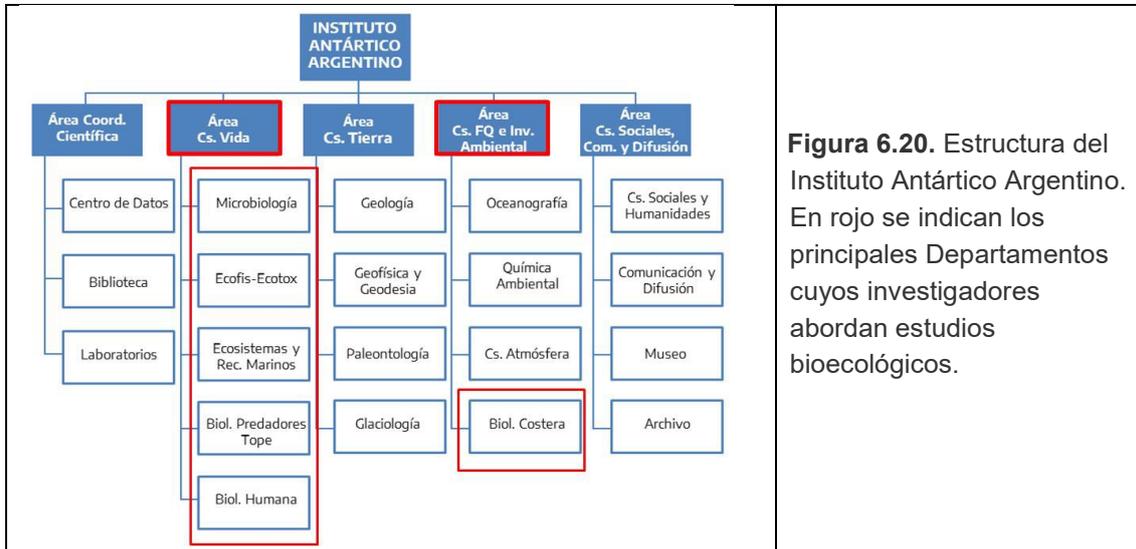


Figura 6.20. Estructura del Instituto Antártico Argentino. En rojo se indican los principales Departamentos cuyos investigadores abordan estudios bioecológicos.

Durante la última década, el programa interministerial Pampa Azul (<https://www.pampazul.gob.ar/>) ha fortalecido las investigaciones en el mar, brindando fondos para:

- generar la Red de Observación Marina Argentina (ROMA), la cual abarca todo el rango latitudinal de la Argentina bicontinental, incluyéndose en este caso a la Base Carlini, ubicada en la isla 25 de Mayo (Shetland del Sur);
- equipar el Rompehielos Almirante Irizar, buque único en sus características en el hemisferio sur. Esto permitirá realizar investigaciones durante la ejecución de las Campañas Antárticas de Verano (CAV), incluyendo áreas cubiertas por hielo a las que solo puede acceder un buque de este tipo;
- concretar, luego de 10 años, una campaña de investigación oceanográfica-pesquera en inmediaciones de las Islas Georgias del Sur. <https://www.pampazul.gob.ar/tec-conicet-documental-e-inidep-presentan-nuevo-documental-georgias-la-cordillera-sumergida/>

En el marco internacional Argentina es miembro de:

- El Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR; <https://scar.org/>), el cual establece, a través de la investigación científica y la cooperación internacional, lograr un amplio conocimiento de la naturaleza de la Antártida, el papel de la Antártida en el Sistema Terrestre y los efectos del cambio global en la Antártida.
- La Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA). Los investigadores de Argentina que trabajan en mamíferos

marinos, pingüinos, peces y kril, reportan los datos al Programa de Seguimiento del Ecosistema (CEMP en sus siglas en inglés) de la CCRVMA, con el fin de brindar información sobre los efectos de la pesca en las especies dependientes (que son las que se alimentan de las especies objetivo o son afectadas por la extracción de éstas) y sobre las especies afines (aquellas afectadas directamente por los artes de pesca, por ejemplo, al pasar a ser parte de la captura secundaria o de la mortalidad incidental). Las especies indicadoras utilizadas en el programa CEMP son: el pingüino adelia (*Pygoscelis adeliae*), el pingüino de barbijo (*P. antarctica*), el pingüino papúa (*P. papua*), el pingüino macaroni (*Eudyptes chrysolophus*), el albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophrys*), el petrel antártico (*Thalassoica antarctica*), el petrel damero (*Daption capense*), el lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*) y, en algunos casos, la foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*). A través de estas especies se registra si hay cambios significativos en los componentes de mayor importancia del ecosistema marino dentro del Área de la Convención, información que sirve luego de fundamento para la conservación de los recursos vivos marinos antárticos. <https://www.ccamlr.org/es/organisation/acerca-de-la-ccrvma>

6.5. Otras consideraciones

Todas las ilustraciones incluidas en las secciones anteriores pueden considerarse para enriquecer los temas del Centro de Visitantes Antártico, con el fin de que el público pueda visualizar la macrofauna, la microfauna y la flora antártica a través de diversas estaciones temáticas.

Se propone que el hábitat natural de los organismos sirva como inspiración para las instalaciones, creando un vínculo más estrecho entre el contenido informativo y el soporte, de manera que la experiencia resulte más inmersiva. Se incluyen 10 anexos con material de soporte.

Referencias bibliográficas y fuentes

- Alder, V., Azzaro, M., Hucke-Gaete, R., Mosetti, R., Orgeira, J. L., Quartino, L., ... & Marschoff, E. R. (2017). Southern Ocean. First Global Marine Assessment, 41.
- Al-Handal, A. Y., Torstensson, A., & Wulff, A. (2022). Revisiting Potter Cove, King George Island, Antarctica, 12 years later: new observations of marine benthic diatoms. *Botanica Marina*, 65(2), 81-103.
- Andriashev, A.P., 1998. A review of recent studies of Southern Ocean Liparidae (Teleostei: Scorpaeniformes). *Cybium* 22(3): 255-266.

- Ansaldo, M. (2001). Niveles de antioxidantes en peces Antárticos pertenecientes a las familias nototheniidae y channichthyidae. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Antártida Educa. (Ed.) Centro Cultural de España en Buenos Aires, Conserjería de Educación de la Embajada de España en Argentina, Dirección Nacional del Antártico. Instituto Antártico Argentino, Secretaria general técnica del Ministerio de Educación de España.
- Bargelloni, L., Marcato, S., & Patarnello, T. (1998). Antarctic fish hemoglobins: evidence for adaptive evolution at subzero temperature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(15), 8670-8675.
- Bar-On, Y. M., Phillips, R., & Milo, R. (2018). The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(25), 6506-6511.
- Barrera-Oro, E. (2002). The role of fish in the Antarctic marine food web: differences between inshore and offshore waters in the southern Scotia Arc and west Antarctic Peninsula. *Antarctic Science*, 14(4), 293-309.
- Barrera-Oro, E. (2005). Las pesquerías en la Antártida. Conservación de los recursos vivos marinos antárticos (Capítulo IV). (Ed. Beltramino J.C.). La Argentina y la Antártida. CARI, Buenos Aires, Argentina, 118-124.
- Boyd, P. W., Claustre, H., Levy, M., Siegel, D. A., & Weber, T. (2019). Multifaceted particle pumps drive carbon sequestration in the ocean. *Nature*, 568(7752), 327-335.
- Chown, S. L., Lee, J. E., Hughes, K. A., Barnes, J., Barrett, P. J., Bergstrom, D. M., ... & Wall, D. H. (2012). Challenges to the future conservation of the Antarctic. *Science*, 337(6091), 158-159.
- Clarke, A., Barnes, D. K., & Hodgson, D. A. (2005). How isolated is Antarctica? *Trends in Ecology & Evolution*, 20(1), 1-3.
- Convey, P. (2010). Terrestrial biodiversity in Antarctica—Recent advances and future challenges. *Polar Science*, 4(2), 135-147.
- Convey, P., Chown, S. L., Clarke, A., Barnes, D. K., Bokhorst, S., Cummings, V., ... & Wall, D. H. (2014). The spatial structure of Antarctic biodiversity. *Ecological monographs*, 84(2), 203-244.
- De Broyer, C., Koubbi, P., d'ACÓZ, A. V. D., DANIS, B., DAVID, B., GRANT, S., ... & ROBERT-COUDERT, Y. (2014). Biogeographic atlas of the Southern Ocean. Cambridge, UK, 731.
- di Prisco, G., Eastman, J. T., Giordano, D., Parisi, E., & Verde, C. (2007). Biogeography and adaptation of Notothenioid fish: Hemoglobin function and globin-gene evolution. *Gene*, 398(1-2), 143-155.
- Eastman, J. T. (1991). Evolution and diversification of Antarctic notothenioid fishes. *American Zoologist*, 31(1), 93-110.

- Evans, C. W., Hellman, L., Middleditch, M., Wojnar, J. M., Brimble, M. A., & Devries, A. L. (2012). Synthesis and recycling of antifreeze glycoproteins in polar fishes. *Antarctic Science*, 24(3), 259-268.
- Everson, I. (Ed.). (2008). *Krill: biology, ecology and fisheries*. John Wiley & Sons.
- Fretwell, P. T., & Trathan, P. N. (2021). Discovery of new colonies by Sentinel2 reveals good and bad news for emperor penguins. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 7(2), 139-153.
- Gallotti, D. (2013). *Distribución de larvas de eufausiáceos en el extremo sur del Océano Atlántico* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Garrison, D. L., Ackley, S. F., & Buck, K. R. (1983). A physical mechanism for establishing algal populations in frazil ice. *Nature*, 306(5941), 363-365.
- Gast, R. J., Dennett, M. R., & Caron, D. A. (2004). Characterization of protistan assemblages in the Ross Sea, Antarctica, by denaturing gradient gel electrophoresis. *Applied and environmental microbiology*, 70(4), 2028-2037.
- Gomez, I., & Huovinen, P. (2015). Lack of physiological depth patterns in conspecifics of endemic Antarctic brown algae: a trade-off between UV stress tolerance and shade adaptation? *PLoS One*, 10(8), e0134440.
- Gray, A., Krolkowski, M., Fretwell, P., Convey, P., Peck, L. S., Mendelova, M., ... & Davey, M. P. (2020). Remote sensing reveals Antarctic green snow algae as important terrestrial carbon sink. *Nature Communications*, 11(1), 2527.
- Gutt, J. (2007). Antarctic macro-zoobenthic communities: a review and an ecological classification. *Antarctic Science*, 19(2), 165-182.
- Hamner, W. M., & Hamner, P. P. (2000). Behavior of Antarctic krill (*Euphausia superba*): schooling, foraging, and antipredatory behavior. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 57(S3), 192-202.
- Havermans, C., Martinez-Alarcon, D., Praebel, K., Wangensteen, O., Auel, H., Hagen, W., & Held, C. (2022). The amphipod *Themisto gaudichaudii* is poised to move poleward: which are the consequences for the pelagic ecosystem of the warming Southern Ocean? In: Polar Regions, Climate Change and Society, 28th International Polar Conference, Potsdam, 01–05 May 2022.
- Hildebrand, M., Kim, S., Shi, D., Scott, K., & Subramaniam, S. (2009). 3D imaging of diatoms with ion-abrasion scanning electron microscopy. *Journal of structural biology*, 166(3), 316-328.
- Hughes, K. A., Convey, P., & Turner, J. (2021). Developing resilience to climate change impacts in Antarctica: An evaluation of Antarctic Treaty System protected area policy. *Environmental Science & Policy*, 124, 12-22.
- Hughes, K. A., Pescott, O. L., Peyton, J., Adriaens, T., Cottier-Cook, E. J., Key, G., ... & Roy, H. E. (2020). Invasive non-native species likely to threaten

- biodiversity and ecosystems in the Antarctic Peninsula region. *Global change biology*, 26(4), 2702-2716.
- Jenouvrier, S., Che-Castaldo, J., Wolf, S., Holland, M., Labrousse, S., LaRue, M., ... & Trathan, P. N. (2021). The call of the emperor penguin: Legal responses to species threatened by climate change. *Global change biology*, 27(20), 5008-5029.
- Jia, Z., Virtue, P., Swadling, K. M., & Kawaguchi, S. (2014). A photographic documentation of the development of Antarctic krill (*Euphausia superba*) from egg to early juvenile. *Polar biology*, 37, 165-179.
- Kawaguchi, S., Atkinson, A., Bahlburg, D., Bernard, K. S., Cavan, E. L., Cox, M. J., ... & Veytia, D. (2023). Climate change impacts on Antarctic krill behaviour and population dynamics. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1-16.
- Kils, U., & Klages, N. (1979). Der Krill. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 32.
- Kim, B. M., Amores, A., Kang, S., Ahn, D. H., Kim, J. H., Kim, I. C., . & Park, H. (2019). Antarctic blackfin icefish genome reveals adaptations to extreme environments. *Nature ecology&evolution*, 3(3), 469-478.
- Livingstone, S. J., Li, Y., Rutishauser, A., Sanderson, R. J., Winter, K., Mikucki, J. A., ... & Sole, A. J. (2022). Subglacial lakes and their changing role in a warming climate. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(2), 106-124.
- Lizotte, M. P. (2003). The microbiology of sea ice. *Sea ice: an introduction to its physics, chemistry, biology and geology*, 184-210.
- Manno, C., Fielding, S., Stowasser, G., Murphy, E. J., Thorpe, S. E., & Tarling, G. A. (2020). Continuous moulting by Antarctic krill drives major pulses of carbon export in the north Scotia Sea, Southern Ocean. *Nature communications*, 11(1), 6051.
- Matschiner, M., Colombo, M., Damerau, M., Ceballos, S., Hanel, R., & Salzburger, W. (2015). The adaptive radiation of notothenioid fishes in the waters of Antarctica. *Extremophile fishes: Ecology, evolution, and physiology of teleosts in extreme environments*, 35-57.
- McBride, M. M., Dalpadado, P., Drinkwater, K. F., Godø, O. R., Hobday, A. J., Hollowed, A. B., ... & Loeng, H. (2014). Krill, climate, and contrasting future scenarios for Arctic and Antarctic fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 71(7), 1934-1955.
- Molina-Montenegro, M. A., Torres-Díaz, C., Carrasco-Urra, F., González-Silvestre, L. A., & Gianoli, E. (2012). Plasticidad fenotípica en dos poblaciones antárticas de *Colobanthus quitensis* (Caryophyllaceae) bajo un escenario simulado de cambio global. *Gayana. Botánica*, 69(1), 152-160.
- Near, T. J., Parker, S. K., & Detrich III, H. W. (2006). A genomic fossil reveals key steps in hemoglobin loss by the Antarctic icefishes. *Molecular Biology and Evolution*, 23(11), 2008-2016.

- Nicol, S. (2006) Krill, currents and sea ice; the life cycle of *Euphausia superba* in relation to its changing environment. *Bioscience*, 56(2): 111-120.
- Nowicki, M., DeVries, T., & Siegel, D. A. (2022). Quantifying the carbon export and sequestration pathways of the ocean's biological carbon pump. *Global Biogeochemical Cycles*, 36(3), e2021GB007083.
- Orsi, A. H., Whitworth III, T., & Nowlin Jr, W. D. (1995). On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 42(5), 641-673.
- Padovani, L. N., Viñas, M. D., Sánchez, F., & Mianzan, H. (2012). Amphipod-supported food web: *Themisto gaudichaudii*, a key food resource for fishes in the southern Patagonian Shelf. *Journal of Sea Research*, 67(1), 85-90.
- Pérez, L. M., Acosta Hospitaleche, C. I. A., Gómez Peral, L. E., Gómez Dacal, A. R., Reguero, M. A., Poiré, D. G., & Cavarozzi, C. E. (2023). Geochemical signals in Paleogene penguins from Seymour Island (Isla Marambio), Antarctic Peninsula. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 23.
- Place, S. P., Zippay, M. L., & Hofmann, G. E. (2004). Constitutive roles for inducible genes: evidence for the alteration in expression of the inducible hsp70 gene in Antarctic notothenioid fishes. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287(2), R429-R436.
- Purser, A., Hehemann, L., Boehringer, L., Tippenhauer, S., Wege, M., Bornemann, H., ... & Wenzhoefer, F. (2022). A vast icefish breeding colony discovered in the Antarctic. *Current Biology*, 32(4), 842-850.
- Quartino, M. L., Deregibus, D., Campana, G. L., Latorre, G. E. J., & Momo, F. R. (2013). Evidence of macroalgal colonization on newly ice-free areas following glacial retreat in Potter Cove (South Shetland Islands), Antarctica. *PLoS One*, 8(3), e58223.
- Quetin, L.B. and Ross, R.M. (2001) Environmental variability and its impact on the reproductive cycle of Antarctic krill. *American Zoologist*. 41: 74-2001.
- Rogers, A. D., Johnston, N. M., Murphy, E. J., & Clarke, A. (Eds.). (2012). Antarctic ecosystems: an extreme environment in a changing world. John Wiley & Sons.
- Rutschmann, S., Matschiner, M., Damerau, M., Muschick, M., Lehmann, M. F., Hanel, R., & Salzburger, W. (2011). Parallel ecological diversification in Antarctic notothenioid fishes as evidence for adaptive radiation. *Molecular Ecology*, 20(22), 4707-4721.
- Salimon, A. I., Sapozhnikov, P. V., Everaerts, J., Kalinina, O. Y., Besnard, C., Papadaki, C., ... & Korsunsky, A. M. (2020). A Mini-Atlas of diatom frustule electron microscopy images at different magnifications. *Materials Today: Proceedings*, 33, 1924-1933.

- Sallée, J. B. (2018). Southern Ocean warming. *Oceanography*, 31(2), 52-62.
- Schokraie, E., Warnken, U., Hotz-Wagenblatt, A., Grohme, M. A., Hengherr, S., Förster, F., ... & Schnölzer, M. (2012). Comparative proteome analysis of *Milnesium tardigradum* in early embryonic state versus adults in active and anhydrobiotic state.
- Shao, C., Sun, S., Liu, K., Wang, J., Li, S., Liu, Q., ... & Fan, G. (2023). The enormous repetitive Antarctic krill genome reveals environmental adaptations and population insights. *Cell*, 186(6), 1279-1294.
- Shishido, C. M., Woods, H. A., Lane, S. J., Toh, M. W. A., Tobalske, B. W., & Moran, A. L. (2019). Polar gigantism and the oxygen–temperature hypothesis: a test of upper thermal limits to body size in Antarctic pycnogonids. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1900), 20190124.
- Siegel, V. (1987). Age and growth of Antarctic Euphausiacea (Crustacea) under natural conditions. *Marine Biology*. 96(4): 483-495.
- Siegert, M. J. (2005). Lakes beneath the ice sheet: The occurrence, analysis, and future exploration of Lake Vostok and other Antarctic subglacial lakes. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33(1), 215-245.
- Siegert, M. J., & Kennicutt, M. C. (2018). Governance of the exploration of subglacial Antarctica. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 103.
- Smith, C. R., Grange, L. J., Honig, D. L., Naudts, L., Huber, B., Guidi, L., & Domack, E. (2012). A large population of king crabs in Palmer Deep on the west Antarctic Peninsula shelf and potential invasive impacts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1730), 1017-1026.
- Soto, D. F., Gómez, I., & Huovinen, P. (2023). Antarctic snow algae: unraveling the processes underlying microbial community assembly during blooms formation. *Microbiome* 11, 200.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X., ... & Robertson, J. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573-583.
- Takeuchi, N., Sakaki, R., Uetake, J., Nagatsuka, N., Shimada, R., Niwano, M., & Aoki, T. (2018). Temporal variations of cryoconite holes and cryoconite coverage on the ablation ice surface of Qaanaaq Glacier in northwest Greenland. *Annals of Glaciology*, 59(77), 21-30.
- Trathan, P. N., Wienecke, B., Barbraud, C., Jenouvrier, S., Kooyman, G., Le Bohec, C., ... & Fretwell, P. T. (2020). The emperor penguin-Vulnerable to projected rates of warming and sea ice loss. *Biological Conservation*, 241, 108216.
- Turner, J., Bindschadler, R., Convey, P., Di Prisco, G., Fahrbach, E., Gutt, J., ... & Summerhayes, C. (2009). Antarctic climate change and the environment. *Vyverman, W., Verleyen, E., Wilmotte, A., Hodgson, D. A., Willems, A., Peeters,*

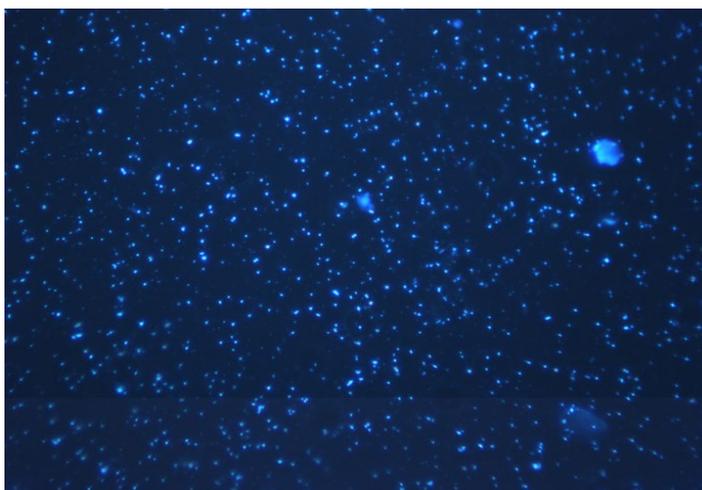
- K., ... & Sabbe, K. (2010). Evidence for widespread endemism among Antarctic micro-organisms. *Polar Science*, 4(2), 103-113.
- Watts, J., & Tarling, G. A. (2012). Population dynamics and production of *Themisto gaudichaudii* (Amphipoda, hyperiidae) at South Georgia, Antarctica. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 59, 117-129.

ANEXOS

Anexo 1: El mundo microscópico

En primer lugar, podrían utilizarse microscopios para observar **preparados permanentes** de organismos del **plancton**. Mediante auriculares colocados junto a cada microscopio, una voz en off proporcionará información esencial sobre estos microorganismos cruciales para el ecosistema antártico, para complementar aquello que el visitante está observando. Esta estación propone una experiencia más interactiva que podría resultarle intrigante a los visitantes, dado que probablemente una gran parte del público jamás haya utilizado un microscopio.

Por ejemplo, la siguiente imagen corresponde a algo que parece un cielo estrellado. Sin embargo, se trata de un preparado microscópico que revela la cantidad de bacterias que suele estar presente en una minúscula gota de agua de mar “prístina”. Los productos de desecho y las diversas sustancias (materia fecal, aguas residuales provenientes de inodoros, duchas, lavamanos y lavarropas, contaminantes farmacéuticos, productos de higiene personal, etc.) que se vierten al mar o a los cuerpos de aguas continentales alteran el número y la composición de las comunidades bacterianas y de protozoos, se acumulan en el agua, en los sedimentos y en los organismos, transfiriéndose a distintos componentes de la trama trófica y alterando severamente el ecosistema. El mensaje principal de este punto es que el agua no solo hay que ahorrarla, sino que también hay tratarla adecuadamente antes de desecharla.



Para las **diatomeas**, y considerando las distintas morfologías y su importancia en el proceso de fotosíntesis, en el hundimiento de CO₂, y como alimento del zooplancton (principalmente kril), podrían generarse maquetas de plástico transparente (con impresoras 3D). Ver imágenes de frústulos/especies de diatomeas en: Salimon et al. (2020) y de cianobacterias y diatomeas de

cuerpos de agua dulce en Vyverman et al. (2010).

Continuando con los microorganismos, podría construirse en otro sector de la sala una pared que imite la textura característica de los **agujeros de crioconita** sobre los glaciares y/o la nieve. Detrás de los agujeros de mayor tamaño, podrían proyectarse videos informativos sobre los organismos que viven en estos ambientes. La opción alternativa de colocar la instalación en el suelo, en lugar de una pared, recrearía la posición natural de los agujeros de crioconita, ofreciendo una experiencia más auténtica.

Referencias instalación con microscopios: Instalación “Microscopia”. Muestra en una pantalla más grande lo que se ve en el microscopio.

<https://www.sensebellum.com/microscopia-interactive-science-art-installation>



Video sobre algas de la nieve

<https://microbiomejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40168-023-01643-6>. Fuente: Soto et al., 2023.

Anexo 2. Videos sobre zooplancton: kril y copépodos

Se recomienda incluirlos en una sala acompañados de una explicación en castellano. Se incluyen algunos videos, cuya reproducción requiere permiso:

Video 1: **The life cycle of Antarctic krill**, cuya fuente es: <https://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/animals/krill/>,

Video 2. **Expedición científica Antártica realiza estudio sobre el kril**, <https://www.youtube.com/watch?v=wIMCdjMfICo>

Video 3. **Pesca indiscriminada de kril amenaza el Océano Antártico**

https://www.youtube.com/watch?v=F_ALW6z7GDc

Video 4. **Antarctic krill**
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=UgQLnO3E2-k>

Video sobre Copépodos: Copepods: The Diatom-Devouring King of Plankton https://www.youtube.com/watch?v=UZZ_RmpzSFQ

Anexo 3: Peces

Para que el visitante se familiarice con los **peces de hielo** típicos de la zona, se podrían colocar peceras de baja altura, de manera que, a través de un proyector colocado en el techo, se proyecten videos de los peces de hielo (y/o de nototénidos) sobre el agua. Varios tanques pequeños exhibirán diferentes especies, cada uno acompañado de una placa informativa y una maqueta del esqueleto del pez. Puede destacarse, además, el hallazgo reciente (Purser et al., 2022) de una de las colonias de peces de hielo (dracos rayados, *Neopagetopsis ionah*) y sus nidos sobre una superficie de 240 km² cerca de la plataforma de hielo de Filchner, al sur del mar de Weddell.

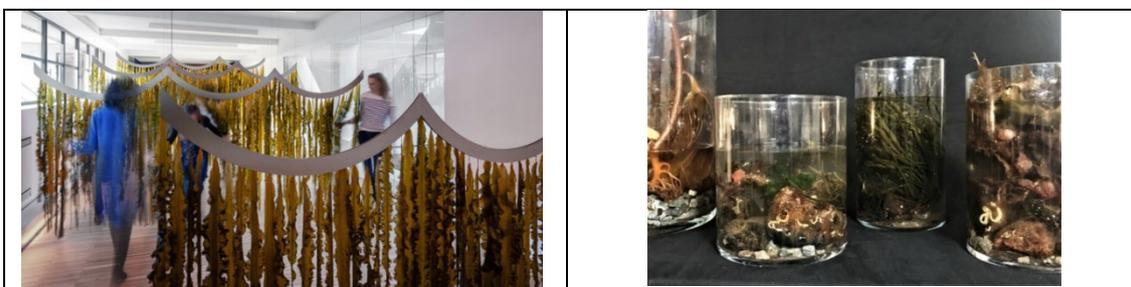
VIDEO: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982221016985>

Anexo 4: Pingüino emperador

Finalmente, una maqueta a tamaño real del **pingüino emperador**, animal emblemático de la Antártida, se destacará en el espacio. Una gran pantalla detrás de la maqueta mostrará un video de un grupo de pingüinos en su hábitat natural, exponiendo su manera de cazar y de alimentarse, y cómo funciona su singular ciclo reproductivo. Parlantes en la zona reproducirán los sonidos característicos de estos animales, añadiendo una dimensión auditiva a la experiencia. Junto a la maqueta podría colocarse además una placa informativa sobre el pingüino emperador. Otras fuentes de soporte para el tema: <https://oceanwide-expeditions.com/es/destacados/vida-silvestre/pinguino-emperador>
<https://www.globalpenguinsociety.org/portfolio-especies-2.html>

Anexo 5: Instalaciones con macroalgas

<https://archello.com/es/project/waves-the-installation-made-with-seaweeds>



Anexo 6: Fauna marina bentónica incluyendo especies “gigantes”

Links a distintos organismos bentónicos.

<http://peterbrueggeman.com/nsf/fguide/cnidaria.pdf>

<https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/under-antarctica-frozen-beauty-exotic-creatures-penguins>



Arañas marinas gigantes de Antártida: sus patas miden más de 10 cm.

Tomado de: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2019.0124>

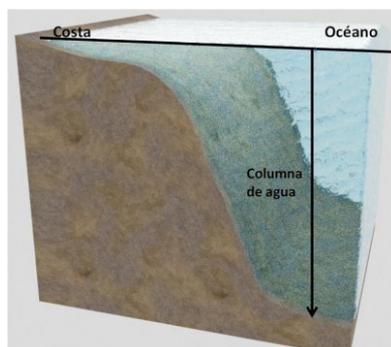


VIDEO: anfípodo antártico gigante <https://www.youtube.com/watch?v=ZSvUpaoP8RA>.

Anexo 7: La trama trófica antártica

La recreación de la trama trófica antártica marina mediante un laberinto de cuerdas puede concretarse destacando:

1. El concepto de “columna de agua”, que abarca desde aguas costeras superficiales hasta las del fondo marino



2. A los organismos del dominio bentónico: puede incluirse un fondo con rocas y arena y maquetas de organismos que viven en el fondo oceánico, desde la costa hasta las grandes profundidades (dominio bentónico).
3. El proceso vinculado con el bombeo biológico de carbono, dado que parte de la producción biológica en aguas superficiales sedimenta hacia el fondo marino.
4. A las pesquerías dado que representan un eslabón adicional vinculado con las actividades humanas, que tiene un efecto en la estructura de la trama trófica y el bombeo biológico de carbono.
5. La diferencia conceptual entre una cadena alimentaria y una red o trama trófica: Una cadena alimentaria describe “quién se come a quién”, es decir, es una secuencia jerárquica de organismos en la cual un eslabón inferior sirve de alimento al eslabón superior inmediato, y así sucesivamente, de forma tal que la materia y la energía fluyen de un eslabón al siguiente. No obstante, hay que tener en cuenta que distintos animales pueden consumir el mismo alimento, y que un mismo animal puede consumir distintos alimentos. Entonces, cada uno de estos organismos puede ser parte de múltiples cadenas alimentarias. Todas las cadenas alimentarias interconectadas y superpuestas de un ecosistema forman una red trófica o trama trófica, que es una representación mucho más realista de las relaciones alimentarias en un ecosistema.

Anexo 7: Especies vulnerables

Con el fin de promover el concepto asociado a la **protección y conservación de la biodiversidad antártica** se podrían crear folletos, posters, etc. con las especies catalogadas en el marco de los Ecosistemas Marinos Vulnerables definidas por la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos.

En el siguiente link se ilustran todas las especies vulnerables:

<https://www.ccamlr.org/es/system/files/VME-guide.pdf>.

Anexo 9: Otras referencias

Proyección sobre agua

Pecera del acuario de Tokyo con video proyectado.

https://www.youtube.com/watch?v=FWC05ApR2tM&ab_channel=TheJapanTimes

Piletón de agua con proyección desde arriba.

https://www.youtube.com/watch?v=quXFdHEYio&ab_channel=DIGILIGHT

Instalación “La naturaleza de lo incierto”.

<http://paulwalde.com/artworks/the-nature-of-uncertainty/>

Otras fuentes de imágenes sobre Biodiversidad Antártica (Alder, V.A., 2021).

<https://oei.int/oficinas/argentina/premioantartida/materiales>

Capítulo 7

Ciencias sociales y humanidades antárticas

7.1 Historia y política antártica

7.1.1 Introducción

La vasta riqueza histórica de nuestro país en la Antártida con identidad y memoria antártica, así como su amplia presencia, otorgan una importancia central a esta tarea de rescatar el pasado, de pensar el presente desde las Ciencias Sociales y proyectar el futuro de la Argentina antártica.

La historiografía antártica ha tendido a centrarse en el periodo de las grandes exploraciones de principios del siglo XX, pero dejó de lado la convergencia de intereses políticos y económicos desde el siglo anterior y que alcanza su punto de mayor tensión en el periodo de entreguerras. El análisis de estos procesos resulta clave para entender la disputa territorial sobre el continente antártico, el expansionismo del imperio británico y las respuestas del Estado nacional en el desarrollo de las políticas antárticas. Las consecuencias geopolíticas de la expedición antártica emprendida por el Tercer Reich en 1938/39 obligan a considerarla como el detonante que dio comienzo a este periodo de veinte años donde la Antártida amenazó con transformarse en el centro de una nueva conflagración. Este contexto se caracteriza por una progresiva confrontación entre varios países para lograr el control y las bases para un efectivo reclamo de soberanía sobre diversos territorios antárticos. Con la firma del Tratado Antártico se logró neutralizar la tensión, iniciándose un nuevo momento en la definición de políticas antárticas que privilegian las cuestiones concertadas en este marco de cooperación internacional.

En este marco, el objetivo de este acápite es desarrollar distintos aspectos de la historia y política antártica que permitan poner en perspectiva la actuación de nuestro país y, particularmente, la participación de Tierra del Fuego, atendiendo al rol de Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida. Para tal fin se han revisado diversas fuentes bibliográficas y trabajos académicos y de divulgación (ver Tabla 7.1.1).

7.1.2 Relevamiento y sistematización de documentos

Autor/es	Tema	Punto focal
<p>Abruzza, A. D. (Coord.). (2006). <i>A cien años de la presencia permanente e ininterrumpida de la Argentina en la Antártida</i>. Legislatura de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur y Asociación Argentina de Derecho Internacional.</p>	<p>Política antártica</p>	<p>Aspectos políticos, la problemática jurisdiccional, las interacciones entre los diversos instrumentos, cuestiones científicas de relevancia, la conservación de los recursos vivos, la protección del medio ambiente, cuestiones gubernamentales. Importancia de la puerta de entrada a la Antártida y su conexión óptima, perspectivas medio ambiente y las actividades no futuras.</p>
<p>Brady, A. M. (Ed.). (2013). <i>The emerging politics of Antarctica</i>. Roudlege.</p>		<p>Texto sobre política antártica internacional que se enfoca en analizar la gobernanza antártica bajo el Sistema del Tratado Antártico a partir de la llamada “guerra fría” y la participación de nuevos actores.</p>
<p>Beltramino, J. y Armas Barea, C. (Coord.) (1992). <i>Antártida al iniciarse la década de 1990</i>. CARI. Manantial.</p>		<p>Desde el punto de vista de los intereses y derechos de Argentina en la Antártida y las acciones llevadas adelante al inicio de la década del '90, se analizan y discuten diversos aspectos como el Sistema del Tratado Antártico, las actividades científicas y logísticas, la explotación de los recursos marinos vivos, la explotación de recursos no renovables, la conservación de recursos vivos y la protección del medio ambiente, el turismo y otras actividades económicas, los aspectos militares y estratégicos y los asentamientos humanos y los conocimientos geográficos. Por otra parte, también se analizan aspectos relativos a la cooperación internacional que se desarrolla en la Antártida.</p>
<p>Beltramino, J. y Armas Barea, C. (Coord.) (1996). <i>Antártida y el Sistema del Tratado Antártico. Evolución histórica y política. Intereses argentinos. Protocolo sobre el medio ambiente</i>. CARI-Manantial.</p>		<p>Este trabajo profundiza sobre aspectos históricos y políticos en relación al Estado argentino y su participación en Antártida y en el Sistema del Tratado Antártico. Los capítulos en los que se abordan son: I – Principales acontecimientos en la historia de Antártida y del Sistema del Tratado Antártico y su relación con el contexto internacional. II – Intereses y objetivos nacionales argentinos con relación a Antártida y al Sistema del Tratado Antártico. III – Actividades científicas argentinas en Antártida. IV – Características de los presupuestos para actividades antárticas. V – Evolución general del Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente.</p>
<p>Cohen, C.; Morgavi, M. y Vereda, M. (2022). Ciencia y turismo: Construyendo territorialidad. Representaciones sociales y prensa escrita. <i>Boletín Geográfico</i>, 44 (1), 83–101.</p>		<p>Ushuaia y Punta Arenas se posicionan como dos de las cinco puertas de entrada a la Antártida, debido a su ubicación y funcionalidad, desempeñando un rol fundamental al tener la capacidad de brindar distintos servicios necesarios para que las actividades gubernamentales y no gubernamentales se puedan desarrollar en la Antártida. Desde esta mirada, se analizó el lugar que ocupa la ciencia y el turismo como</p>

Autor/es	Tema	Punto focal
		<p>estrategia en la construcción de la territorialidad para las ciudades puerta de entrada a la Antártida, Ushuaia y Punta Arenas, a través del análisis de contenido de documentos de los medios de comunicación masiva correspondientes al género periodístico (nacional y provincial). Se observa cómo varían las vinculaciones que se generan desde la prensa escrita con el espacio geográfico, a partir de los grupos sociales involucrados y sus intereses.</p>
<p>Colacrai, M. (2012). <i>Continuidades y cambios en la Política Antártica Argentina. 1959-2001 conjugación de factores internos y externos</i>. Editorial Académica Española /CERIR.</p>		<p>Análisis político integrando modernas visiones sobre regímenes internacionales, destacando la política antártica nacional y la activa participación argentina en el régimen antártico como muestra de compromiso de la Argentina afianzando sus intereses y fortaleciendo el Sistema del Tratado Antártico y su vocación de cumplir los objetivos de paz, ciencia, cooperación internacional y preservación del medio ambiente.</p>
<p>Colacrai, M. (Coord.). (2021). <i>La Argentina en la Antártida a 60 años de vigencia del Tratado Antártico</i>. CARI.</p>		<p>Obra que a partir de los 60 años de vigencia del Tratado Antártico y la participación argentina, discute sobre distintos aspectos que permiten reflexionar sobre el quehacer nacional en su política antártica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Argentina en la Antártida: dos miradas retrospectivas que jalonan el interés y el continuo compromiso antártico de nuestro país. - Cuestiones cartográficas y de logística en el accionar argentino en la Antártida. - Recursos vivos marinos antárticos. A cuarenta años de la convención de Canberra. - Aspectos relativos al desarrollo del turismo como actividad económica. Las prácticas turísticas en la Antártida: consideraciones para su análisis desde el STA y la evolución de los flujos de visitantes. - Actualidad y perspectivas del STA.
<p>Conde Garrido, R. (2023). Participación argentina en inspecciones antárticas: ¿actividades esporádicas o ejercicios regulares? <i>Cuadernos de Política Exterior Argentina</i>, 128, 3-25.</p>		<p>Esta contribución ofrece una mirada estadística, comparativa e histórica, sobre la participación argentina en inspecciones del Sistema del Tratado Antártico, la importancia de haber alcanzado regularidad en su realización, así como también presenta la trascendencia de este mecanismo y el activo rol que la Argentina despliega en el concierto de países antárticos</p>
<p>Dodds, K; Hemmings A. D. y Roberts, P. (Eds.). (2017). <i>Handbook of the politics of Antarctica</i>. Edward Edgard Publishing.</p>		<p>El manual aborda temas de gobernanza, geopolítica, derecho internacional y estudios culturales de la región antártica.</p>
<p>Genest, E. A. (2001). <i>Antártida Sudamericana Aportes para su</i></p>		<p>Describe el periodo previo a la firma del Tratado Antártico en el que Argentina y Chile reconocen sus derechos sobre una porción del cuadrante</p>

Autor/es	Tema	Punto focal
<i>comprensión.</i> Dirección Nacional del Antártico.		sudamericano del continente antártico acuñando el término “Antártida Sudamericana”.
Goldberg, F. (2005). <i>Antarctic mail</i> . ATCM XXVIII.	Filatelia	Catálogo con explicación de sellos postales y tarjetas postales que cubren las primeras expediciones que tuvieron lugar entre fines del S XIX y mediados del S XX.
Monzón, H. R. (2001) <i>Sellos Postales argentino. Cien años de historia antártica</i> . DNA-IAA		Ante la larga presencia de Argentina en la Antártida, esta obra recoge su historia a través de sellos postales emitidos por el Correo Argentino.
Beltramino, J. C. (1980). <i>Antártida Argentina</i> . Instituto de Publicaciones Navales.	Historia y Toponimia argentina	Presenta una descripción geográfica de la Antártida Argentina, tanto en sus aspectos físicos como humanos.
Brusasca, J. J. (2023). <i>Antartandes. Primera expedición invernal antártica (1962)</i> . Autores de Argentina.		Relata la primera expedición invernal realizada por el Ejército Argentino en la Antártida, uniendo Bahía Esperanza con Bahía Margarita en el año 1962.
Capdevila, R. y Comerci, S. (1984). <i>Orcadas: 80° Aniversario 1904-1984</i> . DNA-IAA.		Debido al 80 aniversario de la presencia de Argentina en las islas Orcadas, se
Capdevila, R. y Comerci, S. (2013). <i>Los tiempos de la Antártida: Historia antártica argentina</i> . Editora Cultural de Tierra del Fuego.		Relato histórico de la actividad argentina en la Antártida y las actividades llevadas a cabo hasta el S XXI.
De Lasa, L. y Luiz, M. T. (2021) <i>The southernmost end of South America through cartography</i> . Springer.		Estudia la primera incorporación territorial de las tierras y mares del sur en la cartografía moderna, analiza el papel de los mapas en los procesos de construcción territorial y muestra las representaciones e imaginarios de las identidades e investiga las formas en que el lenguaje cartográfico expresa relaciones de un espacio de creciente importancia geoestratégica y económica.
De Lasa, L. (2018). <i>De la Terra Australis a la Antártida</i> . UNTDF.		Investigación sobre cartografía centrado en la construcción de los imaginarios y representaciones espaciales de diferentes etapas de descubrimientos y exploración del Atlántico Sur. Además, se ponen de manifiesto los intereses políticos y económicos manifiestos desde el siglo XVI y XIX.
Fontana, P. (2014). <i>La pugna antártica: el conflicto por el sexto continente 1939-1959</i> . Guazuvirá Ediciones.		Recorrido histórico político de la Antártida Argentina destacando el contexto internacional donde suceden los acontecimientos allí relatados.
Leal, J. E. (2021). <i>Memorias de un antártico</i> . Museo Marítimo de Ushuaia.		Diarios personales de Jorge Leal escritos a medida que realizaba sus campañas antárticas. Relata la vida que llevó junto a sus camaradas en internadas, patrullas y navegaciones.
Martinioni, D. R. y López Belsué, M. (2022). <i>Antártida</i> .		Miscelánea, resumen de temas antárticos en general: geografía, clima, vida silvestre, historia

Autor/es	Tema	Punto focal
<i>Una mirada desde la perspectiva fueguina.</i> M & A diseño y comunicación SRL.		desde la perspectiva argentina, Sistema del Tratado Antártico, ciencia y logística, actividades comerciales, protección del medio ambiente y Ushuaia, puerta de entrada a la Antártida.
Nuviala Antelo, V. (2014). Cotidianeidad y extrañamiento en la Antártida: narrativas sobre los balleneros industriales en las islas Shetland del Sur (Antártida, siglo XX). En: Quiroz, D. y Toledo, P. (Eds.). <i>Balleneros del Sur. Antropología e historia de la industria ballenera en las costas sudamericanas.</i> Andros Impresores.		Explora los modos y los espacios que han sido iluminados y oscurecidos en las narrativas relativas a los balleneros industriales asentados a principios del siglo XX en las islas Shetland del Sur. Esta reflexión e intento de inversión en el movimiento de iluminación y oscurecimiento tienen como propósito generar una serie de transformaciones en el contenido y la forma de las narrativas antárticas. En un primer momento, recuperando y visibilizando los vínculos entre eventos, actores y escenarios que han sido oscurecidos y percibidos como aislados. En un segundo momento, explorando el espacio que ocupan la 'vida cotidiana' y 'lo extraordinario', y su potencial carácter construido, en la Antártida que habitaron los balleneros industriales a principios del siglo XX.
Palazzi, R. O. (1999). <i>Alas sobre el sexto continente.</i> Crónica histórica de la aviación en la Antártida. Dunken.		Presenta la historia de la aviación en la Antártida destacando la participación argentina.
Pierrou, E. J. (1970). <i>Toponimia del Sector Antártico Argentino.</i> Servicio de Hidrografía Naval.		Relación cronológica de las expediciones realizadas a la Antártida, enfatizando en aquellas que se dirigieron al Sector Antártico Argentino, así como la búsqueda e indagación del origen de los nombres geográficos.
Morandi, M. C. (1993). <i>Nomenclador Antártico Argentino.</i> Servicio de hidrografía Naval.		Sistematización de la toponimia antártica argentina, presenta equivalencias de la toponimia en idioma inglés.
Quevedo Paiva, A. (1987). <i>Antártida: Pasado, Presente...Futuro?</i> Círculo Militar.		Recorrido del autor desde los orígenes de la Antártida hasta el momento de su publicación, brindando las bases para el conocimiento en toda su complejidad.
Quevedo Paiva, A. (2012). <i>Historia de la Antártida.</i> Argentinidad.		Compendio de principales hechos históricos antárticos en el marco internacional y con especial énfasis de los sucesos argentinos.
Rabassa, J. y Borla, M. L. (Eds.). (2006). <i>Antarctic Peninsula en Tierra del Fuego: 100 years of Swedish-Argentine scientific cooperation at the end of the world.</i> Taylor y Francis.		Documentos presentados en un simposio organizado en el 2003 en conmemoración de la expedición sueca de 1901 de Otto Nordenskjöld y la cooperación brindada por Argentina para esta empresa.
Tahan, M. R. (2018). <i>The life of José María Sobral.</i> Springer.		Biografía de José María Sobral, su pensamiento y el contexto político y cultural en el que se inscribe su participación en la expedición sueca de 1901, su papel en Argentina, la Antártida, la ciencia y la historia
Tahan, M. R. (2019). <i>Roald Amundsen's sled dogs: The sledge dogs who helped discover the South Pole.</i> Springer.		Relato sobre la forma en que Amundsen utilizó perros de trineo para llegar al Polo Sur en 1911. Además, presenta detalles sobre los intercambios de Amundsen y miembros de la expedición con Christoffersen, diplomático

Autor/es	Tema	Punto focal
		argentino-noruego casado con Carmen de Alvear, hija del presidente Torcuato de Alvear y quien le proveyó financiamiento para que efectivamente pudiese continuar la expedición.
Universidad de Buenos Aires (1950). Cronología de los viajes a las Regiones Australes. Antecedentes argentinos. <i>Publicación N° 12</i> . Facultad de Ciencias Económicas.		Recorrido cronológico de los antecedentes argentinos en el reconocimiento de la región.
Vairo, C. P. <i>Terra Australis. Historia de la cartografía de Tierra del Fuego, Patagonia y Antártica</i> . (2011). Zagier y Urruty.		Evolución de la cartografía europea de Tierra del Fuego, Patagonia y Antártida que incluye una recopilación de más de cien mapas antiguos.
Vereda, M. y Jensen, M. (2019). A geo-historical analysis of Antarctic tourism: Practices and representations. <i>Antarctic Affairs</i> , Vol. VI (1): 35-52.		Historia del turismo antártico a través del modelo evolutivo de Chadeffaud (1988).
Vereda, M.; Jensen, M. y Fontana, P. G. (2019). La evolución del turismo antártico y su relación con las políticas públicas nacionales y provinciales. <i>Registros. Revista de Investigación Histórica</i> , Vol. 15 (2): 4-28. https://revistasfaud.mdp.edu.ar/registros/article/view/329		Analiza el comportamiento del turismo antártico a través de Ushuaia, como principal puerta de entrada de los flujos marítimos, en su relación con las políticas del Estado Nacional y Provincial en diferentes periodos, identificando distintas etapas de acuerdo al modelo de ciclo de vida del producto turístico de Butler (1980). Entre los resultados obtenidos se destaca el reconocimiento del rol del Estado Nacional en la promoción de los viajes, la paulatina incorporación del sector privado de origen nacional, la consolidación del turismo antártico por parte del sector privado extranjero y el posicionamiento de Ushuaia como principal puerta de entrada a partir de la implementación de políticas públicas y de la acción de agentes privados locales.
Zarankin, A. (1999). Arqueología histórica y expansión capitalista: prácticas cotidianas y grupos operarios en la península Byers, isla Livingston, Shetland del Sur. En A. Zarankin y F. Acuto (Eds.). <i>Teoría social en la arqueología latino-americana contemporánea</i> (pp. 171-188). Tridente.		Se centra en el proceso de incorporación de las tierras antárticas al proceso de expansión capitalista. Su análisis hace foco en el archipiélago de las Shetland del Sur, particularmente, en la isla Livingston. El texto hace especial referencia a la vida cotidiana de los trabajadores con una dinámica propia de acuerdo al sitio donde se establecían temporalmente.
Acuña, H. (1982). <i>Diario del estafeta Hugo Acuña</i> . Universidad Nacional del Sur.	Relacion es de viaje	Relato de la estadía de un año del primer encargado de la estafeta postal en la isla Laurie, Orcadas del Sur.
Charcot, J. B. (1908). <i>Expédition Antarctique Française (1903-1905)</i> . <i>Journal de l'Expédition</i> . Masson et Cie.		Relato sobre la primera expedición nacional francesa a la Antártida.

Autor/es	Tema	Punto focal
Charcot, J. [ca. 1911]. <i>The voyage of the 'Why Not?' in the Antarctic. The journal of the second French expedition, 1908-1910.</i> London: Hodder and Stoughton.		Relato sobre la segunda expedición nacional francesa a la Antártida.
Cook, F. A. (1900). <i>Through the first Antarctic night, 1898-1899. A narrative of the voyage of the Belgica among newly discovered lands and over an unknown sea about the South Pole.</i> William Heinemann.		Relato de viaje de la expedición del buque <i>Bélgica</i> al mando de Gerlache. La narración la realiza Frederick Cook, médico de la expedición.
De Gerlache de Gomery, A. (1902). <i>Voyage de la Belgica. Quinze mois Dans L'Antarctique.</i> Charles Bulens.		Relato de la permanencia en la Antártida por parte del comandante de la expedición.
Dumont D'Urville, M. J. (1841). <i>Voyage au Pôle Sud et dans L'Océanie sur les corvettes L'Astrolabe et la Zélée.</i> Gide.		Relato de la expedición a la Antártida y su paso por Tierra del Fuego.
Leal, J. E. (2021). <i>Memorias de un Antártico. Gral. Jorge Leal. Expedicionario al Desierto Blanco.</i> Museo Marítimo de Ushuaia.		Diarios personales de Jorge Leal escritos a medida que realizaba sus campañas antárticas. Relata la vida que llevó junto a sus camaradas en internadas, patrullas y navegaciones.
Maveroff, J. O. (1954). <i>Por los mares antárticos.</i> Peuser.		A través de su participación como alférez de navío en viaje en la corbeta <i>Uruguay</i> en 1904 para realizar el relevo de la primera comisión argentina destacada en las islas Orcadas, ofrece una descripción pormenorizada del viaje a la Antártida incluyendo la escala en Ushuaia.
Moneta, J. M. (1958). <i>Cuatro años en las Orcadas del Sur.</i> Peuser.		Relato de las estancias durante los años 1923, 1925, 1927 y 1929 en el Observatorio de las islas Orcadas del Sur y las tareas allí realizadas a lo largo de esos años. Se destaca la primera comunicación de radio con Ushuaia, Tierra del Fuego.
Nordenskjöld, O. & Andersson, J. G. (1905). <i>Two years among the ice of the South Pole.</i> Londres: Hurst and Blackett Ltd.		Narrativa de la expedición sueca de su viaje antártico entre los años 1901-1903.
Nordenskjöld, O.; Gunnar, A.; Larsen, C. A. y Skottsberg, C. (1904). <i>Viaje al Polo Sur. Expedición sueca a bordo del "Antarctic".</i> Maucci.		Narrativa de la expedición sueca de su viaje antártico entre los años 1901-1903.
Sobral, J. M. (2003). <i>Dos años entre los hielos 1901-1903.</i> Eudeba.		Sobral describe su incorporación a la expedición sueca originalmente para un año de extensión. Debido a la pérdida del buque debieron permanecer dos años en la Antártida en las condiciones de aislamiento y con los recursos limitados para un año de campaña. Relata los trabajos realizados, la organización desarrollada y el rescate posterior.
Tapia, A. (1925). Sobre los rasgos principales de la glaciación actual en la isla		Se refiere a los hallazgos realizados por Tapia en su viaje de 1921 en la isla Laurie. Provee un

Autor/es	Tema	Punto focal
Laurie (archipiélago de las Orcadas del Sur). Publicación 7, 40 p. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología.		detalle del paisaje glacial que permite conocer el trabajo científico argentino.
Valette, L. H. (1906). Viaje a las Islas Orcadas Australes. Talleres de Publicaciones de la Oficina Meteorológica Argentina.		Relato de un pionero antártico argentino quien permaneció en Orcadas con el primer grupo una vez adquirido el Observatorio Meteorológico. Se trata de una narración pormenorizada de las tareas científicas realizadas en su estancia, particularmente, detalla sus tareas como representante de la Oficina de Zoología, ocupándose, además de la zoología, de la fotografía y del servicio sanitario. Se destacan sus dibujos, fotografías y cartografía.
Weddell, J. (1825). <i>A voyage towards the South Pole performed in the years 1822-1824</i> . Longman.		Traducción al castellano del texto original de James Weddell en resguardo en la biblioteca del Museo del Fin del Mundo. Incluye todas las ilustraciones y mapas de la versión original de la expedición lobera.

Tabla 7.1.1: Síntesis de documentos de especial interés
Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Contenidos relevantes sobre historia y política antártica para desarrollar en el CVA

Para abordar la propuesta de contenidos sobre historia y política antártica argentina, se presenta una periodización que, basada en la propuesta por la Cancillería Argentina¹ y, junto con la consulta a diversas fuentes, ha sido ampliada y modificada. Esta periodización se ha organizado en 7 momentos donde se destacan los eventos más significativos desde las primeras representaciones cartográficas de la Antártida hasta la actualidad.

Los autores que se han revisado para la construcción de esta narrativa corresponden a: Capdevila (2001), Capdevila y Comerci (2013), Colacrai (2012, 2021), de Lasa y Luiz (2015), de Lasa, L. (2018), Fontana (2014, 2021), Genest (2001), Quevedo Paiva (2012).

Las representaciones cartográficas (Siglos XVI al XVIII)

Ya en la antigüedad los griegos señalaban la existencia de un continente en el polo Sur al considerar una masa de tierra que servía de contrapeso a las del hemisferio Norte. El Ártico debió su nombre a la presencia de la Estrella Polar

¹ Nos referimos a la línea histórica disponible en el sitio web del Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto (<https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/historia-y-patrimonio/linea-historica>), realizada por el Dr. Pablo Fontana del Instituto Antártico Argentino/Dirección Nacional del Antártico.

perteneciente a la constelación de la Osa Menor (*arktos*, significa oso en griego) y el polo Sur fue denominado antártico en contraposición al ártico.

De este modo, se observa cómo se configuraba desde el imaginario el espacio austral conocido como la *Terra Australis* en la antigüedad. Este mito era representado en la cartografía del Siglo XVI como un continente de grandes dimensiones en torno al polo sur y que comenzaba en el Estrecho de Magallanes.

El primer mapa impreso que incorpora el contorno de la tierra meridional del Estrecho de Magallanes a un continente que cubre el Polo Sur es el de Oronce Fineus de 1531 (Figura 7.1.1). La proyección polar del hemisferio austral permite una clara visualización de la contigüidad entre el extremo sur del considerado Nuevo Mundo y este gran continente en el que aparecen los topónimos *Terra Australis* en el centro y *Brasielie Regio* y *Regio Patalis* en el hemisferio oriental, indicando las áreas que representaban interés comercial para los europeos.

La serie gráfica del mito conseguiría su máxima expresión en los mapas universales del cartógrafo holandés Abraham Ortelius que se inició en 1570 con el planisferio *Typus Orbis Terrarum*. Esta carta representaba la *Terra Australis Nondum Cognita*, donde Tierra del Fuego y la Antártida se encontraban unidas, formando parte del mítico continente (Figura 7.1.2).

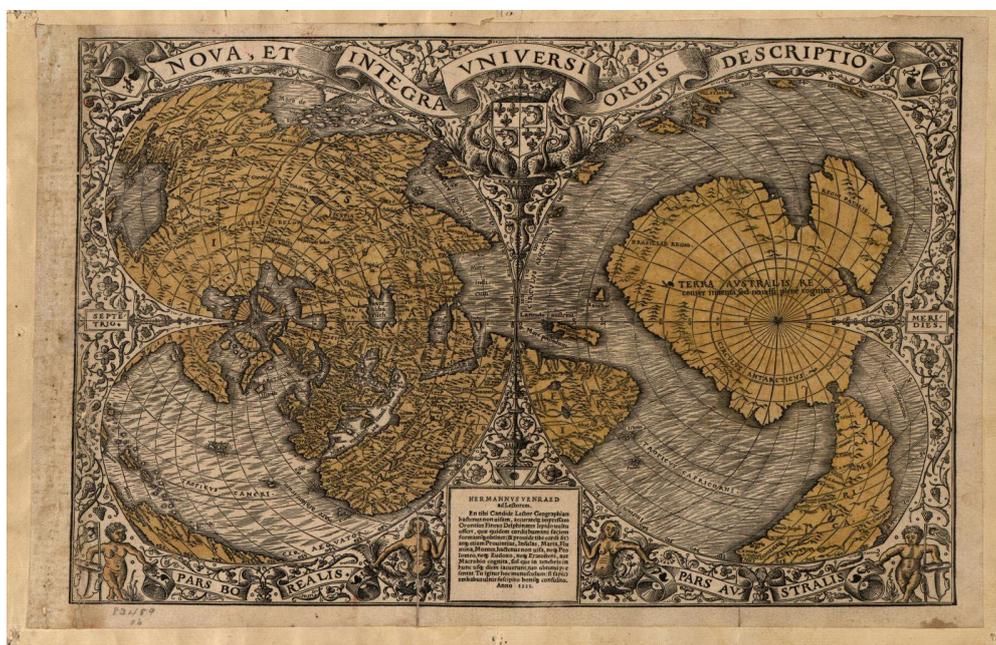


Figura 7.1.1. *Nova, et integra vniversi orbis description*. Fine (1531).

Fuente: Library of Congress Geography and Map Division Washington².

²<https://www.loc.gov/resource/g3200.ct001393/>. Sobre los derechos de reproducción, ver nota en el sitio web bajo el título "rights and access".

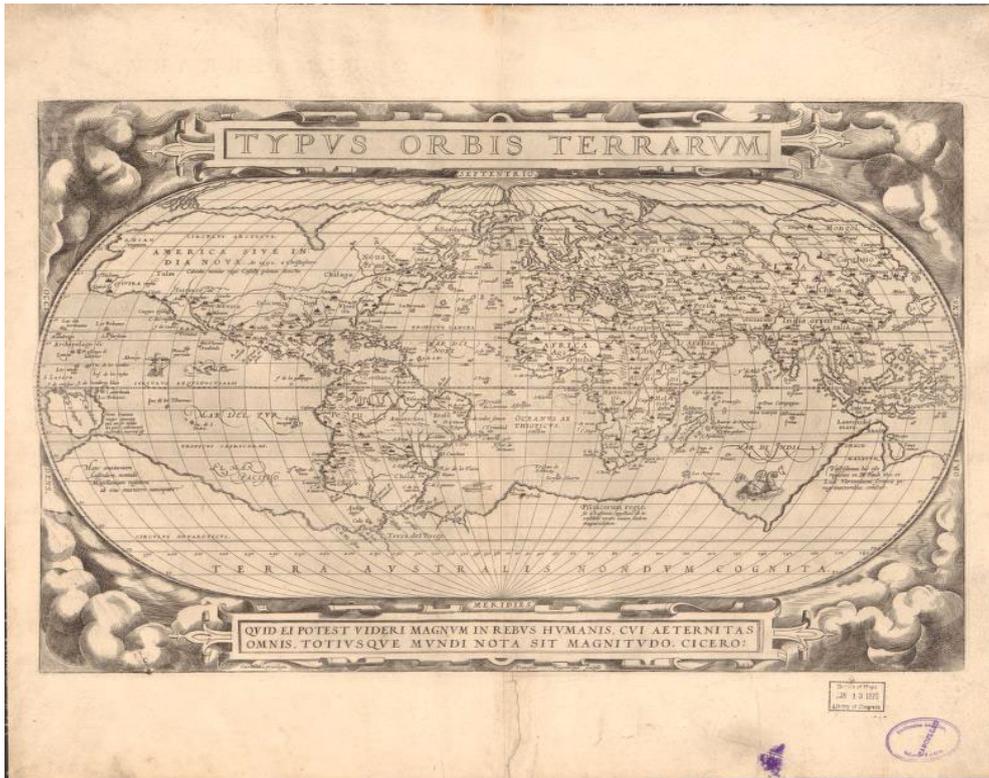


Figura 7.1.2. *Typus orbis terrarum*. Ortelius (1579).

Fuente: Library of Congress, Geography and Map Division Washington³

La vigencia del mito continuó, si bien disminuida, durante los siglos XVII y comienzos del XVIII, aunque ya con alteraciones significativas producto de los nuevos hallazgos, exploraciones e intereses.

En la Tabla 7.1.2 se presenta una síntesis cronológica con una selección de las principales producciones cartográficas.

Autor	Año	Representación cartográfica
Francesco Roselli	c. 1508	Mapamundi donde plantea hemisferio Sur, con una gran isla denominada <i>Antarticus</i> .
Henricus Glareanus	1513	Nuevo mundo insular que se extiende hasta los 50° S, hemisferio sur oceánico.
Johann Schöner	1520	Gran continente centrado en el Polo Sur relacionado con el extremo sur americano; continente separado del Nuevo Mundo por un estrecho.
	1533	Continente completo que llama <i>Terra Australis</i> .
Robert Thorne	1527	Planisferio que muestra el Estrecho de Magallanes separado de un inmenso territorio al sur con la inscripción <i>Terra Firmorum</i> ; fue publicado en 1582 por R. Hakluit.

³ <https://www.loc.gov/item/2017585794/>. Sobre los derechos de reproducción, ver nota en el sitio web bajo el título "rights and access".

Autor	Año	Representación cartográfica
Orontius Fine	1531	Primer mapa impreso que incorpora el contorno meridional del Estrecho de Magallanes, con la leyenda <i>Terra Australis recenter intenta, sed nondum plene cognita</i> (Tierra Austral recientemente descubierta pero aún no plenamente conocida).
Juan Schoner	1533	Planisferio donde reproduce el hipotético continente alrededor del Polo Sur y aproximándose a América del Sur.
Alonso de Santa Cruz	c. 1545	La tierra al sur del Estrecho de Magallanes es isla, señala que la mayor en el mundo es la más próxima al polo antártico. La representa extendiendo considerablemente el este de Tierra del Fuego.
Pedro Alpiano	1545	Cosmografía que incluye un planisferio que, a continuación del estrecho de Magallanes se observa un continente sin nombre.
Gerard Mercator	1551/ 1569	América como Nuevo Mundo, separada del Viejo Mundo por un estrecho en el Ártico y de una gran masa terrestre en el sur <i>Quinta Pars</i> , por el Estrecho de Magallanes.
Abraham Ortelius	1570/ 1575	<i>Terra Australis nondum cognita</i> (Tierra Austral, apenas conocida), en la costa se observa un "Golfo de San Sebastiano" y en su interior una <i>Isola Cressalina</i> .
Juan Lopez de Velazco	1575	Mapa con posesiones españolas de ultramar donde se insinúa la continuidad de tierras templadas australes.
Joan Martines	1578	Representa las posesiones españolas al sur del Trópico de Capricornio, dando especial visibilidad al Estrecho de Magallanes y las tierras ubicadas al sur. Muestra una <i>Terra de Fuego</i> que ostenta un segundo nombre: <i>Terra incognita</i> .
Francis Drake	1580	Comprueba la ausencia de tierra firme hacia el sur y el este
Gerard Mercator	1587	En el mapamundi de Mercator, se encuentra separada de América del Sur por el Estrecho de Magallanes
Abraham Ortelius	1589	Las producciones cartográficas, <i>Mare Pacificum</i> y <i>Americae Novissima Descriptio</i> , respectivamente, retoman la representación de Tierra del Fuego integrada a la Terra Australis.
Jodocus Hondius	1589	
Nicola van Sype	1581	Representan a Tierra del Fuego como un archipiélago luego de la tierra firme conocida, separado de las masas antárticas
Richard Hakluyt	1593	
Jodocus Hondius	1595	
Juan Bautista Vrient	1610	Continente al sur del estrecho de Magallanes, llamado <i>Terra Australis et Magallanica</i> .
John Speed	1626	Mapa donde aparecen hacia el sur, Tierra del Fuego, Isla de los Estados, estrecho de Le Maire y el pasaje al sur del Cabo de Hornos.

Autor	Año	Representación cartográfica
Marcelo Ansaldo	1669	En el "Croquis de Australia" se muestran las tierras australes: Nueva Guinea, Java, Sumatra, estrecho de Magallanes y el círculo polar antártico.
Nicolás Sanson de Abbeville	1679	<i>Les Deux Poles Arctique ou Septentrional, et Antarctic ou Meridional</i> , aparece la Antártida con la leyenda <i>Terra Maguellaniquae, Australe et Incognue</i> .
Alexis Hubert Jaillot	1694	<i>La Nova Orbis Tabula, ad usum Serenissimi Burgundiae Ducis</i> (Nueva tabla del Orbe para uso del Serenísimo Señor de Burgundia) muestra el continente antártico con una gran dimensión y límites imprecisos con la denominación <i>Terre Australe et Incognue, appelé Maguellanique</i> .
N. Bion	1728	En el mapa <i>L'Amerique</i> registra la Antártida con una leyenda que dice <i>Terres Australes et Inconnues</i> , separada de Tierra del Fuego por el estrecho de Le Maire.
Antonio Zatta	1774	En el <i>Mappamondo o sia Descrizione Generale del Globo</i> , en su parte meridional, se lee <i>Terrae Australis overo Antartiche Cerchio Polare</i> .

Tabla 7.1.2. Síntesis de las principales producciones cartográficas sobre el área de estudio, siglos XVI hasta comienzos del XVIII. Fuente: Elaboración propia en base a Capdevila y Comerci (2013); de Lasa y Luiz (2015) y de Lasa (2018).

Pioneros del siglo XIX

Las confirmaciones sobre la existencia del continente antártico comenzaron cuando en 1603 el explorador español Gabriel de Castilla divisa unas islas, posiblemente las Shetland del Sur. Si bien el británico James Cook en 1773 circunnavegaría la Antártida no llegaría a divisar tierra alguna de ese continente.

Foqueros de diversas naciones, entre ellos rioplatenses, visitaban aquellas tierras antárticas en sus viajes de caza antes que los exploradores, pero no informaban de su destino para no atraer competencia. Esta época donde predomina la actividad privada es conocida como la "era comercial". Varios de estos foqueros y balleneros estuvieron en Tierra del Fuego y/o Isla de los Estados, por ejemplo, James Weddell (1822-1824), y Carl Anton Larsen, quien en 1893 presentó un informe al gobernador de Tierra del Fuego, Pedro Godoy, sobre su viaje a la Antártida a bordo del *Jason*.

La primera presencia argentina oficial en aguas antárticas data de septiembre de 1815, durante la guerra de independencia, cuando el entonces coronel de marina Guillermo Brown, a bordo de la fragata *Hércules*, acompañada del bergantín *Trinidad*, fue arrastrado por un temporal al sur de la convergencia antártica y observó indicios de tierra cercana:

Después de doblar el Cabo de Hornos y experimentar las tempestades frecuentes en aquellos mares y de llegar a los 65°, en cuya latitud el mar se torna muy benigno, con un horizonte despejado y sereno, y sin hielo, vimos signos indicativos de no estar muy distantes de tierra. (citado en Capdevila y Comerci, 2013, p. 75)

En 1818 el Consulado en Buenos Aires otorgó permiso a Juan Pedro Aguirre para cazar lobos marinos “en algunas de las islas que en la altura del Polo Sud de este continente se hallan deshabitadas” (citado en Capdevila y Comerci, 2013, p. 76). Entre 1817 y 1820 el barco de las Provincias Unidas de Sud América, *San Juan Nepomuceno*, cazaría lobos de dos pelos y focas en las Islas Shetland del Sur. También ha quedado documentado que en 1818 el foguero *Espíritu Santo*, matriculado en Buenos Aires, cazaba en las Islas Shetland del Sur.

Seguidamente, varios descubrimientos oficiales tuvieron lugar en 1819, tales como el del foguero inglés William Smith a bordo del *Williams*, quien también alcanzó las Shetland del Sur. En 1820 dos expediciones, una rusa al mando de Fabian Gottlieb von Bellingshausen y otra estadounidense al mando de Nathaniel Palmer, realizaron los mayores descubrimientos antárticos de la época.

Asimismo, durante este primer periodo se desarrollaron expediciones organizadas con fines científicos como la expedición francesa a cargo de Jules Sébastian-César Dumont D’Urville (1837-1840), la expedición norteamericana de Charles Wilkes (1839-1841) y la británica de James Clark Ross (1840-1843). En las dos primeras, en su derrotero a la Antártida dejaron testimonio de su paso por Tierra del Fuego, reflejándose en algunos relatos, por ejemplo, el de Jules S. C. Dumont D’Urville:

Cuando se contemplan estos maravillosos accidentes de la tierra, la imaginación se comporta involuntariamente como una de aquellas revoluciones mundiales en las cual los pujantes esfuerzos rompieron la punta meridional de América, y le dieron la forma de archipiélago compacto a lo que hoy nombramos la Tierra del Fuego, pero ¿cuál fue el agente implementado por la naturaleza para operar estos resultados? El fuego, el agua, o un simple corrimiento de los polos. Con esta pregunta, yo pienso, la respuesta aún no se halló y por mi parte no me encuentro completamente satisfecho con las explicaciones de los más ingeniosos. (Dumont D’Urville, 1841, p. 119).

A mediados del siglo XIX el marino de nacionalidad argentina Miguel Luis Piedra Buena visita las tierras antárticas. Entre 1848 y 1852, invitado por el comerciante William H. Smiley, formó parte de la tripulación del buque *John E. Davison* en sus viajes por los mares antárticos. Aunque esos viajes no estaban exentos de algunos riesgos: en uno de ellos se le encomendó reconocer la costa de la Península Antártica cerca de la actualmente denominada Isla Belgrano, tarea que le costó quedar atrapado casi un mes entre los hielos. En 1867 navega nuevamente en aguas antárticas con su barco *Espora* y la lancha *Julia*, con el objetivo de cazar focas.

En las últimas dos décadas del Siglo XIX el Estado argentino comenzó a desarrollar planes para explorar la Antártida. En 1879 crea el Instituto Geográfico Argentino que posteriormente expondrá a la Antártida como una prioridad de la exploración argentina. En 1880, a partir de una propuesta del científico italiano Giacomo Bove, el Instituto desarrolla planes para una expedición antártica argentina, pero se decide darle prioridad al estudio de la Patagonia y la expedición queda reservada a aquella región. Dos años después, Eugenio Bachman, profesor de la Universidad de Córdoba, propone al Instituto la realización de una expedición científica a la Antártida con el fin de instalar bases permanentes y el Estado argentino comienza los preparativos para una expedición oficial antártica con la corbeta ARA Uruguay, pero la misma es cancelada antes de partir, circunscribiendo el espacio a recorrer a Patagonia y Tierra del Fuego.

En el marco de las actividades comerciales relacionadas con la explotación de mamíferos marinos, Julio Popper, un ingeniero rumano que había establecido lavaderos de oro en Tierra del Fuego, solicita autorización al Ministerio del Interior en 1892 para instalar una factoría ballenera y foquera en la Antártida. Este proyecto no se pudo concretar por su fallecimiento.

En el primer Año Polar Internacional (1882-1883) se manifestó un gran interés por el estudio científico de las regiones polares. Posteriormente, el VI y VII Congreso Internacional de Geografía, en Londres (1895) y Berlín (1899), respectivamente, dieron gran impulso a la investigación científica en la Antártida. De esta forma, varios países organizaron sus expediciones dando comienzo a la denominada “era heroica” que se desarrolla entre los años 1895 y 1917. Argentina, en respuesta a este interés sobre el desarrollo científico de la Antártida, brinda apoyo mediante la instalación de un observatorio magnético y meteorológico en el archipiélago de las Islas Año Nuevo, que finalmente comenzará a funcionar en 1901.

Una de las primeras expediciones que se llevó adelante en este marco es la expedición belga de Adrien de Gerlache de Gomery (1897/1899), a bordo del buque *Bélgica*, contando con la presencia del médico norteamericano Frederick

Cook, quien escribió un detallado relato de todo el viaje, incluyendo el paso por el Estrecho de Magallanes, Canal Beagle y Cabo de Hornos en el derrotero hacia la Antártida. En su relato, reconoce en Ushuaia cierto aspecto salvaje, pero placentero, dado por las montañas:

Ushuaia es un pequeño poblado de alrededor de veinticinco casas de chapa, construidas en la base de las últimas estribaciones de la cordillera. El trasfondo de la ciudad es salvajemente pintoresco. Dos cadenas de montañas corren hacia el este en forma paralela entre sí, a lo largo del límite sur de la principal isla de Tierra del Fuego, y estas montañas le dan a los alrededores de Ushuaia notablemente salvaje pero de efecto placentero. (Cook, 1900, p. 97).

Asimismo, en la relación de viaje de Cook se destacan los servicios brindados a las expediciones antárticas, especialmente el abastecimiento de carbón en bahía Lapataia. Así lo describe:

En Lapataia, una ciudad vecina, el Bélgica permaneció una semana para abastecerse de carbón. En Ushuaia y en Harbourton [sic], tomamos nuestro último suministro de provisiones frescas. Estamos agradecidos al gobierno argentino por el amable trato que recibimos de su parte. (Cook, 1900, p. 97)

Años decisivos 1901-1905

Los primeros años del Siglo XX constituyen el momento decisivo del Estado argentino en la Antártida debido a una serie de acciones precursoras que serán llevadas a cabo con una aguda visión de futuro y se caracterizarán por su heroísmo y espíritu emprendedor. Como ya fuera mencionado en el periodo anterior, en 1901 se instala el observatorio magnético y meteorológico en la isla Observatorio del grupo de islas Año Nuevo, en virtud de los compromisos asumidos a partir de los Congresos Internacionales de Geografía de 1885 y 1889.

Un hecho de gran importancia fue protagonizado por la República Argentina en la Antártida al brindar ayuda a la Expedición Antártica Sueca de 1901, en la que participa el alférez José María Sobral. Sobral se transformó así en el primer argentino que llegó a la Antártida en carácter oficial como representante del Estado nacional y que desarrolló actividades científicas. Inverna en la Antártida por dos años consecutivos, periodo en el que cumplió sus tareas técnicas científicas a través de observaciones en meteorología, geodesia y geomagnetismo.

El buque *Antarctic* requiere de Ushuaia para tareas de reparación y de abastecimiento, según relatan Nordenskjöld y Andersson:

El principal propósito de nuestra visita a Tierra del Fuego era reparar completamente las velas y aparejos del *Antarctic* en Ushuaia antes de comenzar el segundo viaje de verano a los mares del Polo Sur, y cargar un suministro completo de carbón y una necesaria reserva de provisiones, todo lo cual, gracias a la generosidad de la República Argentina, encontramos a nuestra disposición en el puerto mencionado. (1905, p. 367-368).

La expedición preveía pasar un invierno en la Antártida con el fin de realizar trabajos científicos, pero dado que su barco, el *Antarctic*, fue atrapado por los hielos, debieron permanecer un año más hasta que fueron rescatados por la corbeta argentina ARA Uruguay, al mando del entonces Teniente de Navío Julián Irizar. Luego del increíble reencuentro de los diferentes grupos de los miembros de la expedición, iniciaron el camino de regreso a Buenos Aires. Sobral describe el momento del encuentro con la tripulación argentina de la corbeta ARA Uruguay:

Fue un momento indescriptible, indefinible, yo lo he sentido pero no lo puedo referir; lo que puedo decir es que en esos momentos me sentí orgulloso de mi patria, me sentí orgulloso de ser compañero de esos que hasta allí fueron con la Uruguay. (Sobral, 1904 p. 306)

En su regreso a Buenos Aires, la expedición de rescate de la corbeta ARA Uruguay, encontraba necesaria una escala en las islas Año Nuevo para comparar sus instrumentos con los del observatorio. Allí descendieron Sobral y Bodman y dejaron los perros de Groenlandia que sobrevivieron de la expedición. Sobral, manifestó su agrado ante las características del observatorio y su estado: “Tengo la seguridad de que mi compañero Bodman se lleva una excelente impresión del observatorio y de sus oficiales, que tanta laboriosidad y competencia demuestran en él, y así me lo manifestó (...)”. (Sobral, 1904, p. 326).

Un hecho de importancia trascendental fue la toma de posesión del observatorio de las Orcadas del Sur, que expresó claramente que la ciencia y el Estado argentino llegaron para quedarse en aquella región. El 22 de febrero de 1904 la bandera argentina era izada en forma permanente en el observatorio de la isla Laurie, archipiélago de las Orcadas del Sur. Este suceso da inicio a la

presencia permanente e ininterrumpida argentina en la Antártida. No obstante, la historia en Orcadas comienza luego del VII Congreso Internacional de Geografía cuando en el marco de las expediciones científicas internacionales de exploración antártica, el explorador escocés William Speirs Bruce organizó la expedición antártica nacional escocesa que, si bien no formaba parte de ese esfuerzo internacional, respondía al mismo espíritu. Esta expedición zarpó en 1902 de Edimburgo, organizada por la Real Sociedad de Geografía de Escocia, con el buque *Scotia*. Al no poder avanzar por el hielo marino, decide invernar en la isla Laurie donde instala una pequeña casa habitación junto con instrumental de medición que constituye la base de un pequeño observatorio, en el istmo hoy conocido como Iburguen. Una vez liberado de los hielos, Bruce se dirige a Buenos Aires donde, al ser consciente de la capacidad del Estado argentino para la resolución de temas antárticos, ofrece la venta del observatorio al director de la Oficina Meteorológica. Esta propuesta es aceptada inmediatamente a través del Decreto 3073 de 1904. Cabe destacar que en febrero de 1904 se produce el relevo de la dotación de Bruce y nuestro país toma posesión del Observatorio Meteorológico en las Islas Orcadas del Sur. Por este motivo, cada 22 de febrero se celebra el día de la Antártida Argentina. Al año siguiente la Argentina construyó allí un moderno observatorio, que sería su primera instalación habitacional y la primera de carácter permanente en ese continente. Hoy constituye el museo de la base, conocido como Casa Moneta.

De este modo, comenzó la presencia permanente no solo Argentina, sino también de la especie humana en la Antártida, estableciendo un sistema de dotaciones de personal que se renueva anualmente. Cuatro décadas después, otros países adoptarían esta modalidad, transformándose en un sistema de habitar la Antártida para el desarrollo científico. En consecuencia, la presencia argentina de ese tipo en la Antártida es la más antigua en forma ininterrumpida con actividad científica continua. Entre los miembros de aquella primera dotación se encontraba el joven voluntario Hugo Acuña, estafeta postal cuyo diario es una de las primeras obras de la literatura antártica argentina. Acuña junto con Luciano Valette, realizaron la primera carta antártica en el año 1904.

En el año 1903 tiene lugar otra expedición, en este caso francesa, a cargo del Dr. Jean Baptiste Charcot (1903-1905), a bordo del buque *Français*. Charcot realiza dos viajes a la Antártida, en el primer viaje destaca la posición de Ushuaia como la ciudad más austral del mundo: “En tres días arribamos a Ushuaia, la ciudad más austral del mundo” (Charcot, 1908: 3). Además, se refiere a la provisión de carbón que realizarían y los artículos de panadería adquiridos que eran tan importantes para la vida cotidiana en la Antártida:

(...) el transporte argentino Guardia Nacional iba a venir a traernos carbón, nuestra casa desmontable y las últimas cartas que debíamos recibir de los nuestros (Charcot, 1908, p. 3).

La cuestión del pan, tan importante para los franceses, se resolvió fácilmente gracias a la habilidad de nuestro cocinero. Tres veces por semana, hornea pan fresco e incluso, los jueves y domingos por la mañana, bollos de manteca. Los otros días, comíamos las 'galletas' de Ushuaia, que son notables. Se conservan hermosamente sin ninguna precaución especial, y si se hornean o incluso se colocan durante unos segundos cerca de la estufa, tienen la enorme ventaja sobre la galleta de dar una miga lo suficientemente suave como para permitir el refinamiento injustificable de la 'salsa'. Con frecuencia, el cocinero nos sorprende con alguna pastelería de su invención. (Charcot, 1908, p. 48)

El rescate de la Expedición Antártica Sueca realizado por la corbeta *ARA Uruguay* tuvo también como consecuencia la fundación de la primera empresa ballenera austral: la Compañía Argentina de Pesca, en 1904. Sus barcos navegaban bajo bandera argentina y llevaban sus colores en las chimeneas. La compañía, conocida como CAP, surgió del contacto de empresarios argentinos, liderados por Ernesto Tornquist junto con Carl Anton Larsen, comandante del buque de la expedición sueca, que se desempeñaría como gerente de la flamante empresa. Él mismo dirigió en noviembre de 1904, con apoyo del *ARA Guardia Nacional*, la instalación de la factoría en Grytviken, Georgias del Sur; de esta forma, comenzó la presencia humana permanente en ese archipiélago, hasta entonces deshabitado. Cabe destacar el apoyo financiero recibido de Pedro Christoffersen, diplomático argentino-noruego casado con Carmen de Alvear, hija del presidente Torcuato de Alvear, para el establecimiento de esta estación ballenera. Al año siguiente se instalaría allí un observatorio meteorológico y magnético dependiente del Ministerio de Agricultura, que funcionó hasta 1950 informando a los barcos de la CAP, muchos de los cuales participaron de numerosas campañas antárticas argentinas brindando apoyo y relevando dotaciones. La fundación de la Compañía Argentina de Pesca, implicó que durante medio siglo el sector privado acompañara la presencia estatal, brindando su apoyo a las dotaciones científicas.

A fines de 1904 la corbeta *ARA Uruguay* se interna por segunda vez en aguas antárticas para realizar el relevo de la dotación de Orcadas, llevar los materiales para el armado de la que sería la primera instalación argentina en la Antártida y, nuevamente, en misión de rescate debido a que no se tenían noticias

de la Expedición Antártica Francesa de Jean-Baptiste Charcot, que había invernado en la Antártida con la goleta *Français*. Afortunadamente la expedición francesa retorna en perfectas condiciones, sin necesidad de ayuda.

A su regreso, Charcot vende su goleta al Estado argentino que la renombra *Austral* y a fines de ese año realiza el relevo del observatorio de las islas Orcadas del Sur. A fines de 1907, el *Austral* zarpa de Buenos Aires con esa misma misión y con el objetivo de instalar otro observatorio en una isla junto a la Península Antártica, pero la goleta naufraga en un fuerte temporal en el Río de la Plata, causando una considerable postergación en los planes antárticos argentinos de instalar más observatorios científicos en el continente antártico.

En el año 1906 Argentina se convirtió en el primer país en designar autoridades para tierras polares. Un decreto del poder ejecutivo del 7 de diciembre nombre a Rankin Angus comisario en la región donde se halla el Observatorio de las islas Orcadas del Sur, cargo que fue aceptado y ejercido.

En síntesis, la cooperación científica y logística, la designación de autoridades nacionales para aquellos territorios y la compra de un buque polar para la Armada Argentina constituyen el cierre de este singular período fundacional.

Continuidad 1906-1938

Si bien el naufragio del buque *Austral* en 1907 produjo un aplazamiento en la instalación de estaciones argentinas en la Península Antártica, el Estado nacional prosiguió con las actividades científicas y la presencia ininterrumpida en las islas Orcadas del Sur, demostrando una continuidad única en el continente antártico. Aquellos invernantes, junto a sus tareas científicas, crearían también diversos relatos, los primeros en el mundo en describir la vida de los técnicos y científicos relevados anualmente en la Antártida.

Junto a aquel esfuerzo continuo y silencioso, la Argentina participaría también, al menos de forma indirecta, en el momento cumbre de la "era heroica", como fue la conquista del Polo Sur por el noruego Roald Amundsen. El 14 de diciembre de 1911 la Expedición Polar Noruega liderada por el explorador Roald Amundsen alcanza el Polo Sur Geográfico. Sería seguido un mes después por el británico Robert Scott que falleció en el camino de regreso junto a sus compañeros. La historia es bien conocida, no así la ayuda que la expedición de Amundsen recibió de la Argentina. En junio de 1911 el *Fram*, barco de la expedición de Amundsen, llegó a Buenos Aires en busca de provisiones y su capitán Thorvald Nilsen se encontró con que no poseían fondos suficientes para continuar con la expedición, entonces, por indicación de Amundsen, se contacta con Pedro Christophersen quien será el mayor contribuyente financiero a la expedición noruega al Polo Sur, la fortuna de un millón de pesos. Amundsen,

agradecido, bautizó a un monte en la Antártida con el nombre de Christophersen, otro monte con el de su hermano y el de la planicie cercana al Polo Sur, con el de su esposa, Carmen de Alvear. También le agradecería nuevamente en su libro sobre la expedición, que en buena parte escribió en la estancia del benefactor en la Provincia de Santa Fe. De esta manera, Amundsen describe la importancia de la ayuda brindada por Christophersen:

Como de costumbre, la suerte de la Fram volvió a favorecerla. Algunos días antes de que dejáramos Noruega, nuestro distinguido compatriota en Buenos Aires, Don Pedro Christophersen, nos envió un cable anunciando que nos suministraría las provisiones que pudiéramos necesitar si, después de salir de Madeira, hacíamos escala en Buenos Aires. Por supuesto, en ese momento él no sabía que el viaje se extendería para incluir el Polo Sur y que la Fram, al llegar a Buenos Aires, estaría casi vacía en lugar de tener una carga completa. Sin embargo, esto no impidió que nos ayudara. Inmediatamente me reuní con él y su hermano, el Ministro Noruego; afortunadamente, ambos estaban muy entusiasmados con el cambio de planes de nuestro líder. (Amundsen, 2012, p. 209)

Con la llegada de la "era mecánica" en 1920 la Argentina mejoró la comunicación con sus invernantes antárticos a través del uso de la radio y modernos barcos a vapor, los cuales permitieron también una serie de expediciones científicas a islas subantárticas.

En los diez años comprendidos entre 1923 y 1933 el Estado argentino emprende una serie de expediciones científicas subantárticas. La primera de ellas tiene lugar a comienzos de 1923 con el buque *ARA Guardia Nacional*, bajo el mando del capitán de fragata Ricardo Vago. A bordo se encontraban el malacólogo Alberto Carcelles acompañado del ictiólogo Aurelio Pozzi, ambos miembros del Museo Argentino de Ciencias Naturales (MACN). Al año siguiente Pozzi, acompañado de su hermano Antonio Pozzi, taxidermista del MACN, regresa a las Georgias del Sur con el *ARA Guardia Nacional* recolectando una interesante colección de aves y pinnípedos, así como el esqueleto de una ballena. En 1926 Carcelles realiza estudios también en las Orcadas del Sur y en 1929 se concentra nuevamente en la isla San Pedro.

El 30 de marzo de 1927 se estableció por primera vez contacto radial entre la Argentina americana y la Antártida cuando el radiotelegrafista del observatorio meteorológico argentino en las Islas Orcadas del Sur, Emilio Baldoni, contactó a la estación de Ushuaia, y, mediante su enlace, a Buenos Aires. El Jefe del observatorio, José Manuel Moneta, envió mensajes al Presidente de la Nación

Marcelo Torcuato de Alvear, a los Ministros de Agricultura y de Marina y al Director General de Meteorología. Desde ese día los datos meteorológicos obtenidos en la estación fueron transmitidos a Buenos Aires para mejorar la calidad de los pronósticos y contribuyeron a lograr una navegación más segura en el océano Atlántico Sur. En su libro “Cuatro años en las Orcadas del Sur”, José Manuel Moneta, narra la emoción que sintieron al poder comunicarse:

(...) ¿Quién nos llama?

En los teléfonos pude percibir: “LRT...LRT...de LIK...LIK...LIK...”

Nos llama Ushuaia, exclamamos a un tiempo. Ahora sí, ¡en marcha!

Y en menos de diez segundos las máquinas trepidaban desarrollando toda su fuerza y mientras Baldoni contestaba al prolongado llamado de Ushuaia, yo me lancé al salón de la casa habitación en donde, con toda la fuerza de mis pulmones, grité: ¡arriba muchachos!, ¡arriba todos!, ¡comunicación, comunicación con el mundo! (Moneta, 1954, p. 258).

De esta forma, Ushuaia se convierte en la puerta de entrada radial de América a la Antártida, rompiendo el aislamiento en comunicaciones de este continente con la Antártida.

José Manuel Moneta invernó durante cuatro años y nueve meses (1923, 1925, 1927 y 1929) en Orcadas como personal técnico civil del hoy Servicio Meteorológico Nacional. Posteriormente, desempeñó diversos cargos en el Estado argentino. Durante su estancia en las Orcadas realizó filmaciones sobre la vida cotidiana en aquellos parajes que resultaron en el documental “Islas Orcadas-Antártida” del año 1927. El 23 de junio de 1928 se estrena en los cines de la ciudad de Buenos Aires. La obra de Moneta acercó al público la vida de los científicos y técnicos argentinos en la Antártida, causando fascinación por la vida en aquellas condiciones extremas y sus imponentes paisajes. Se trata de un documento cinematográfico de gran valor histórico debido a que es el primer documental a nivel mundial que retrata la vida cotidiana de los invernantes en una estación científica permanente en la Antártida que es relevada anualmente, práctica que hoy es distintiva de la actividad científica antártica. Años después Moneta publicaría el libro *Cuatro años en las Orcadas del Sur*, a través del cual los lectores argentinos y de otras naciones accedieron a la vida cotidiana de los invernantes.

El gran salto polar 1939-1956

Los años que van desde la antesala de la Segunda Guerra Mundial, en 1939, hasta mediados de la década del '50, fueron testigos del gran salto que

experimentó la presencia argentina en la Antártida. Si bien desde 1904 era el único país que gozaba de presencia continua e ininterrumpida en el continente polar, ahora esa presencia se multiplicaría también en forma permanente en diversos puntos del territorio antártico con reivindicaciones territoriales, acción planificada por la flamante Comisión Nacional del Antártico.

En junio de 1939 el presidente Dr. Roberto Ortiz estableció una comisión antártica provisional para participar en la Conferencia Polar Internacional en Noruega en 1940. Entre sus tareas debía organizar exploraciones antárticas y elaborar un plan de acción que incluyera estudios oceanográficos, meteorológicos y de pesca.

El 30 de abril de 1940, el presidente Ortiz, a través de un decreto, crea la Comisión Nacional del Antártico con carácter permanente. En 1946 fue reorganizada y ampliada con representantes de los Ministerios de Justicia, Guerra y Agricultura, y la Secretaria de Aeronáutica. La Comisión fue la institución que organizó las actividades antárticas argentinas, y constituyó un antecedente a la Dirección Nacional del Antártico creada en 1969.

Entre 1947 y 1957 comienza el periodo de mayor expansión y presencia. Argentina instala ocho estaciones y veintiocho refugios.

La Comisión Nacional del Antártico impulsó la exploración de la Península Antártica para instalar allí nuevas bases argentinas, objetivo nacional que había quedado en suspenso luego del naufragio del *ARA Austral* en 1907. Con este fin se planificó una primera expedición a realizarse en el verano 1940/41, pero que por cuestiones administrativas se materializaría en el verano posterior.

La expedición realizada con el buque *ARA 1° de Mayo* bajo el mando del capitán de fragata Alberto Oddera, exploró el frente occidental de la Península y sus archipiélagos adyacentes, confeccionando cartografía detallada, además de realizar estudios científicos y depositar banderas y escudos argentinos junto a placas y actas que expresaban la soberanía argentina sobre aquella región. Al año siguiente los estudios fueron ampliados nuevamente con el mismo buque, ahora bajo el capitán de fragata Silvano Harriague, llegando incluso a cruzar el Círculo Polar Antártico. Los trabajos de estas expediciones fueron el prelude necesario para el gran despliegue antártico argentino que llegaría en la posguerra.

En 1947 comienza el mayor crecimiento de la presencia argentina en la Antártida. Antes de cumplirse una década la Argentina pasaría de poseer una sola estación antártica, instalada cuarenta años antes, a contar con ocho estaciones y veintiocho refugios. Los destacamentos navales instalados en aquellos años por la Armada Argentina fueron denominados Melchior (1947), Decepción (1948), Alte. Brown (1951), Esperanza (1952) y Bahía Luna (1953), hoy llamado Cámara. Por su parte el Ejército instaló las bases San Martín (1951),

Esperanza (1952) y Belgrano (1955). Desde ésta última base el general Hernán Pujato, realizaría una serie de vuelos exploratorios en los que logró los mayores descubrimientos geográficos argentinos en la Antártida.

La Aviación Naval y la flamante Fuerza Aérea Argentina participaron también de este gran despliegue realizando un puente aéreo entre ambos continentes gracias a sus hidroaviones y a aerolanzamientos. Entre ellos se destacó el vuelo de un Douglas C-54 de la Aviación Naval, que el 13 de diciembre de 1947, despegó de la Estación Aeronaval Comandante Piedrabuena, en la provincia de Santa Cruz, cruzó el Círculo Polar antártico, realizó aerolanzamientos y regresó horas después, transformándose en el primer avión en lograr esa hazaña entre ambos continentes. El vuelo estaba comandado por el Contralmirante Gregorio Portillo, que se había desempeñado como gobernador Marítimo del Territorio Nacional de Tierra del fuego.

En 1949, el General Hernán Pujato presenta al poder ejecutivo un Plan Antártico que consideraba la presencia efectiva, creación de un organismo específico de ciencia, fundación de un poblado, compra de un rompehielos y alcanzar el Polo Sur. Su gestión fue fundamental en el desarrollo antártico de Argentina.

Otro momento importante para el desarrollo científico de nuestro país en la Antártida se produjo con la creación del Instituto Antártico Argentino el 17 de abril de 1951, primera institución científica en el mundo dedicada exclusivamente al estudio de la Antártida. El Instituto nació a través del Decreto No. 7338/51 que le dio el nombre "Coronel Hernán Pujato", quien fuera su impulsor y primer director. Debido a su carácter científico se encontraba bajo la órbita del Ministerio de Asuntos Técnicos. Su fundación respondió a la necesidad de un organismo especializado que, en forma permanente, oriente, controle, dirija y ejecute las investigaciones y estudios de carácter técnico-científicos vinculados a la Antártida que se venían desarrollando desde principios del Siglo XX.

Desde sus orígenes, el IAA impulsó el desarrollo de estudios científicos polares y constituye el pilar fundamental del Programa Antártico Argentino.

En 1953 se dispuso la construcción de un rompehielos por iniciativa de Pujato, para posibilitar las actividades argentinas al sur del Mar de Weddell, región que se encontraba inexplorada hasta ese momento. De esta forma, en un astillero de Bremerhaven, Alemania, comienza a tomar forma el rompehielos *ARA Gral. San Martín*, batiendo un récord de tiempo en su construcción. El 8 de diciembre de 1954, el flamante buque es entregado a la Armada Argentina y ese mismo verano parte rumbo a la Antártida, donde logra la primera penetración del Mar de Weddell y la instalación de la base Gral. Belgrano sobre la barrera de hielos Filchner. Hasta su reemplazo por el rompehielos *ARA Alte. Irizar* en 1979 fue el principal buque de las campañas

antárticas argentinas, desempeñando tareas de logística, investigación y asistencia.

Es en este periodo cuando se formaliza la reivindicación antártica nacional y cuando la sociedad argentina es concientizada sobre la soberanía antártica argentina.

Ciencia y Paz 1957-1990

En 1950 se discutió la posibilidad de llevar adelante el Tercer Año Polar Internacional en el marco del Consejo Internacional de Uniones Científicas, en su lugar y por sugerencia de la Organización Meteorológica Mundial, se decidió realizar el Año Geofísico Internacional (AGI), que abarcaba toda la Tierra. En consecuencia, el AGI se desarrolló del 1 de julio de 1957 al 31 de diciembre de 1958, alcanzando gran notoriedad, con la participación de treinta mil científicos de sesenta y seis países, que tuvo como eje principal el continente antártico, en donde sólo actuaron doce países, entre ellos la Argentina. El Consejo Internacional de Uniones Científicas creó en 1957 el Comité Especial de Investigaciones Antárticas, transformándose en la principal comunidad epistémica que nuclea la investigación científica antártica y que luego, en 1958, se denominó Comité Científico de Investigaciones Antárticas (*Scientific Committee on Antarctic Research -SCAR*).

Las investigaciones del Instituto Antártico Argentino se destacaron por el Proyecto Aurora, un importante aporte para la comprensión de aquel fenómeno atmosférico, así como las investigaciones glaciológicas. Al finalizar el AGI el gobierno estadounidense cedió a la Argentina la Estación Científica Ellsworth que pasó a ser administrada y operada por el IAA hasta fines del año 1962 cuando tuvo que ser evacuada por el movimiento de la barrera de hielos Filchner.

El AGI significó un gran esfuerzo científico que contribuyó al conocimiento de la Antártida, además, constituyó una experiencia de cooperación internacional que marcó, sin duda, el preludio del Tratado Antártico. Se instalaron una importante cantidad de bases de observación e investigación por parte de los países participantes, varios de los cuales decidieron mantenerlas aún terminado el año propuesto de investigación. Este hecho, incidió en la convocatoria de la Conferencia Antártica de Washington de 1959, junto con una serie de factores que describe el embajador Guyer, diplomático argentino destacado en la embajada en Washington en ese momento:

No nos olvidemos que estábamos en plena Guerra Fría, y existía el peligro de que la Antártida pasara a integrar ese diferendo. Había desconfianza mutua, tanto en Estados Unidos como en la Unión

Soviética, de que detrás de las actividades científicas, pudieran encubrirse acciones político-militares. (Guyer, 2006, p. 37)

El Tratado Antártico fue firmado en Washington el 1° de diciembre de 1959 y entró en vigor en 1961. Consolidado en las décadas posteriores como el marco jurídico más apropiado para proteger el continente antártico, con base en los principios de paz, libertad de investigación científica y cooperación internacional. La Argentina pertenece al grupo de los doce signatarios originales y entre ellos a los siete países con reivindicaciones territoriales, siendo parte consultiva del mismo. Uno de los principales aportes de la Argentina al Tratado Antártico lo constituyó la prohibición de detonaciones nucleares en ese continente, contribuyendo así de forma significativa a la protección de medio ambiente. Esto es de particular importancia al considerar las numerosas detonaciones de armas atómicas que en aquellos años se estaban realizando por parte de las potencias en diversas regiones poco habitadas del planeta.

El 8 de marzo de 1961 el presidente Dr. Arturo Frondizi arribó el Destacamento Naval de la Isla Decepción transformándose así en el primer presidente argentino en visitar aquel territorio. Desde allí pronunció un discurso transmitido por Radio Nacional donde destacó el esfuerzo conjunto de investigadores científicos, técnicos y personal de las Fuerzas Armadas en la Antártida. Su visita se condice con el enfático apoyo de su administración a la participación argentina en la Conferencia del Tratado Antártico en Washington en 1959 y su esfuerzo por lograr la ratificación del mismo, que fue concretada el 23 de junio de ese año. Desde entonces, Argentina es Parte Consultiva del Tratado.

Con el Año Geofísico Internacional (1957-1958) y el Tratado Antártico (1959) comienza un nuevo período en la historia antártica en el que las naciones involucradas deciden asegurar el continente para el desarrollo de la ciencia y la paz. En esta nueva era, Argentina se perfila como una de las naciones líderes en la Antártida debido a su producción científica y al aporte que realiza al Sistema del Tratado Antártico desde su creación, como miembro signatario original, reivindicador de soberanía y Parte Consultiva.

El Tratado Antártico comprende un conjunto de principios sobre los cuales comenzó a construirse un “sistema jurídico-político para administrar la cooperación internacional y la investigación científica en la región” (CARI, 2005, p. 184). Se basa en la práctica del consenso para la adopción de decisiones. El Sistema está conformado por el Tratado Antártico, la Convención para la Conservación de Focas Antárticas (1978), la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (1980), el Protocolo al Tratado

Antártico sobre la Protección del Medio Ambiente (1991) y las disposiciones dictadas en el marco de los instrumentos mencionados.

Paralelamente a estos sucesos internacionales que configuraron el escenario político antártico, en la primera mitad de los años '60, las tres Fuerzas Armadas de la Argentina se lanzan a la conquista del Polo Sur con diversos medios, a través de expediciones que brindan también destacados aportes científicos.

Si bien la idea de alcanzar el Polo Sur Geográfico se encontraba desde hacía décadas en la mente de los exploradores antárticos argentinos, este objetivo se lograría a principios de la década de '60, con tres expediciones argentinas, pertenecientes a cada una de las Fuerzas Armadas. La primera en hacerlo fue la de la Aviación Naval de la Armada Argentina en enero de 1962, en forma aérea, al igual que la expedición transpolar de la Fuerza Aérea Argentina que alcanzó el Polo Sur en noviembre de 1965, seguida por la expedición terrestre del Ejército Argentino que lo hizo un mes después.

La primera de las expediciones argentinas al Polo Sur Geográfico alcanzó su objetivo el 6 de enero de 1962, cuando dos aviones C-47 de la Aviación Naval Argentina aterrizaron en el extremo austral del Sector Antártico Argentino. La expedición se encontraba comandada por el entonces Capitán de Fragata Hermes José Quijada. Los aviones habían partido de la ciudad de Buenos Aires el 5 de diciembre de 1961 con escalas en Río Gallegos, el Aeródromo Provisional Capitán Campbell, en la barrera de hielos Larsen y la Estación Científica Ellsworth, del Instituto Antártico Argentino.

Luego de un intento fallido en 1962, tres años después la Fuerza Aérea Argentina alcanzaría el Polo Sur. Su expedición transpolar, planificada y encabezada por el vicecomodoro Mario Luis Olezza, aterrizó en el Polo Sur el 3 de noviembre de 1965 con dos monomotores DHC-2 Beaver y un bimotor C-47. Este avión a hélice contaba también con cohetes auxiliares de despegue y una turbina injertada, lo que lo transformaba en el único avión en el mundo con los tres tipos de propulsión. Luego de continuar este avión hasta la base McMurdo, se reunió nuevamente con los Beaver en el Polo Sur y emprendieron el camino de regreso.

Por otra parte, vale destacar la actuación meritoria de quien sería luego un ilustre vecino de Ushuaia, Gustavo Giró Tapper quien lideró la expedición exploratoria invernal terrestre entre bahía Esperanza y bahía Margarita. Giró Tapper junto con su patrulla partieron el 14 de agosto de 1962 desde base Esperanza y, con una primera etapa en Matienzo, siguieron por la barrera de Larsen hasta los 68° S donde efectuaron el cruce de la cordillera antártica, ascendiendo hasta 1800 m y descendiendo luego para llegar a la base San Martín el 24 de agosto. La partida es relatada por Giró Tapper:

El 14 de junio de 1962, invierno polar, el duro silencio de la más inhóspita región de la Tierra es quebrado por un “¡Siga!, op... op... op...”, es la señal dada a sus perros por un veterano conductor de trineos, Oscar Alfonzo; la columna está en marcha, tres tractores y dos trineos traccionados por ocho perros cada uno, con sus pesadas cargas, pronto se pierden en el horizonte blanco en marcado contraste con el azul del cielo, una profunda huella como un surco en la nieve queda a espaldas de lo que ya es solo un punto en la lejanía. (citado en Brusasca, 2023, p. 209-210)

La avanzada de Giró formaba parte de la expedición terrestre del ejército argentino, denominada Operación 90° que logra alcanzar el Polo Sur Geográfico tres años después, el 10 de diciembre de 1965. Los diez integrantes, comandados por el entonces coronel de caballería Jorge Edgard Leal, partieron el 26 de octubre con vehículos *snow-cat* desde la Base Belgrano I, situada en la Barrera de Hielo Filchner. Los expedicionarios se desplazaron durante sesenta y seis días por casi tres mil kilómetros íntegramente dentro del Sector Antártico Argentino, realizando en el camino una serie de mediciones científicas en los campos de glaciología, meteorología y gravimetría. Finalmente, el 31 de diciembre la expedición arribó a la Base Belgrano completando exitosamente su objetivo.

En 1965, el hasta entonces Destacamento Naval Almirante Brown, pasó a depender del Instituto Antártico Argentino bajo el nombre de Estación Científica Almirante Brown, transformándose durante casi dos décadas, en la principal usina científica en la Antártica. Otro hecho de significativa importancia se produce en noviembre de 1968 al ser derribada una barrera de género con la llegada a la base Melchior de las primeras científicas argentinas que realizaron trabajo de campo en la Antártida. El grupo estaba compuesto por cuatro biólogas del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MACN): la profesora Irene Bernasconi, especialista en equinodermos, María Adela Caría: bacterióloga y miembro del CONICET, Elena Martínez Fontes, jefa de la Sección invertebrados Marinos del MACN y la Licenciada Carmen Pujals, reconocida ficóloga. Las cuatro serían acompañadas por el Dr. Norberto Bellisio. Durante dos meses y medio tomaron miles de muestras científicas destacándose los más de dos mil ejemplares de equinodermos, lo que permitió el hallazgo de una familia no citada para esa región. Una importante novedad fue la identificación del alga parda *Cystosphaera jacquinotii* en su lugar de arraigo. Es en este período, en el que las mujeres argentinas comienzan también a ser protagonistas

de la historia antártica, y en el que la ciencia, la logística y la política antártica nacional adquieren su configuración actual.

A su vez, la presencia científica argentina logra una importante expansión gracias a la instalación de nuevas estaciones, entre ellas la Base Vicecomodoro Marambio en 1969 que, con su pista de aterrizaje sobre *permafrost*, permite un continuo puente aéreo intercontinental. Junto a este salto en la logística aérea, la incorporación del Rompehielos *ARA Almirante Irizar* en 1978 significa otro paso de gran relevancia en la logística marítima.

El 31 de diciembre de 1969 fue creada la Dirección Nacional del Antártico (DNA) a través de la ley 18.513. Con el Instituto Antártico Argentino como su brazo científico y bajo dependencia del Ministerio de Defensa, la DNA nació con el fin de programar, planear, coordinar, dirigir y difundir la actividad antártica argentina, a fin de lograr el cumplimiento de los objetivos de la Política Nacional Antártica. Desde 2004 depende del Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto y, junto a la Dirección Nacional de Política Exterior Antártica de ese ministerio, interviene en la gestión e instrumentación de los objetivos de política exterior vinculados a la actividad antártica argentina.

Por su parte, en el ámbito internacional, en 1972 se celebró en Londres la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas, acuerdo internacional que tres años después entró en vigor como parte del Sistema del Tratado Antártico. El mismo posee el objetivo de promover, proteger, estudiar y gestionar de forma razonable los fócidos (elefante marino, leopardo marino, foca de Weddell, foca cangrejera, foca de Ross y el lobo de dos pelos) para mantener su población en un equilibrio satisfactorio en el sistema ecológico de la Antártida. El acuerdo surgió debido a la disminución drástica que habían sufrido las poblaciones de fócidos en la Antártida a raíz de la magnitud de la actividad de foceros en el Siglo XIX. Su antecedente inmediato fueron las medidas convenidas para la protección de la fauna y de la flora en la Antártida, adoptadas por la Reunión Consultiva del Tratado Antártico en 1964.

En diciembre de 1973 Argentina alcanzó otro hito antártico al realizar el primer vuelo transpolar tricontinental con un avión C-130 Hércules de la Fuerza Aérea Argentina, siguiendo la ruta Ciudad de Buenos Aires/Base Marambio/Canberra/Christchurch. Esta hazaña abrió el camino a los vuelos transpolares que la empresa estatal, Aerolíneas Argentinas, realizó desde 1980 a 2014.

Desde los años del gran despliegue antártico de la Argentina a fines de los años '40 y principios de los 50', existieron diversos proyectos nacionales para instalar un poblado en ese continente. El plan más destacado fue el del General Hernán Pujato. Sin embargo, por cuestiones políticas internas, ese plan no pudo ser concretado hasta dos décadas después, en 1977, cuando se materializa el Fortín Sargento Cabral en Base Esperanza inaugurado oficialmente al siguiente

año. En enero de 1978 allí tuvo lugar el primer nacimiento de un ser humano en la Antártida continental: un niño llamado Emilio Marcos Palma al que le seguirían siete nacimientos más en los años siguientes. Las familias asentadas cuentan también con una escuela y una capilla en la que se concretó el primer matrimonio religioso del continente en febrero de 1978.

El 15 de diciembre de 1978, la República Argentina recibió al rompehielos *ARA Almirante Irizar*, construido en 1977 en los Astilleros Wärtsilä en Finlandia, de acuerdo al contrato firmado en diciembre de 1975 con el Director Nacional del Antártico, Jorge Fraga. Este excelente buque capaz de embestir una capa de hielo de hasta seis metros de espesor, participó año tras año de las campañas antárticas abasteciendo a las bases argentinas, así como ocasionalmente a bases de otros países, además de contribuir a la actividad científica y realizar tareas de cooperación internacional y salvamento, como el rescate del buque alemán *Magdalena Oldendorff* en el invierno de 2002. Luego de estar diez años en reparaciones debido a un incendio sufrido el 10 de abril de 2007, el rompehielos se encuentra nuevamente participando de las campañas antárticas, ahora modernizado y con sus laboratorios ampliados.

Nuestros días

En 1991, con el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, comienza en la historia antártica un nuevo periodo en el que la protección del medioambiente se constituye en una prioridad fundamental de las naciones antárticas. La Argentina, conforme a la adhesión a los acuerdos de protección de fauna marina que ha firmado en las décadas anteriores, adhiere al nuevo protocolo y brega por su cumplimiento, expresando así su compromiso medioambiental en la Antártida. En el mismo orden, fiel al espíritu de cooperación internacional del Sistema del Tratado Antártico, el país aumenta y profundiza en las últimas décadas los proyectos de cooperación internacional en ciencia antártica, instalando incluso laboratorios binacionales, como por ejemplo el laboratorio Dallmann. Conforme a la importancia de la misma la Dirección Nacional del Antártico y el Instituto Antártico Argentino pasan a depender del Ministerio de Relaciones Exteriores a partir de 2003.

Otro hecho relevante de los primeros años del Siglo XXI corresponde al establecimiento de la sede de la Secretaría Ejecutiva del Tratado Antártico en Buenos Aires. Luego de un largo proceso de negociaciones diplomáticas, el 7 de septiembre de 2004 se inauguró formalmente en instalaciones provistas por el Estado argentino. La Secretaría surgió debido a la necesidad de crear una estructura administrativa estable para apoyar el trabajo de los foros del Sistema del Tratado Antártico. Para la Argentina, ser la sede de la Secretaría del Tratado Antártico significa no sólo un reconocimiento a su prolongado protagonismo

antártico, sino también un motivo de compromiso y responsabilidad especiales para con el Sistema del Tratado Antártico, su Secretaría Ejecutiva y las Partes Consultivas.

Nuestro país reivindica soberanía sobre el denominado “Sector Antártico Argentino”, cuyos límites corresponden al paralelo 60° Sur y el Polo Sur, y los meridianos 25° y 74° O. Estos dos últimos corresponden a los límites extremos longitudinales de la Argentina: 74° Oeste marca el punto más occidental del límite con Chile (el Cerro Bertrand, Provincia de Santa Cruz) y el meridiano 25° Oeste corresponde a las islas Sándwich del Sur (Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur). La superficie del Sector Antártico Argentino es de aproximadamente 1.461.597 km², de los cuales 965.314 km² corresponden a tierra firme.

Esta reivindicación se sustenta en la contigüidad geográfica y geológica con el territorio argentino, la instalación y ocupación permanente de bases antárticas y el desarrollo de actividad científica por más de un siglo; y la herencia histórica de España, entre otros.

El Sector Antártico Argentino forma parte del territorio de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (Ley 23.775), aunque está sujeto al régimen del Tratado Antártico, firmado en 1959. En aquel momento, siete de los doce signatarios originarios del Tratado, incluida la Argentina, sostenían reclamos de soberanía en distintos sectores de la Antártida.

El Artículo IV del Tratado contiene una salvaguarda de las reivindicaciones de soberanía respecto de la Antártida, así como de sus fundamentos. La Argentina es Parte Consultiva del Tratado Antártico desde su entrada en vigor en 1961. Dentro del Sector Antártico Argentino, nuestro país administra trece estaciones científicas, de las cuales seis son permanentes (operativas todo el año) y el resto, temporarias (operativas sólo en verano).

Por otra parte, es importante destacar la participación argentina en el foro de la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA). La CCRVMA forma parte del Sistema del Tratado Antártico y fue establecida mediante una convención internacional en 1982 con el fin de conservar la fauna y flora marina antártica y en respuesta al creciente interés en la explotación comercial de los recursos derivados del krill antártico, que, como ya se ha desarrollado en el capítulo 6, es un componente clave del ecosistema antártico, y al historial de sobreexplotación de varios otros recursos marinos (<https://www.ccamlr.org/es/organisation/la-organizaci%C3%B3n>). Desde el año 2002, la CCRVMA trabaja en el desarrollo de un sistema de Áreas Marinas Protegidas (AMP) en la Antártida. El objetivo principal de este trabajo es la conservación de la biodiversidad, al tiempo que también contempla un uso racional y responsable de los recursos de la región. Como parte de la

cooperación binacional en la Antártida, la Argentina y Chile han trabajado en conjunto desde el año 2012 en el desarrollo de una propuesta de AMP en la región del oeste de la Península Antártica y el sur del Arco de Scotia.

Junto con el tratamiento de las AMPs de la CCRVMA, consideramos de especial interés retomar contenidos presentados en los capítulos 6 y 8 en relación con la bioecología y con el cambio climático para abordarlos desde la importancia de la conservación, especialmente, atendiendo a las áreas marinas protegidas. En este sentido, se propone trabajar a partir de cartografía temática localizando las áreas marinas protegidas como Namuncurá Banco Burdwood I y Namuncurá Banco Burdwood II y Yaganes (ver Figuras 7.1.3 y 7.1.4) y desarrollando contenidos actualizados sobre los valores y el estado de conservación. De esta manera, se pretende poner en valor el Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SNAMP) a la vez que se acerca a los usuarios del CVA a contenidos vinculados con la vida en el océano, relacionando, una vez más, la Antártida con el territorio provincial.

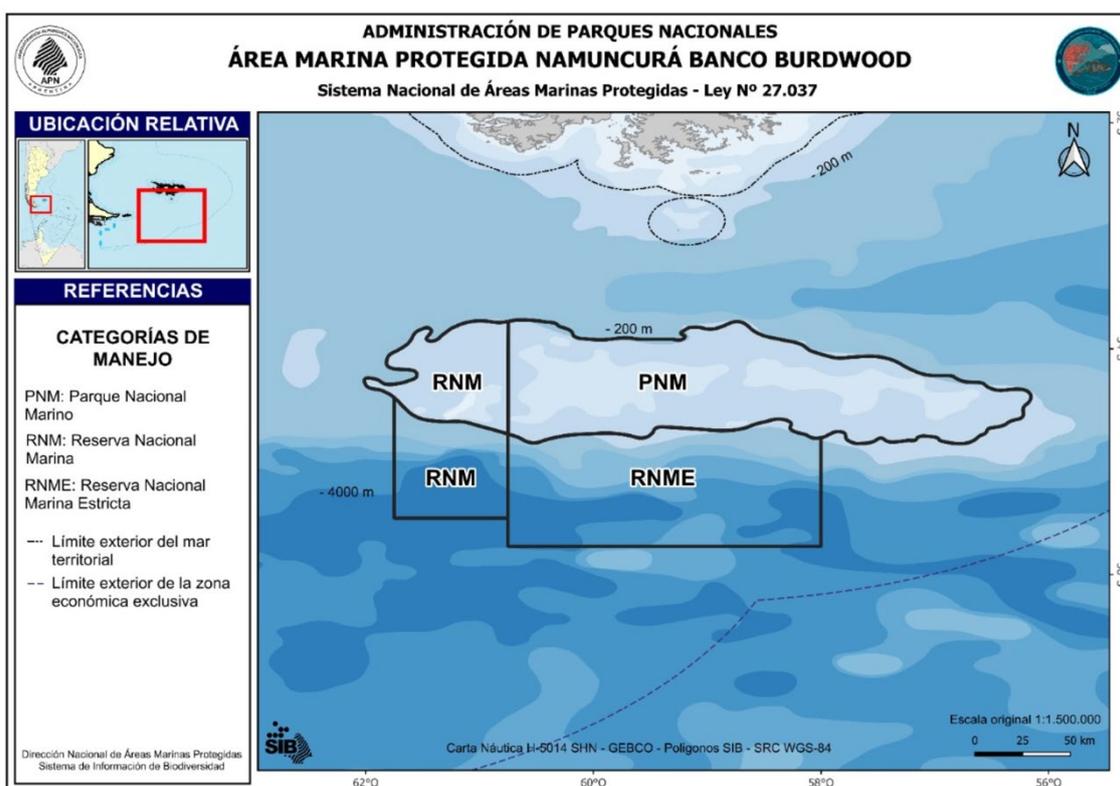


Figura 7.1.3. Área Marina Protegida Namuncurá Banco Burdwood

Fuente:

<https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/parquesnacionales/areasmarinas/namuncura-burdwood>

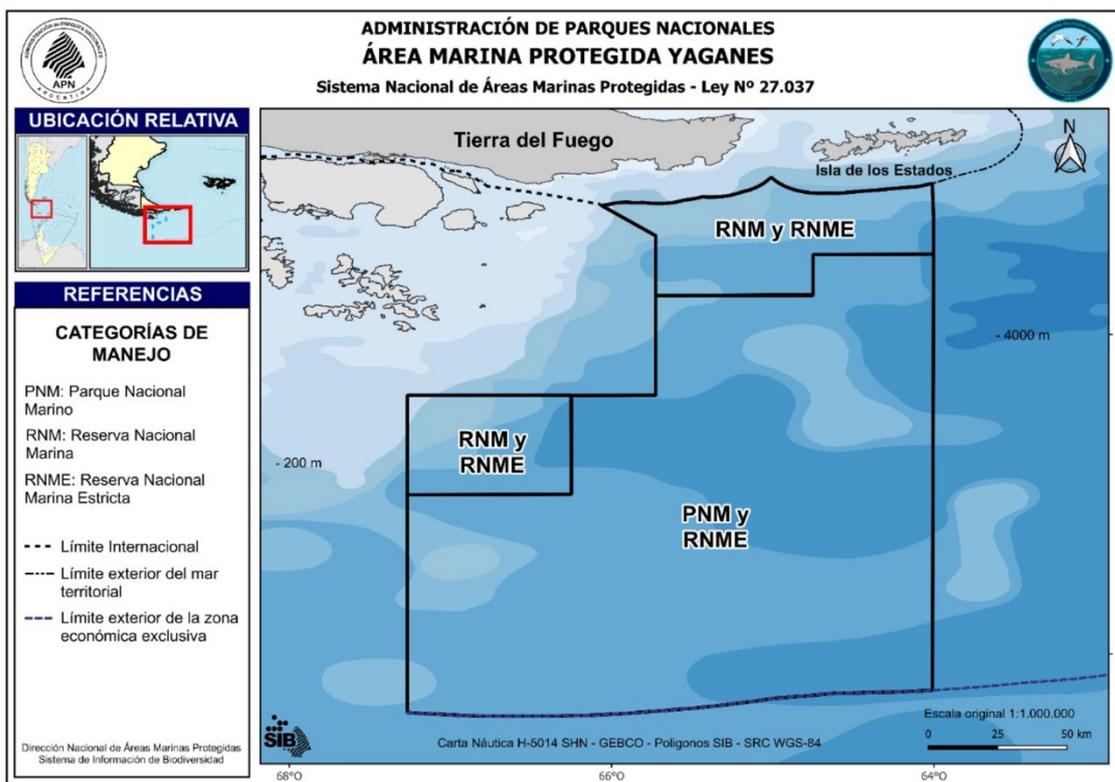


Figura 7.1.4. Área Marina Protegida Yaganes

Fuente:

<https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/parquesnacionales/areasmarinas/yaganes>

Línea de tiempo

A continuación, se presenta una línea de tiempo con los principales sucesos ordenados de manera cronológica. En color celeste se destacan eventos relacionados con Tierra del Fuego.

Siglo XVI

Aparecen las primeras representaciones cartográficas de la Antártida y Tierra del Fuego que van a dar lugar al mito de la *Terra Australis*. Este mito va a continuar con diversas modificaciones en los mapas a medida que se producen nuevos descubrimientos y se generan distintos intereses en la región.

1526

Francisco de Hoces, marino de la expedición de Frey García Jofré de Loayza es arrastrado por un temporal con su carabela *San Lesmes*, hasta los 55°S, señala la existencia de aguas libres al sur de Tierra del Fuego.

1603

El explorador español Gabriel de Castilla, a la orden del virrey de Perú, alcanza los 64° de latitud sur, divisando unas islas que posiblemente eran las Shetland del Sur.

1773

James Cook circunnavegaría la Antártida, aunque no divisaría tierra alguna de ese continente.

1815

Guillermo Brown, marino irlandés al servicio de la emancipación del Río de La Plata, fue arrastrado por un temporal y llega hasta los 65°S afirmando haberse hallado próximo a tierra.

1817-1820

El barco de las Provincias Unidas de Sudamérica caza ballenas y focas en las islas Shetland del Sur

1818

El consulado en Buenos Aires otorgó el permiso a Juan Pedro Aguirre para cazar lobos marinos en la Antártida. Fue uno de los más activos consignatarios de los cueros de focas en el puerto de Buenos Aires en ese tiempo.

1819

Varios descubrimientos oficiales tuvieron lugar en 1819, tales como el del foguero inglés William Smith a bordo del *Williams*, quién también alcanzó las Shetland del Sur.

El buque porteño *Espíritu Santo* navega de Malvinas a Decepción a la caza de focas.

1820

Dos expediciones, una rusa al mando de Fabian Gottlieb von Bellingshausen y otra estadounidense al mando de Nathaniel Palmer, realizaron los mayores descubrimientos antárticos de la época.

1837-1843

Se llevaron adelante una serie de expediciones impulsadas por las sociedades científicas que propiciaban el conocimiento de la naturaleza antártica. En este marco se desarrollaron las expediciones de Dumont D'Urville (Francia, 1837-

1840), Charles Wilkes (Estados Unidos de Norteamérica, 1839-1841) y James Clark Ross (Reino Unido, 1840-1843).

1847-1852

Luis Piedra Buena, por invitación del norteamericano Horton Smiley realiza varias temporadas de pesca y de caza de focas en la Antártida.

1867

Luis Piedra Buena con sus embarcaciones propias, *Espora* y *Julia*, caza focas alcanzando la isla Adelaida, a los 67° S.

1870

Ushuaia figura en las cartas de navegación como refugio para náufragos.

1881

El Instituto Geográfico Argentino patrocina la Expedición Austral del marino italiano Giacomo Bove que preveía una etapa antártica, que no llegó a concretarse.

1881

Tercer Conferencia Internacional Polar en San Petersburgo que da origen al Primer año Polar Internacional.

1882-1883

Año Polar Internacional

1882

Expedición Austral Argentina al mando de Giacomo Bove junto con el Capitán Piedra Buena y los doctores Decio Vinciguerra, Carlos Spegazzini y Domingo Lovisato. Recorren el sur de Patagonia y Tierra del Fuego.

1883

Eugeni Bachmann, profesor de la Universidad de Córdoba, propuso una expedición para instalar bases en la Antártida, pero no se obtuvieron los recursos necesarios.

1884

Cuarta Conferencia Internacional Polar en Viena.

La División Expedicionaria al Atlántico Sur, a cargo de Augusto Lasserre establece la Subprefectura Marítima en el puerto de San Juan, Isla de los Estados. Meses más tarde, el 12 de octubre inaugura la Subprefectura de Ushuaia.

1889

Se dispuso que el pontón *Tiempo* fuera destinado para depósito flotante de carbón, víveres y artículos navales mediante el Decreto 3617/1889 en Bahía Lapataia. De esta manera, se convierte en un importante punto de aprovisionamiento para las expediciones a la Antártida.

1891

Quinta Conferencia Polar Internacional en Múnich.

1892

El pionero patagónico Julio Popper solicitó autorización al Ministerio del Interior para instalar una factoría ballenera y foquera en la Antártida, no se concretó por su fallecimiento.

1895

VI Congreso Internacional de Geografía que tuvo lugar en Londres donde se señala la exploración de la Antártida como punto de mayor importancia para desarrollar, recomendando a las asociaciones científicas participantes iniciar esta tarea.

1897

La expedición belga de Adrien de Gerlache de Gomery -1897/1899-, a bordo del buque *Bélgica*, contaba con la presencia del médico norteamericano Frederick Cook quien escribió un detallado relato de todo el viaje, incluyendo el paso por el Estrecho de Magallanes, Canal Beagle y Cabo de Hornos en el derrotero hacia la Antártida.

1899

En la ciudad de Berlín se desarrolla el VII Congreso Internacional de Geografía donde se manifestó la importancia de realizar expediciones para el estudio científico de la Antártida, solicitando la cooperación del gobierno argentino para la instalación de un observatorio magnético y meteorológico.

1901

Instalación del observatorio magnético y meteorológico en la Isla Observatorio en el archipiélago de las Islas Año Nuevo, próximo a la Isla de los Estados. De esta manera, Argentina coopera con las exploraciones científicas que tienen lugar luego de los dos Congresos Internacionales de Geografía, en el marco de la denominada “era heroica”.

1901-1903

El 21 de diciembre parte del puerto de Buenos Aires la expedición sueca del Dr. Otto Nordenskjöld, a bordo del *Antarctic*, comandado por el capitán Carl Anton Larsen, José María Sobral de la Armada Argentina formaba parte de la expedición. Sobral se transformó así en el primer argentino que llegó a la Antártida en carácter oficial como representante del Estado nacional inverna en la Antártida, por dos años consecutivos, periodo en el que cumplió sus tareas técnicas científicas a través de observaciones en meteorología, geodesia y geomagnetismo.

El profesor Erich von Drygalski, con apoyo parcial del gobierno alemán dirigió observaciones en la Antártida.

1902

Organizada por Sociedad Real de Geografía de Escocia con el buque *Scotia*, William Speirs Bruce comandó la expedición Antártica Nacional Escocesa. Inverna en la isla Laurie por la importante presencia de hielo marino.

1903

Ante la ausencia de noticias de la Expedición Antártica Sueca del Dr. Otto Nordenskjöld el Estado argentino emprendió los preparativos para una operación de rescate. La misma fue lograda con éxito por la corbeta argentina *ARA Uruguay*, bajo el mando del teniente de navío Julián Irizar.

1903-1905

En el año 1903 comienza otra expedición, en este caso francesa, a cargo del Dr. Jean Baptiste Charcot (1903-1905), a bordo del buque *Français*.

1904

El 22 de febrero de 1904 la República Argentina toma posesión del Observatorio Meteorológico en las Islas Orcadas del Sur y se establece así la presencia permanente de la Argentina en la Antártida, hasta hoy la presencia más antigua en forma ininterrumpida. Por este motivo cada 22 de febrero se celebra el día de la Antártida Argentina.

El rescate de la Expedición Antártica Sueca realizado por la corbeta *ARA Uruguay* tuvo también como consecuencia la fundación de la primera empresa ballenera austral: la Compañía Argentina de Pesca (CAP), en Grytviken, isla San Pedro, Georgias del Sur.

1905

Instalación del observatorio meteorológico y magnético argentino en Grytviken, funcionó hasta 1950 informando a los barcos de la CAP, muchos de los cuales participaron de numerosas campañas antárticas argentinas brindando apoyo y relevando dotaciones.

Charcot vende su goleta *Français* al Estado argentino que la renombra *Austral* y a fines de ese año realiza el relevo del observatorio de las islas Orcadas del Sur.

1906

Argentina designa un comisario para las islas Orcadas, Rankin Angus, y otro para la isla Wandel, Guillermo Bee.

1908

Mediante la Ley N° 5614 se determina la cooperación argentina con la Expedición Antártica del Dr. Charcot.

1911

La expedición Polar Noruega liderada por Roald Amundsen alcanza el Polo Sur Geográfico. Esta expedición recibió una importante ayuda económica de Pedro Christophersen, diplomático argentino-noruego, esposo de la hija del presidente Torcuato de Alvear.

1914-1918

Primera guerra mundial

1923

Entre los años 1923 y 1933 el Estado argentino emprende una serie de expediciones científicas subantárticas. Los científicos más destacados en la tarea han sido el malacólogo Alberto Carcelles acompañado del ictiólogo Aurelio Pozzi, ambos miembros del Museo Argentino de Ciencias Naturales (MACN).

1925

Comunicación oficial argentina a la Unión Postal Universal sobre la instalación de una estación radioeléctrica inalámbrica en las islas Orcadas del Sur.

1927

Se establece contacto radial con la estación de Ushuaia, la primera comunicación entre la Argentina americana y la Antártida, desde las Islas Orcadas del Sur.

1928

El 23 de junio de 1928 se estrena en los cines de la ciudad de Buenos Aires el documental *Entre los hielos de las Islas Orcadas* rodado por José Manuel Moneta en las Islas Orcadas del Sur el año anterior.

1929

El almirante Byrd sobrevuela el Polo Sur geográfico por primera vez.

1932-1933

Segundo Año Polar Internacional

1937

Ampliación del muelle de la gobernación de Tierra del Fuego que, hasta este entonces, ocupó un rol importante al brindar distintos servicios a los buques en general y en especial a aquellos que continuaban en su derrotero antártico.

Primera Conferencia Ballenera Internacional reunida en Londres.

1939

Se estableció una comisión antártica provisional para participar en la Conferencia Polar Internacional que tendría lugar en Noruega en 1940. Entre sus tareas debía organizar exploraciones antárticas y elaborar un plan de acción que incluyera estudios oceanográficos, meteorológicos y de pesca.

1939-1945

Segunda guerra mundial.

1940

Se crea la Comisión Nacional Antártica. Esta institución organizó las actividades antárticas argentinas, constituyó un antecedente a la Dirección Nacional del Antártico.

El Instituto Geográfico Militar publica el mapa de la Argentina en el cual incluía el “Sector Antártico” sobre el que la República Argentina mantiene derechos.

El gobierno de Noruega organizó la Conferencia Internacional Polar en Bergen, por el comienzo de la Segunda Guerra Mundial no pudo realizarse.

1940-1955

Comienza el periodo de mayor expansión y presencia. Argentina instala ocho estaciones y veintiocho refugios.

El General Hernán Pujato elabora un Plan Antártico que incluía: presencia efectiva en la Antártida, creación de un organismo específico de ciencia, fundación de un poblado, compra de un rompehielos y alcanzar el Polo Sur. Su gestión fue fundamental en el desarrollo antártico de Argentina.

1942

Acta de reafirmación de los derechos soberanos argentinos en la isla Melchior, expedición del capitán Oddera.

1943

Creación de la Gobernación Marítima de Tierra del Fuego, dependiente del Ministerio de Marina.

1946

Primera edición del mapa de la zona austral por el Instituto Geográfico Militar.

1947-1991

Período de la denominada Guerra fría.

1947

Fundación base Melchior.

Emisión de sellos postales extraordinarios, alusivos al primer correo antártico.

1948

Fundación de la base Decepción.

Por decreto N° 9905/48 se incluyó en la jurisdicción de la autoridad del gobernador marítimo del Territorio Nacional de la Tierra del Fuego, el sector Antártico Argentino y las islas del Atlántico Sur.

Creación de oficinas de correos en los destacamentos navales Decepción y Melchior.

1951

El 17 de abril de 1951 se crea el Instituto Antártico Argentino (IAA), primera institución científica en el mundo dedicada exclusivamente al estudio de la Antártida.

1954

El 8 de diciembre de 1954, el flamante buque *ARA General San Martín* inicia su actividad antártica, logra la primera penetración del Mar de Weddell y la instalación de la Base Gral. Belgrano sobre la barrera de hielos Filchner.

1955

Tierra del Fuego se integra a Santa Cruz formando la Provincia Patagónica.

1957-1958

Treinta mil científicos de 66 países participan del Año Geofísico Internacional que tuvo como eje principal el continente antártico, en donde sólo actuaron 12 países, entre ellos la Argentina. El AGI constituyó el prelude del Tratado Antártico.

1957

Tierra del Fuego es declarada Territorio Nacional mediante el Decreto 2191/57, adquiriendo la denominación Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.

1958

El primer crucero turístico llega a la Antártida, organizado por el Estado argentino.

En una actividad de apoyo sanitario hacia la Antártida, el remolcador *ARA Guaraní* naufraga durante una tormenta al sur de la bahía Aguirre.

Se crea el Comité Científico para la investigación en la Antártida, SCAR por sus siglas en inglés (Scientific Committee on Antarctic Research). Es una organización no gubernamental conformada por científicos con el fin de promover, desarrollar y coordinar la investigación científica internacional en la Antártida. El SCAR brinda asesoramiento científico a las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico.

1959

Firma del Tratado Antártico que entra en vigor en 1961, con base en los principios de paz, libertad de investigación científica y cooperación internacional.

1960

Se crea el Parque Nacional Tierra del Fuego a través de la Ley 15.554.

1961

El presidente Dr. Arturo Frondizi arribó el Destacamento Naval de la Isla Decepción transformándose así en el primer presidente argentino en visitar aquel territorio.

1962

Expedición exploratoria invernal entre Base Esperanza y Base San Martín a cargo de Gustavo Giró Tapper, vecino de Ushuaia. Esta expedición formó parte de la Operación 90° que en 1965 llegó al Polo Sur bajo el mando de Jorge Edgar Leal.

1965

El vicecomodoro Mario Luis Olezza, aterrizó en el Polo Sur el 3 de noviembre de 1965 con dos monomotores DHC-2 Beaver y un bimotor C-47.

El 10 de diciembre de 1965 el Ejército Argentino logra alcanzar el Polo Sur Geográfico con una expedición terrestre conocida como Operación 90° comandada por el entonces Coronel de Caballería Jorge Edgard Leal.

1968

La profesora Irene Bernasconi, especialista en equinodermos, María Adela Caría: bacterióloga y miembro del CONICET, Elena Martínez Fontes, jefa de la Sección invertebrados Marinos del MACN y la Licenciada Carmen Pujals, reconocida ficóloga fueron las primeras científicas mujeres en desarrollar su trabajo en la Antártida.

1969

Se inaugura la primera pista de aterrizaje de tierra en la isla Marambio, convirtiéndose en un centro de logística fundamental del Programa Antártico Argentino.

1970

Se crea la Dirección Nacional del Antártico con el fin de programar, planear, coordinar, dirigir y difundir la actividad antártica argentina.

1972

Se celebra la Convención para la Protección de Focas Antárticas en Londres, acuerdo internacional que tres años después entró en vigor como parte del Sistema del Tratado Antártico.

1973

Vuelo transpolar tricontinental de la Fuerza Aérea Argentina

1978

Argentina incorpora el rompehielos ARA Almirante Irizar.

1980

Se firma la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos en Canberra. Argentina es parte de la CCRVMA.

1990-1991

La Ley nacional N° 23775 (1990) establece la provincialización del Territorio Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur y la Ley Nacional N° 26552 (2009) incluye dentro de la jurisdicción provincial las Islas del Atlántico Sur y los territorios situados en la Antártida argentina.

1991

Se firma el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, entra en vigor en 1998. Argentina participa activamente en su elaboración y se encuentra entre los primeros que lo firmaron, reafirmando su compromiso medioambiental con la Antártida.

1994

A partir de un convenio de cooperación con el Instituto Alfred Wegener (AWI) de Alemania, se inaugura el laboratorio argentino-alemán "Dallman" en la Base Carlini (ex Jubany), ejemplo de cooperación internacional.

1995

Inauguración de la actual pista de aterrizaje que cuenta con una mayor longitud de la que se utilizaba anteriormente y con una nueva dirección que favorece las operaciones de despegue y aterrizaje en el Aeropuerto Internacional Malvinas Argentinas. La terminal de pasajeros fue concluida en 1997.

1999

Ampliación del muelle comercial del puerto de Ushuaia, permitiendo contar con mayor cantidad de sitios de amarre.

2004

Argentina es sede de la Secretaría del Tratado Antártico, significando el reconocimiento a su prolongado protagonismo antártico y como compromiso y responsabilidad para con el Sistema del Tratado Antártico.

2009

Creación de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego sobre la base de la sede Ushuaia de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. La UNTDF es una de las instituciones que desarrolla actividades educativas y de investigación sobre la Antártida.

2013

El Decreto Nacional 2250/2013 crea la Secretaría de asuntos relativos a las Islas Malvinas, Georgias del Sur, Sandwich del Sur y los espacios marítimos circundantes dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto.

2015

La provincia de Tierra del Fuego crea la Secretaría de Asuntos Relativos a la Antártida, Islas Malvinas y del Atlántico Sur y sus Espacios Marítimos Circundantes que, a partir del 17 de diciembre de **2019** se denominará como Secretaría de Malvinas, Antártida, Islas del Atlántico Sur y Asuntos Internacionales.

2021

En la Universidad Nacional de Tierra del Fuego Antártida e Islas del Atlántico Sur comienza el dictado de la Maestría en Estudios Antárticos.

2023

Nueva ampliación del muelle comercial del puerto de Ushuaia.

7.1.4 Actualidad científica

El Instituto Antártico Argentino (IAA) es un organismo científico tecnológico, orientado bajo normas políticas del Estado nacional. Es integrante

activo del sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Como ya se señaló, fue creado el 17 de abril de 1951 por el Decreto del Poder Ejecutivo Nacional N° 7338. Depende de la Dirección Nacional del Antártico, que se encuentra bajo la órbita de la Secretaría de Malvinas, Antártida, Política Oceánica y Atlántico Sur. Si bien se trata del organismo encargado de “definir, desarrollar, dirigir, controlar, coordinar y difundir la actividad científico-tecnológica argentina en la Antártida”⁴, la Dirección Nacional del Antártico mantiene convenios de cooperación con organismos nacionales de ciencia y tecnología, incluido el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y con universidades nacionales, cuyos investigadores desarrollan proyectos científicos. La Universidad Nacional de Tierra del Fuego constituye un ejemplo que, con investigadores de diversas áreas, junto al IAA, han participado del trabajo científico de campo y en investigación, así como en la difusión y puesta en valor del patrimonio histórico antártico argentino.

Actualmente el Instituto Antártico Argentino (IAA) es integrante activo del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Su labor es valorada por su compromiso con la cooperación científica internacional, la protección del medio ambiente y el mantenimiento de la paz en el continente -pilares fundamentales del Tratado Antártico- y está al servicio de los intereses de la Argentina. El IAA posee una planta de más de cien agentes, integrada por científicos, técnicos y administrativos, de los cuales más de la mitad son investigadores que desarrollan proyectos de investigación en la Antártida. Entre el amplio espectro de disciplinas científicas que abarcan las actividades del IAA se destacan como prioritarias aquellas que estudian: 1) las conexiones entre Antártida y el territorio sudamericano argentino, 2) los efectos del cambio climático y 3) la conservación de los recursos vivos de los mares australes y 4) las vinculadas a las posibles aplicaciones biotecnológicas derivadas del estudio de organismos antárticos.

La inclusión de las ciencias sociales a los estudios en el continente antártico es innovadora y reciente. En el año 2020 se crea una nueva área en el Instituto Antártico Argentino, denominada Área de Ciencias Sociales, Comunicación y Difusión desde donde se realizan actividades de investigación y de divulgación.

Junto con la historia, la sociología y la comunicación social, se está documentando la práctica humana en la Antártida.

Se estableció cooperación con instituciones científicas y académicas suecas para la puesta en valor del patrimonio antártico conjunto. En el marco de ese proyecto se destacan los trabajos de conservación en torno al Refugio Suecia (SMH38), que implicó el relevamiento del mismo con tecnología láser 3D y drones, así como la instalación de sensores a distintas profundidades en el

⁴ <https://www.cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/instituto-antartico-argentino>

permafrost y el interior de la cabaña. Se instaló también una estación meteorológica automática que, además de contribuir a una mejor conservación del Monumento Histórico, permitirá obtener mediciones de parámetros meteorológicos de la zona. La comparación de los datos obtenidos con aquellos tomados casi 120 años antes, aportarán información valiosa a los estudios sobre cambio climático.

Asimismo, otra línea de trabajo lleva adelante el rescate integral del cine antártico argentino, en conjunto con el Museo del Cine Pablo Ducrós Hicken.

En colaboración con el Museo Naval de la Nación se está trabajando en tareas de conservación de la Casa Moneta (SMH42). Además, se está desarrollando el armado del archivo de fotografía digital.

Una línea de investigación aborda la construcción del espacio antártico y del Atlántico Sur a través de la memoria antártica argentina, entre el Instituto Antártico Argentino y en colaboración con la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Universidad Nacional de Rosario, CONICET, Universidad Nacional de La Plata y Universidad Nacional de San Juan. Desde este proyecto se está generando un archivo de historia oral a través de entrevistas que buscan recabar los relatos e historias de vida de quienes, por diversas razones, participaron intensamente en la centenaria actividad antártica argentina. Este archivo tiene como objetivo rescatar la memoria, potenciar la historia de la Argentina antártica y poner a disposición de la ciencia social interesada, los relatos y testimonios que contienen información hasta hoy desconocida para el mundo académico y el público en general.

Por otra parte, existe una línea que investigadores de CONICET han consolidado, desde hace años trabajan sobre arqueología en la Antártida en relación con la actividad de loberos y balleneros. Otros investigadores desarrollan trabajos en relación con las ciencias políticas y relaciones internacionales sobre distintos aspectos de la política antártica.

7.1.5 Consideraciones generales

Entendiendo la importancia que revisten los hechos históricos y políticos en la construcción de un relato que permita realzar los acontecimientos donde nuestro país tuvo un gran protagonismo en relación con la Antártida, se recomienda la utilización de la línea de tiempo como forma sintética de presentar los sucesos más destacados.

Por otra parte, sería de gran interés trabajar con distintos documentos que pueden reproducirse para su conocimiento por el público en general, tales como manuscritos, decretos, ilustraciones, etc. Es importante destacar que se cuenta

con material relevante en resguardo en el Instituto Antártico Argentino como así también, en el Centro de Documentación Antártica de la UNTDF.

Utilizar relatos de diferentes exploradores de momentos pretéritos, así como también de investigadores que realizan sus tareas en la actualidad, permitirían dotar de un contenido de sumo valor narrado en primera persona.

Asimismo, la recuperación de las representaciones cartográficas daría al CVA un valor agregado sobre imaginarios, muchas veces con contenido fantástico, sobre la vinculación de Tierra del Fuego y la Antártida.

Referencias bibliográficas y fuentes

- Amundsen, R. (1912). *The South Pole. Complete and unabridged with illustrations, charts, maps and appendices*. Pantianos Classics.
- Brusasca, J. J. (2023). *Antartandes. Primera expedición invernal antártica (1962)*. Editorial Autores de Argentina.
- Capdevila, R. (2001). *Antártida. Más allá del fin del mundo*. Zagier y Urruty Publications.
- Capdevila, R. y Comerci, S. (2013). *Los tiempos de la Antártida. Historia antártica argentina*. Editora Cultural de Tierra del Fuego.
- CARI (2005). *La Argentina en la Antártida. 100 años de presencia permanente e ininterrumpida*. Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales.
- Charcot, J. B. (1908). *Expédition Antarctique Française (1903-1905). Journal de l'Expedition*. París: Masson et Cle.
- Colacrai, M. (2012). *Continuidades y cambios en la política antártica argentina. 1959-2001*. Editorial Académica Española.
- Colacrai, M. (2021). La negociación y puesta en marcha del Tratado Antártico. Contexto internacional y percepciones políticas en el escenario doméstico de la Argentina. En: M. Colacrai (Coord.). *La Argentina en la Antártida a sesenta años de vigencia del Tratado Antártico* (pp. 43-58). Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales.
- Cook, F. A. (1900). *Through the first Antarctic night, 1898-1899. A narrative of the voyage of the Belgica among newly discovered lands and over an unknown sea about the South Pole*. London: William Heinemann.
- de Lasa, L. y Luiz, M. T. (2015). Genealogía de una identidad territorial. La conformación de una región marítima e insular en el extremo austral. *Sociedad Fueguina*, Nº 5, p. 5-30.
- de Lasa, L. (2018). *De la Terra Australis a la Antártida*. Ediciones UNTDF.
- Dumont D'Urville, M. J. (1841). *Voyage au Pole Sud et dans L'Océanie sur les corvettes L'Astrolabe et la Zélée*. Paris: Gide.

- Fine, O. (1531) *Noua, Et Integra Uniuersi Orbis Descriptio*. [Paris?: Orontius Fineus] [Map]. Library of Congress, <https://www.loc.gov/item/2005630228/>.
- Fontana, P. G. (2014). *La pugna antártica. El conflicto por el sexto continente 1939-1959*. Guazuvirá Ediciones.
- Fontana, P. G. (2021). Orcadas: cimiento de la Argentina antártica. En M. Colacrai (Coord.). *La Argentina en la Antártida a sesenta años de vigencia del Tratado Antártico* (pp. 27-41). Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales.
- Genest, E. (2001). *Antártida Sudamericana. Aportes para su comprensión*. Dirección Nacional del Antártico.
- Guyer, R. E. (2006). Circunstancias que llevaron a la negociación y adopción del Tratado Antártico en 1959. En A. D. Abruza (Coord.). *A cien años de la presencia permanente e ininterrumpida de la Argentina en la Antártida* (pp. 36-40). Legislatura de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur y Asociación Argentina de Derecho Internacional.
- Moneta, J. M. (1954). *Cuatro años en las Orcadas del Sur*. Peuser.
- Nordenskjöld, O. & Andersson, J. G. (1905). *Two years among the ice of the South Pole*. Londres: Hurst and Blackett Ltd.
- Ortelius, A. (1579) *Typvs Orbis Terrarvm*. [Antwerp: Abraham Ortelius] [Map] Library of Congress, <https://www.loc.gov/item/2017585795/>.
- Quevedo Paiva, A. E. (2012). *Historia de la Antártida*. Ediciones Argentinidad.
- Sobral, J. M. (1904). *Dos años entre los hielos 1901-1903*. Tragant y Cia.

Anexos

Los siguientes sitios web proveen fuentes de información valiosa para su consideración:

Archivo Histórico de Fotografía del Instituto Antártico Argentino:

<https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/historia-y-patrimonio/catalogo-digital-del-archivo-historico-fotografico-del-iaa>

Archivo de publicaciones. Boletines y Revistas del Instituto Antártico Argentino:

<https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/historia-y-patrimonio/archivo-de-publicaciones>

Atlas digital de la Antártida Argentina IGN:

<https://anida.ign.gob.ar>

Canal de Youtube del IAA:

<https://www.youtube.com/@InstitutoAntarticoArgentino/videos>

Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR)

www.scar.org

Library of Congress. Geography and Map Division:

<https://blogs.loc.gov/maps/category/geography-and-map-division/>

Página Web de la DNA-IAA:

<https://www.cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna>

Página Web de la Secretaría del Tratado Antártico:

https://www.ats.aq/index_s.html

Perfil de Instagram del Instituto Antártico Argentino:

https://www.instagram.com/instituto_antartico_argentino/?hl=es

7.2 Aspectos sociales

7.2.1 Introducción

En el marco del capítulo de Ciencias Sociales y Humanidades, particularmente en este acápite, se desarrolla, por un lado, la génesis de las instalaciones argentinas en la Antártida, en virtud de constituir el espacio para la investigación científica como actividad gubernamental. Por otro lado, se presenta el turismo antártico en tanto es una actividad no gubernamental que se lleva adelante en el Área del Tratado Antártico. Para ambas actividades, Ushuaia constituye una puerta de entrada que contribuye con las operaciones necesarias para acceder al continente más remoto y aislado.

Para el primer caso, en principio se brinda el contexto para su creación, luego se listan las instalaciones argentinas en la Antártida y se sintetizan las principales características de las bases permanentes y temporarias. Las fuentes consultadas corresponden a los boletines y revistas del Instituto Antártico Argentino, los trabajos de Fontana (2014, 2018), Pierrou (1970) y las páginas oficiales responsables de cada instalación⁵.

Para el segundo caso, se presenta una síntesis de la evolución del turismo antártico, desde el inicio de la actividad hasta la actualidad, caracterizando distintos periodos. Se presta especial atención a su desarrollo a través de Ushuaia como puerta de entrada del turismo marítimo. En este sentido, el relato elaborado se ha realizado sobre la base de los trabajos del equipo de investigación en turismo antártico de la UNTDF (Vereda, 2008; Jensen y Vereda, 2016; Vereda, 2016; Morgavi et al., 2020; Vereda et al., 2019; Vereda y Jensen, 2019; Cohen et al., 2022; Vereda y Jensen, 2022). Asimismo, se utilizaron distintas fuentes primarias como el Libro de Registros de Entradas y Salidas de Buques en el Puerto de Ushuaia 1949-2000 y 2001-2023 y a los despachos⁶ de entrada y salida de buques, ambas fuentes de la Prefectura Naval Argentina, además de diferentes consultas bibliográficas⁷ y a informantes clave. Para el relevamiento de datos históricos se consultaron diferentes documentos (De Soiza Reilly, 1933; Jutronich, 1958; Diario La Nación, 1966; Leatherbee, 1967;

⁵<https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/antartida-argentina/bases>;
<https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/antartida-argentina/campamentos>;
<https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/antartida-argentina/laboratorios-antarticos-multidisciplinarios>;
<https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/antartida-argentina/logistica-y-medios-de-transporte>;
<https://oavv.segemar.gob.ar/monitoreo-volcanico/isla-decepcion/>

⁶ Se trata de la declaración de entrada y salida de buques provista por el responsable de la embarcación.

⁷ Capdevila, R. y Comerci, S (2013); Headland, R. K. (1994); Nascimbene de Dumont (1992); Palazzi (2005). Pierrou (1981); Reich (1980).

Reich, 1980; Headland, 1994; entre otros) como así también se cuenta con el aporte de entrevistas en profundidad realizadas en el marco de proyectos de investigación.

7.2.2 Relevamiento y sistematización de documentos

Autor/es	Tema	Punto focal
Bellofatto, B. (2018). Arte en La Antártida. <i>La Lupa</i> N° 13, p.61. M&A Diseño y Comunicación S.R.L.	Expresiones artísticas	Relata su trabajo artístico en el marco del programa Arte en la Antártida llevado a cabo por la DNA entre 2005 y 2015. Esta experiencia se denominó Lazo Expiatorio, se trató de una actividad cuyo formato participativo interactuaba con el personal destacado en la base Esperanza y en contacto directo con la naturaleza, reafirmando el concepto de Antártida como continente de paz.
Benavente, J. C. (2018). Uniendo radios, uniendo voces: experiencias desde Formosa a la Antártida. <i>Divulgatio. Perfiles académicos de posgrado</i> , 3 (7), 167-181. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2804		A partir del uso de la radiocomunicación se relata la experiencia realizada en diversos puntos del país incluyendo a las bases antárticas, llevando adelante talleres radiales para uso pedagógico y expresiones creativas en contextos remotos.
Fontana P. y Levinson, A. (2022). Tras las huellas fílmicas de la Antártida: el proyecto de rescate integral del cine antártico argentino. <i>Asuntos Antárticos</i> , Vol. IX: 27-33.		Se realiza un breve recorrido por los títulos más destacados de la cinematografía antártica. Cada film resulta de un valor incalculable, porque las imágenes encapsuladas en cada fotograma conforman una parte fundamental de la memoria antártica y el trabajo de su puesta en valor consiste, en un sentido muy básico, en darlas a ver.
González, A. (2013). Antártida es Artes. Arte en cruce en territorio extremo. Cruce antártico. <i>Tercer Congreso Internacional Artes en Cruce. Facultad de Filosofía y Letras</i> . UBA.		Este trabajo intentará demostrar que, en la memoria del porvenir antártico, el arte contemporáneo tiene y tendrá una presencia protagónica e imprescindible en la “transmodernidad”. Destacando la contundencia del arte en cruce en los proyectos artísticos que se desarrollan en la Antártida. Este es un trabajo donde la directriz investigativa apunta hacia el cruce geográfico, temporal y artístico, que permite el desarrollo de obras en cruce, en territorio Antártico.
Levinson, A. (2011). Cine en el país del viento. La Patagonia en el cine durante la década del veinte. <i>XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia</i>		A través de fuentes secundarias se revelan una veintena de fílmicos estrenados en Buenos Aires cuyo tema es la Patagonia. Entre mediados de la década de 1910 y fines de la década de 1930 hubo un pequeño auge de

Autor/es	Tema	Punto focal
de la Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca.		películas sobre la región estimulando el interés por la Patagonia.
Nuviala, M. V. y Nuviala, M. V. (2019). <i>Vers d'autres architectures</i> . Ensayo sobre la arquitectura en Antártida. XXXIII Jornadas de Investigación y XV Encuentro Regional SI+ Imágenes. Prácticas de investigación y cultura visual. FADU - UBA		La consolidación del proceso de exploración y ocupación del territorio antártico en torno a la actividad científica y comercial se tradujo durante el siglo XX y XXI en un notable crecimiento del acervo arquitectónico en Antártida, el cual se ha diversificado en materialidades, técnicas constructivas y proyectuales, morfologías, implantaciones y muchos otros aspectos. Se explora el desarrollo arquitectónico en el continente antártico, con la intención de seguir las diversas trayectorias que ha tomado la modernidad arquitectónica a lo largo del siglo XX y lo que llevamos del XXI.
Belinco, M. G. (2018). Las bases antárticas como Instituciones Totales: el encierro como indicador. <i>Revista Argentina de Sociología</i> , 14 (23), 20-38.	Cotidianidad en la Antártida	Se comparan bases antárticas argentinas con lo que Erving Goffman llamó Instituciones Totales, con el objeto de pensar cómo procesos disímiles adquieren formas similares. Se hace hincapié en la tensión entre el interior y el exterior de estos lugares, aspecto que se enriqueció con las nociones de información y comunicación desarrolladas por Gilbert Simondon. Sobre la revisión de observaciones y entrevistas hechas en las bases Marambio y Carlini, se buscaron expresiones de los conceptos trabajados. El análisis de los casos sugiere que el encierro es un indicador de que existe un proceso de comunicación de escaso desarrollo entre los sistemas intervinientes.
Fontana, P. y Vereda, M. (Dir.) (2021). PICTO 2021 - <i>La construcción del espacio antártico y del Atlántico Sur a través de la memoria antártica argentina</i> . Proyecto iniciado en al 2022, en curso.		La Antártida Argentina constituye un espacio del territorio nacional con características específicas que fundamentan el estudio de su construcción en la memoria de forma conjunta. Este proyecto se centra en los/as argentinos/as que hayan realizado una residencia en el espacio antártico y subantártico nacional. Desde la Historia Oral se indaga en las representaciones que estos sujetos desarrollaron sobre el espacio antártico.
González Zevallos, D. R. (2013). <i>Desde la filosofía antártica: Campaña Antártica de Verano 2010-2011</i> . González Zevallos, D. R.		Biólogo especializado en aves marinas quien al mismo tiempo que realizaba su labor científica, decidió redactar el día a día y plasmarlo en esta publicación, impulsado e inspirado por la combinación de factores especiales del imponente entorno antártico como las

Autor/es	Tema	Punto focal
		particulares condiciones climáticas, la maravillosa fauna marina, la enriquecedora convivencia en la base, la pasión por la fotografía, la navegación en estas latitudes, la contemplación y el riesgo asociado en cada salida de campo.
Cohen, C.; Morgavi, M. y Vereda, M. (2022). Ciencia y turismo: Construyendo territorialidad. Representaciones sociales y prensa escrita. <i>Boletín Geográfico</i> , 44 (1), 83–101.	Turismo Antártico	Ushuaia y Punta Arenas se posicionan como dos de las cinco puertas de entrada a la Antártida, debido a su ubicación y funcionalidad, desempeñando un rol fundamental al tener la capacidad de brindar distintos servicios necesarios para que las actividades gubernamentales y no gubernamentales se puedan desarrollar en la Antártida. Desde esta mirada, se analizó el lugar que ocupa la ciencia y el turismo como estrategia en la construcción de la territorialidad para las ciudades puerta de entrada a la Antártida, Ushuaia y Punta Arenas, a través del análisis de contenido de documentos de los medios de comunicación masiva correspondientes al género periodístico (nacional y provincial).
Hall, M. (2015). <i>Polar gateways: Approaches, issues and review. The Polar Journal</i> , 5 (2), 257-277.		El propósito de este artículo es discutir las definiciones y dimensiones del turismo en las regiones polares y cómo entender el término turismo polar. El documento tiene como objetivo definir el turismo polar de una manera consistente con las estadísticas de turismo internacionales para identificar lagunas de nuestra base de conocimientos.
Hall, M. y Saarinen, J. (Eds.). (2010). <i>Tourism and change in polar regions</i> . Routledge.		Se explora al turismo polar tanto en la Antártida como en el Ártico, como factor de desarrollo y sus perspectivas futuras. También los impactos desde el punto de vista ambiental, económico, social y política que esta actividad pueda generar.
Müller, D. K.; Lundmark, L. y Raynald, H. L. (Eds.). (2013). <i>New issues in polar tourism</i> . Springer.		Analiza el interés turístico generado en las regiones polares, así como los desafíos y oportunidades que esta actividad representa en estos sitios remotos.
Jensen, M. y Vereda, M. (2016). <i>The development of Antarctic tourism through Ushuaia as a gateway port</i> . En M. Schillat, M. Jensen, M. Vereda, R. A. Sanchez y R. Roura (Eds.). <i>Tourism in Antarctica. A multidisciplinary view on new activities carried out on the White Continent</i> , pp. 75-99. Springer.		Ofrece un análisis del turismo marítimo antártico centrándose en Ushuaia como puerto base y/o puerto de escala desde 1958 hasta 2014. Revisan los diferentes viajes, los flujos turísticos, la evolución de las temporadas, los factores que influyeron en el desarrollo del turismo antártico y el papel de

Autor/es	Tema	Punto focal
		Ushuaia como ciudad puerta de entrada.
Lück, M.; Maher, P. T. Y Stewart, E. J. (Eds.). (2010). <i>Cruise tourism in polar regions</i> . Earthscan.		Analizan los desafíos de gestión que se presentan ante el crecimiento de los cruceros turísticos a la Antártida y al Ártico, los riesgos e impactos potenciales asociados, así como el incremento del número de turistas.
Martinioni, D. R. y López Belsué, M. (2022). Antártida. Una mirada desde la perspectiva fueguina. M & A diseño y comunicación SRL.		Miscelánea, resumen de temas antárticos en general: geografía, clima, vida silvestre, historia desde la perspectiva argentina, Sistema del Tratado Antártico, ciencia y logística, actividades comerciales, protección del medio ambiente y Ushuaia, puerta de entrada a la Antártida.
Morgavi, M.; Cohen, C. y Vereda, M. (2020). Competitividad de Ushuaia como puerta de entrada marítima del turismo antártico. <i>Aportes y transferencias</i> , Vol. 18 (1), 61-81.		Se analiza la competitividad de la ciudad de Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida, centrándose en la competitividad como conector entre el entorno global y el desarrollo local. Los resultados valoran a Ushuaia por su localización y desarrollo de servicios del sector privado; las debilidades se refieren a costos y eficiencia de servicios públicos.
Vereda, M. (2008a). Tierra del Fuego y Antártida: un inventario de recursos turísticos desde la complementariedad. <i>Estudios y Perspectivas en Turismo</i> , Vol. 17, N° 3 y 4: 199-222.		Aborda la posibilidad de complementariedad de dos destinos turísticos: Antártida y Ushuaia/Tierra del Fuego a partir del análisis de las vinculaciones entre ambos desde distintas dimensiones, atendiendo a los recursos susceptibles de uso turístico, en virtud de una posible especialización de Ushuaia en su rol de puerta de entrada marítima a la Antártida.
Vereda, M. (2010). A study on the expectations of Antarctic visitors towards their trip. Images created about Antarctica and the relationship with Ushuaia (Argentina) as a gateway city. En J. Saarinen & M. Hall (Eds.) <i>Tourism and Change in Polar Regions. Climate, Environments and Experiences</i> (pp. 236-246). Routledge.		Presenta un estudio realizado a visitantes sobre expectativas, motivaciones y experiencia del viaje antártico y la relación con Ushuaia como puerta de entrada al turismo antártico.
Vereda, M. (2016). Antarctica in the mind of visitors. Representations of a remote destination. (Schillat, M.; Jensen, M.; Vereda, M.; Sánchez, R. A. y Roura, R.) <i>Tourism in Antarctica. A multidisciplinary view on new activities carried out on the White Continent</i> , pp. 1-19. Springer.		Análisis de la construcción mental de la Antártida como destino turístico conformada desde el lugar de origen de los visitantes y la representación como un destino remoto.
Vereda, M. y Daverio, M. E. (2011). Áreas de interés turístico en la región de la Península Antártica e Islas Orcadas del Sur. <i>Temporada</i>		Identificación de la distribución de las visitas turísticas en la región de la Península Antártica e Islas Orcadas del Sur como así también la articulación

Autor/es	Tema	Punto focal
2010/2011. Aportes y Transferencias en Turismo, Año 15, Vol. 1, 83-106.		entre ellas a partir de los viajes realizados por embarcaciones que operaron a través del puerto de Ushuaia durante la temporada 2010/2011.
Vereda, M.; Jensen, M. y Fontana, P. G. (2019). La evolución del turismo antártico y su relación con las políticas públicas nacionales y provinciales. <i>Registros. Revista de Investigación Histórica</i> , Vol. 15 (2), 4-28.		Se analiza el crecimiento del turismo antártico a través de Ushuaia como principal puerta de entrada de los flujos marítimos, en su relación con las políticas del Estado Nacional y Provincial en diferentes periodos, identificando distintas etapas de acuerdo al modelo de ciclo de vida del producto turístico de Butler (1980).
Vereda, M. y Jensen, M. (2019). A geo-historical analysis of Antarctic tourism: Practices and representations. <i>Journal of Antarctic Affairs</i> , Vol. VI (1), 35-52.		Se analiza la evolución del turismo a través de Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida, en el periodo comprendido desde el primer viaje en 1958 hasta la temporada 2017/2018, tomando el modelo diacrónico de Chadeaud (1988) a partir del cual se distinguen dos fases: creación de mitos y maduración del producto turístico.
Vereda, M. y Jensen, M. (2020). Turismo antártico: Consideraciones para su análisis desde el Sistema del Tratado Antártico y la evolución de los flujos de visitantes. <i>Cuadernos de Política Exterior Argentina</i> , N° 132, 97-116.		Este trabajo se plantea observar cómo las diferentes preocupaciones inherentes a las prácticas turísticas en la Antártida y el establecimiento de regulaciones se relacionan con la evolución de los flujos de visitantes en sus diferentes modalidades. Se realiza una revisión de todas las disposiciones emanadas del Sistema del Tratado Antártico entre 1961 y 2019 y de diversas fuentes documentales y de carácter estadístico del turismo antártico, atendiendo al periodo 1958-2019.
Vereda, M. y Morgavi, M. (2021). 'El fin del mundo y más allá'. Tierra del Fuego y la Antártida en la construcción de lo remoto. I <i>Jornadas de Ciencias Sociales y Humanidades Antárticas</i> (JoCSHA). Instituto Antártico Argentino y UNTDF, 21-23 de abril de 2021, Buenos Aires.		En este trabajo se abordan las conexiones existentes entre dos destinos remotos del turismo: Ushuaia/Tierra del Fuego y la Antártida desde la construcción de idea del <i>fin del mundo</i> a partir de las impresiones de exploradores que durante sus expediciones antárticas han recalado en Ushuaia y que luego son recuperadas por las operadoras turísticas para la promoción de sus viajes. Se analizaron relaciones de viaje que tuvieron lugar desde mediados del siglo XIX y principios del XX y folletos correspondientes a las temporadas turísticas 2018/2019 y 2019/2020.

Tabla 7.2.1: Síntesis con las fuentes revisadas y los puntos focales identificados Fuente: Elaboración propia.

7.2.3 Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA

Este apartado se desarrolla en dos partes, la primera referida a las instalaciones argentinas en la Antártida y la segunda a turismo antártico.

Instalaciones argentinas en la Antártida

Si bien en 1880 surgen los primeros proyectos estatales de exploración de nuestro país en la Antártida, es recién entre 1901 y 1904 que el Estado se hace presente de forma permanente a través de dos hechos fundacionales: por un lado, la ayuda a la Expedición Antártica Sueca (1901-1903), con la participación del alférez José María Sobral y el rescate de la misma por la corbeta *ARA Uruguay*, y, por otro, la toma de posesión del observatorio meteorológico de Orcadas del Sur (1904). En relación con estos eventos fundacionales, se destacan dos edificaciones que aún se encuentran en pie, actualmente funcionando como museos: el refugio Suecia, recuperado por la DNA-IAA desde 1980 y la Casa Moneta. En ambos espacios la UNTDF ha colaborado con el IAA en su puesta en valor, realizando su planimetría.

En el contexto internacional de amenaza de guerra mundial inminente, la actividad comercial junto con la de exploración que se estaba llevando adelante en el hemisferio sur sumado, además, a las políticas expansionistas de estados hegemónicos, el Estado argentino, a través de la Comisión Nacional del Antártico, impulsa la exploración de la costa occidental de la Península Antártica para instalar nuevas estaciones. Se trataba de un antiguo plan truncado en 1907 por el naufragio del *ARA Austral*. En enero de 1942 el buque *ARA 1° de Mayo* realizó estudios científicos y depositó objetos de soberanía (placas, tubos con actas de soberanía, mástiles con banderas y un faro), repitiéndose las acciones al año siguiente, incluso al sur del Círculo Polar Antártico. Sin embargo, el Reino Unido, que reclamaba también aquella región removió los objetos depositados y en 1944, por medio de una operación secreta⁸, instaló bases permanentes en algunos de los sitios.

En 1947 comenzó el período de mayor expansión de la presencia argentina en la Antártida. Antes de cumplirse una década el país pasaría de poseer una sola estación antártica a contar también con cinco destacamentos navales, tres bases del Ejército y veintitrés refugios. Si bien este despliegue consistía en un plan que había nacido tímidamente a principios del Siglo XX y que cobra nueva fuerza con la Comisión Antártica y el contexto de preguerra en 1939, fue posible gracias a las exploraciones navales y al nacionalismo territorial

⁸ Esta operación secreta se denominó "Operación Tabarín", consistía en una estrategia británica para evitar que el carácter imperial de sus acciones quedara expuesto (Fontana, 2014).

del gobierno de Juan Domingo Perón que asume en 1946 y apoya los planes de la Armada Argentina y del entonces coronel Hernán Pujato.

En la Tabla 7.2.2 se presenta una síntesis de las instalaciones argentinas en la Antártida con la correspondiente caracterización de bases permanentes y temporarias. Para su localización, ver Figura 7.2.1

Año de creación	Instalación
1904	<p>Orcadas: Ubicada en la isla Laurie, archipiélago Orcadas del Sur, es la primera base antártica argentina, adquirida por el Estado nacional en 1904 y constituye la presencia humana estable más antigua del continente. Actualmente los científicos y técnicos de la Dirección Nacional del Antártico y del Instituto Antártico Argentino (DNA-IAA) junto a los de otras instituciones científicas realizan trabajos de meteorología de superficie y de altura, geología, glaciología, geofísica, magnetismo, atmósfera y biología. Gran parte de las investigaciones científicas se llevan a cabo en el Laboratorio Antártico Multidisciplinario Orcadas (LABORC).</p>
1947	<p>Destacamento Melchior/Base Melchior: Ubicada en la isla Observatorio del archipiélago Melchior, primera base argentina instalada en la península Antártica, inaugurada el 31 de marzo de 1947 y en 1955 se suma una estación astronómica. A partir del 30 de noviembre de 1961 funciona como base temporaria. Se desarrollan proyectos sobre el estudio de la capa de hielo y el cambio climático hasta la biología marina y la geología. En las cercanías se encuentra el Sitio y Monumento Histórico N° 29 que conmemora la instalación del primer faro argentino en el año 1942, “1° de Mayo”, aun en funcionamiento.</p> <p>Refugio Caleta Péndulo</p> <p>Refugio Ensenada Martel. Este refugio fue destruido por una dotación británica durante la denominada “operación Tabarín” que ese país llevó adelante con el objeto de detener el avance argentino en la Antártida. Allí, hoy se encuentra la base Ferraz de Brasil.</p>
1948	<p>Destacamento Decepción/ Base Decepción: Se localiza en la isla Decepción, archipiélago de las Shetland del Sur. Se inaugura el 25 de enero de 1948 con el nombre de Destacamento Naval Decepción. A partir del año 1967 se transforma en una base de carácter temporaria cuando por erupciones volcánicas próximas a su instalación culminó su etapa de base permanente. Allí funciona el Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (SEGEMAR) y se realizan observaciones meteorológicas.</p>
1949	<p>Refugio capitán Fliess. Actualmente es recordado a través de un monolito en el lugar.</p>
1951	<p>Base San Martín: Se ubica en el islote San Martín, en el grupo de islotes Debenham, en bahía Margarita, al oeste de la península Antártica, es la más occidental de las bases argentinas. Fue inaugurada el 21 de marzo de 1951, situada al sur del Círculo Polar Antártico. En el año 1952 sufrió un incendio. Ese mismo año el mayor Humberto Bassani Grande, logró el cruce de la Península Antártica con trineos movidos por perros. Fue también en ese año que llegó a la base el primer helicóptero argentino de dotación antártica. Desde San Martín fueron realizadas innumerables patrullas, algunas de larga extensión y que instalaron refugios tanto en islas como en la Península Antártica y que hoy están bajo responsabilidad de la dotación: 17 de agosto, El Plumerillo, Yapeyú, Chacabuco, Paso de los Andes, El Granadero y Nogal de Saldán. En febrero de 1960 San Martín fue desactivada, pero en el invierno de 1962 fue visitada por la expedición terrestre invernal del Ejército Argentino comandada por el teniente primero Gustavo Adolfo Giro Tapper, proveniente de la Base Esperanza. En la temporada estival 1975/76 fue rehabilitada con instalaciones modernizadas y hoy continúa en funcionamiento como base permanente a lo largo de todo el año bajo responsabilidad de la Dirección Antártica de Ejército. La base cuenta con el Laboratorio Antártico Multidisciplinario San Martín (LASAN), que</p>

Año de creación	Instalación
	<p>concentra las actividades científicas. Principalmente, se realizan estudios de geomagnetismo, ionosfera, fitoplancton, geodesia y glaciología. En este campo se estudia el desplazamiento de glaciares junto con científicos alemanes a través de un convenio con el Instituto Alfred Wegener. La base cuenta con un helipuerto y en el cercano glaciar Uspallata anevizan aviones con esquíes como los DHC-6 Twin Otter. Algunas de las instalaciones originales de la Base San Martín, incluyendo una cruz, un asta de bandera y un monolito construido en 1951 fueron designadas en 1972 Sitio y Monumento Histórico de la Antártida SMH N° 26, gestionado por Argentina.</p> <p>También posee un Mausoleo en el islote Bárbara, donde están depositadas las cenizas del Gral. Pujato.</p>
1951	<p>Destacamento Alte. Brown/ Base Brown: Localizada en punta Proa, bahía Paraíso. Fue fundada el 6 de abril de 1951 y en 1965 pasó a depender del Instituto Antártico Argentino, bajo el nombre de Estación Científica Almirante Brown. El 12 de abril de 1984 sufrió un incendio en la mayoría de sus instalaciones. Desde entonces ha sido activada sólo parcialmente, funcionando como base temporaria a cargo de la Dirección Nacional del Antártico. Se realizan trabajos de investigación de ecología costera (parámetros físicos del agua, radiación solar, nutrientes y plancton); oceanografía física (medición de corrientes y mareas).</p> <p>Base Petrel: Ubicada en la rada Petrel, isla Dundee, al norte del cabo Welchness, desde 1952 fue un refugio naval, el 22 de febrero de 1967 se inauguró la base Petrel, siendo base temporaria desde 1978. A partir de la Campaña 2021/2022 tienen carácter de base permanente. En Petrel se realiza investigación en sismología, geomagnetismo, ecología trófica y el estado sanitario de pinnípedos, hidrografía y topografía.</p> <p>Refugio Puerto Moro. Este refugio fue incorporado a la base Esperanza.</p> <p>Destacamento Esperanza/ Base Esperanza: Se ubica en Punta Foca, en el noreste de la Península Antártica, en cercanías del glaciar Buenos Aires donde se realizan anevizajes con aviones Twin Otter. Fue inaugurada en diciembre de 1952 por el entonces capitán Jorge Edgar Leal, quien estuvo a cargo de la Operación 90°, expedición terrestre argentina al Polo Sur (1965). Desde esta base, en junio de 1962, partió la expedición terrestre invernal del Ejército Argentino liderada por el teniente primero Giro Tapper, alcanzando cuatro meses después la Base San Martín, y luego retornó, constituyendo uno de los desafíos más exigentes realizados en el continente antártico.</p> <p>A principios de 1978 fue instalado en la base el Fortín Sargento Cabral, un poblado originalmente constituido por siete familias que permanecen allí un año, para ser luego reemplazadas por otras. Posteriormente las instalaciones fueron ampliadas llegando a albergar a catorce familias. El Fortín fue testigo del primer nacimiento documentado de un ser humano en la Antártida, el argentino Emilio Marcos Palma, que nació el 7 de enero de 1978. A él le siguieron otros siete argentinos, tres de ellos mujeres, nacidos allí en los siguientes siete años, lo que transforma a Argentina en el país con más nativos antárticos y los únicos nacidos en la Antártida continental.</p> <p>La base cuenta con iglesia, registro civil, oficina de correo y la escuela provincial N° 38, Raúl Ricardo Alfonsín y la radio LRA 36 Radio Nacional Arcángel San Gabriel, la primera radiodifusora de onda corta en la Antártida, que comenzó sus transmisiones en octubre 1979.</p> <p>Entre sus más de cuarenta edificios, se encuentra el Laboratorio Antártico Multidisciplinario Esperanza (LABES) del Instituto Antártico Argentino (IAA), así como una estación meteorológica y una sismológica, operada por convenio con el Observatorio Geofísico Experimental de Trieste, Italia. Desde la base el personal de la DNA-IAA realiza investigaciones en glaciología, geología, paleontología, limnología, gestión ambiental, mareografía, por convenio con la NOAA de Estados Unidos, y biología, en particular en una pingüinera que se encuentra a corta distancia. El personal de la base es responsable del mantenimiento de dieciocho refugios argentinos que se encuentran en los</p>

Año de creación	Instalación
	<p>alrededores. En el lugar se encuentra también el Sitio y Monumento Histórico SMH 39 del Tratado Antártico, gestionado por Argentina y Suecia y conformado por el refugio de piedra que construyeron en 1903 tres de los miembros de la Expedición Antártica Sueca de Otto Nordenskjöld que debieron invernar allí forzosamente y que finalmente fueron rescatados por la corbeta <i>ARA Uruguay</i>. En 1972 parte de la base misma fue designada como Sitio y Monumento Histórico, el SMH 40 que comprende un busto del Gral. San Martín, una pequeña gruta con la estatua de la Virgen de Luján y el asta de una bandera que data de 1955.</p>
1953	<p>Destacamento Bahía Luna/ Base Cámara: En la Campaña Antártida de la temporada estival 1952/1953 se estableció el destacamento Bahía Luna en la isla Livingston, archipiélago de las Shetland del Sur. En 1955 se la denomina Destacamento Naval Teniente Cámara, fue clausurada durante la Campaña 1959/1960 y reabierta en 1988 solo para campañas de verano. Se recoge información geológica, paleontológica y geomorfológica para la elaboración de cartografía en la Isla Media Luna.</p> <p>Refugio Thorne</p> <p>Refugio Tte. Lasala</p> <p>Refugio bahía Dorian</p> <p>Refugio El Plumerillo</p> <p>Refugio Santa Teresita</p> <p>Refugio Martín Güemes</p> <p>Refugio Bryde</p> <p>Refugio Caleta Potter/ Base Carlini: Localizada en caleta Potter, isla 25 de Mayo, es la principal base científica permanente argentina, administrada por la Dirección Nacional del Antártico. Fue inaugurada el 21 de noviembre de 1953 como Refugio Naval Caleta Potter, luego Estación Aeronaval. Nombrada en 1954 como teniente José Isidro Jubany y posteriormente fue reclasificada como destacamento naval y en febrero de 1982 fue transferida a la Dirección Nacional del Antártico y renombrada como Estación Científica Jubany hasta marzo de 2012 cuando se le cambia el nombre por Dr. Alejandro Ricardo Carlini, en homenaje a un reconocido científico del Instituto Antártico Argentino.</p> <p>Parte de las tareas científicas se realizan desde los refugios argentinos Elefante y Albatros que se encuentran en las cercanías. La base cuenta con el Laboratorio Antártico Multidisciplinario Carlini (LACAR) y el Laboratorio Argentino, ambos gestionados por el IAA. En el LACAR se realizan estudios de atmósfera en particular sobre el efecto invernadero y el cambio climático.</p> <p>En 1994 fue inaugurado el Laboratorio Dallman a través de un convenio con el Instituto Alfred Wegener de Alemania. En sus cuatro laboratorios, su acuario y el resto de sus instalaciones trabajan también científicos de otros países con los que se poseen convenios internacionales. Mediante un convenio con el Instituto Nacional de Oceanografía y Geofísica Experimental de Trieste en Italia fue instalada en 2001 una estación sismológica permanente. Las investigaciones científicas más relevantes que se realizan en la base abarcan la biología costera y terrestre, oceanografía, geología y glaciología. Estas actividades se realizan de manera ininterrumpida desde hace más de dos décadas, lo que ha posibilitado una recopilación de serie de datos científicos dentro de las de más larga data y completa de la región Antártica.</p> <p>Cerca de la base se encuentra el Sitio y Monumento Histórico SMH N° 36, gestionado por Argentina y Alemania y conformado por una réplica de una placa de metal colocada por Eduard Dallmann con motivo de la expedición alemana del <i>Grönland</i> el primero de marzo de 1874.</p> <p>Refugio Tte. Ballvé</p> <p>Refugio Rada Lote</p>
1954	<p>Refugio Betbeder</p> <p>Refugio Cap. Cobbett/ Base Primavera: Ubicada en caleta Cierva, sobre la costa de Danco, en el cabo Primavera. Se inauguró el 23 de enero de 1954</p>

Año de creación	Instalación
	<p>como el refugio naval Capitán Cobbett para brindar apoyo a los grupos de estudio de la región. La base Primavera fue instalada en marzo de 1977 y es operada de manera temporaria desde 1982. En Primavera se estudia ecología trófica y el estado sanitario de pinnípedos.</p> <p>Refugio Caillet Bois</p> <p>Refugio Gurruchaga</p>
1955	<p>Base Belgrano I/ Base Belgrano II: El 3 de enero de 1955 el Hernán PUJATO, a bordo de un helicóptero, sobrevoló la zona de la barrera Filchner para elegir un lugar apropiado para montar la base. Además, Pujato realizó distintos vuelos de exploración en los que descubrió cordilleras y distintos objetos geográficos a los que otorgó toponimia argentina. Desde la base Belgrano partió la expedición terrestre encabezada por Leal, que llegó al Polo Sur el 10 de diciembre de 1965. En 1970 se decidió construir el laboratorio Belgrano para estudios de alta atmósfera. En 1979 Belgrano I fue evacuada y relevada por Belgrano II, debido a la inestabilidad del hielo en donde se encontraba y el acumulado sobre ella. La Base Belgrano III fue instalada en enero de 1980 en el extremo norte de la Isla Berkner pero debió ser evacuada en enero de 1984 debido a la fracturación del hielo sobre el cual estaba asentada. Durante esos cuatro años en los que funcionó de forma permanente el personal de la base llevó adelante investigaciones en meteorología y geomagnetismo además de realizar relevamientos topográficos.</p> <p>En su zona de influencia, existían desde mucho antes dos refugios que se montaron en enero de 1976: el Sargento Ayudante Cisterna y el Aviso ARA comandante Zapiola.</p> <p>El instrumental del laboratorio (LABEL) fue trasladado a la nueva base. Se instaló también, el primer Observatorio Astronómico Polar Argentino bautizado "José Luis Sersic" y una antena satelital para transmisión de datos del LABEL.</p> <p>En el LABEL se realizan estudios de ozono, magnetismo, meteorología, glaciología, biología terrestre, geodesia y sismología, está última con el sismógrafo más austral del mundo sobre roca firme. A través de convenios internacionales participan de algunas de estas investigaciones el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial de España y el Programa Nacional de Investigación Antártica de Italia. El abastecimiento de Belgrano II es realizado en forma anual por el rompehielos <i>ARA Alte. Irizar</i>.</p> <p>Con medios propios de la base partió la Segunda Expedición Terrestre de Argentina al Polo Sur Geográfico que logró alcanzar con éxito su objetivo el 5 de enero de 2000. En la base se conserva la Cruz General Belgrano, declarada Sitio y Monumento Histórico 43 del Tratado Antártico y que originalmente había sido instalada en las cercanías de la Base Belgrano I.</p> <p>Refugio Groussac</p> <p>Refugio Cristo Redentor</p> <p>Refugio Libertador Gral. San Martín</p> <p>Refugio Islas Malvinas</p> <p>Refugio Conscripto Ortíz</p>
1961	<p>Base Matienzo: Localizada en el nunatak Larsen, barrera de hielos Larsen, fue inaugurada en marzo de 1961, tiene carácter temporario desde 1985. A fines de 1962 descendió en la base un avión para dar comienzo a la primera operación de gran envergadura de la aeronáutica en la Antártida. Allí se inició la Operación Sur, cuyo comandante fue el Capitán Mario Luis Olezza al mando del avión Douglas C-47 (TA-33). La misma consistía en arribar al Polo Sur y luego seguir hasta McMurdo. Este primer intento fracasó al incendiarse el aparato. El plan pudo concretarse en 1965. Entre los temas de investigación que se llevan adelante se encuentra glaciología,</p>
1968	<p>Base Marambio: Se ubica en el mar de Weddel, sobre la meseta de la isla Vice comodoro Marambio. Se trata de la principal puerta de entrada logística argentina en la Antártida y desde allí se despliega el mayor número de campamentos científicos durante la campaña antártica de verano. Luego de los</p>

Año de creación	Instalación
	<p>estudios de suelo realizados en 1968 se comenzó con la construcción de una pista de aterrizaje de 300 m de largo que luego se prolongó a 800m, logrando que puedan aterrizar aviones Fokker y Hércules con tren de aterrizaje convencional.</p> <p>En esta base desarrollan su labor los científicos que durante todo el año y, especialmente en verano, es distribuido por medio de aviones y helicópteros de la Fuerza Aérea Argentina, a las zonas de estudio e instalación de campamentos que realizan trabajos de estratigrafía, sedimentología, glaciología, criología, petrografía, biología, arqueología histórica y paleontología, la cual ocupa un rol destacado debido a la riqueza de restos fósiles en la isla.</p> <p>El Laboratorio Antártico Multidisciplinario Marambio (LAMBI), que forma parte de la base, inició sus actividades en 1994 y en él se obtienen registros de ozono en un programa conjunto con el Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial de España (INTA). En la vecina isla de Cerro Nevado se realizan tareas de recuperación, conservación y restauración de la cabaña construida en 1902 por la Expedición Antártica Sueca de Otto Nordenskjöld, en la que invernaó el alférez José María Sobral y que hoy es el Sitio y Monumento Histórico SMH N° 38 del Tratado Antártico, gestionado por Argentina y Suecia. En las cercanías de la base científicos del Instituto Antártico Argentino localizaron recientemente los restos de la expedición Jasón de Carl Anton Larsen en 1892, la primer presencia humana en la isla documentada y a pocos kilómetros de allí se encuentra también el SMH N° 60 de Bahía Pingüino, en donde la expedición de la corbeta <i>ARA Uruguay</i>, comandada por el teniente de navío Julián Irizar, encontró y rescató a los expedicionarios liderados por Nordenskjöld, entre los que se encontraba Sobral.</p>

Tabla 7.2.2. Instalaciones argentinas en la Antártida Fuente: Modificado de <https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/antartida-argentina/bases>

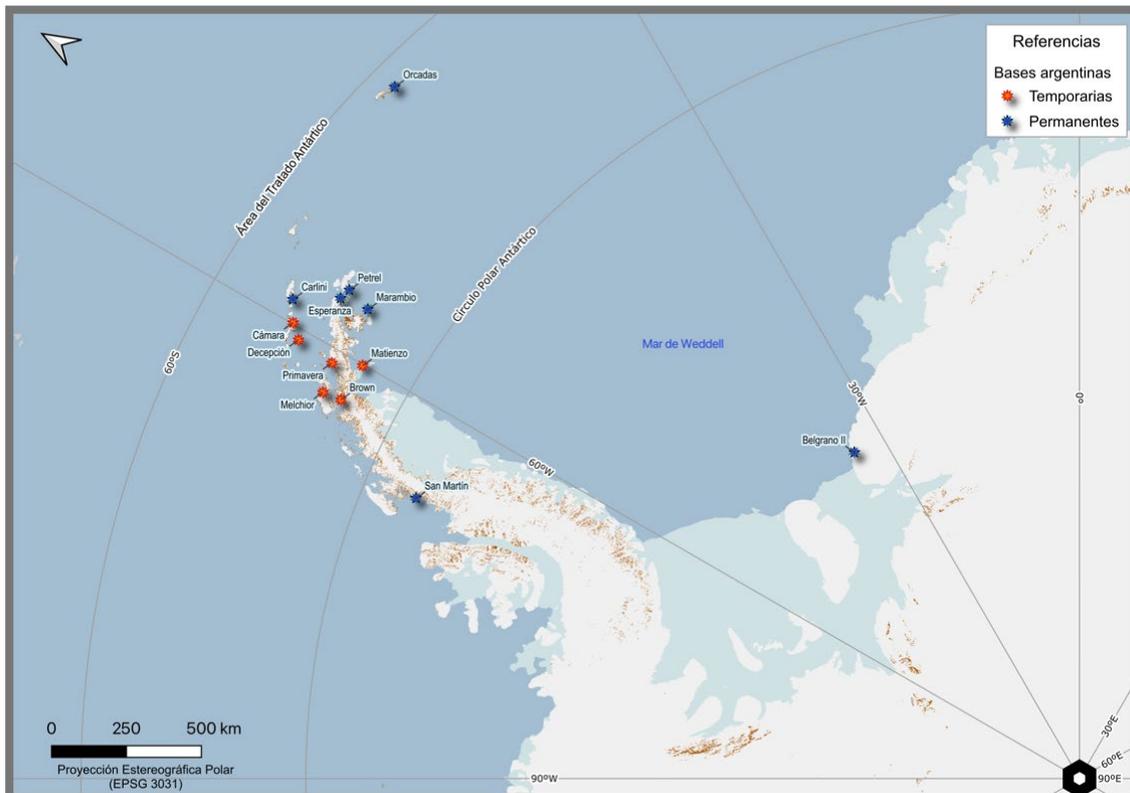


Figura 7.2.1. Ubicación de bases argentinas en la Antártida Fuente: Elaboración propia en base al software libre Qgis 3.22.14 y Quantarctica.

Turismo antártico

Desde los viajes de exploración de la conocida como 'era heroica', el paisaje antártico ha sido representado como un lugar singular y aislado, asociado con una naturaleza salvaje y prístina. En parte, inspirados en aquellas expediciones tempranas, el turismo moderno promociona la Antártida con una oferta diversa basada en sus recursos naturales e históricos que motivan los flujos hacia este lugar remoto. En este sentido, se define al turismo antártico como la actividad comercial que involucra el desplazamiento de personas al sur de los 60°S o área del Tratado Antártico con fines de ocio, prestando un especial interés a motivaciones relacionadas con la vida silvestre, paisajes dramáticos, interés científico e historia de la exploración antártica. El turismo es regulado por el Sistema del Tratado Antártico (STA) donde se lo aborda desde una noción amplia que incluye también toda expedición no gubernamental sin fines científicos. Este tipo de turismo requiere del apoyo de ciudades puerta de entrada para su efectiva materialización.

Si bien el Área del Tratado Antártico involucra todo el espacio geográfico ubicado al sur del paralelo 60° S, la mayor parte de los flujos turísticos se concentran en la zona próxima a América del Sur por las facilidades de acceso a infraestructura. Es por ello que Ushuaia se ha transformado en la puerta de entrada más activa para el turismo marítimo.

En este contexto, se construye la idea de región tomando en consideración la Península Antártica e islas Orcadas del Sur, identificando a su vez distintas áreas de interés turístico. Estas áreas de interés desde el punto de vista del turismo se constituyen en un escenario privilegiado para la observación de vida silvestre, basada, particularmente, en pingüinos y otras aves y mamíferos marinos que, junto con los témpanos y glaciares, ocupan un lugar destacado entre las preferencias de los visitantes.

Periodización de la evolución del turismo antártico

Etapa pre-turística

Previo al desarrollo del turismo antártico como actividad comercial, numerosas personas que no estaban relacionadas directamente con el quehacer antártico participaron como invitados en viajes de logística y apoyo a la investigación organizados por organismos estatales. Por ejemplo, en 1933 el buque de la Armada Argentina *ARA Pampa* realizó el relevo de la dotación del Observatorio Meteorológico de la isla Laurie, llevando un grupo de turistas y al Capitán Jordan (agregado naval de Estados Unidos) y su familia como invitados especiales extranjeros (estos últimos desembarcaron en Ushuaia ante el mal tiempo imperante en la zona). Registros sobre esta visita quedaron evidenciados en la revista *Caras y Caretas* reconociendo a este reducido grupo de personas

como los “primeros visitantes antárticos”. En este viaje ya comienzan a manifestarse una serie de representaciones vinculadas con un paisaje de desolación. En este sentido, se recoge la descripción del periodista de la Revista Caras y Caretas, Soiza Reilly (1933, p. 22):

Hacia el misterio de las Orcadas...

En realidad, las islas Orcadas suelen ser un misterio para los que vivimos en las grandes metrópolis. El nombre de estas islas fantásticas nos sugiere la imagen de una muerte muy blanca. Altas cumbres de hielo silencioso, perdidas en un mar petrificado de blancura. Soledad. Infierno dantesco donde el fuego de nieve arde en llamas inmóviles.

El mito sobre la Antártida, que ya había empezado a configurarse a partir de las relaciones de viaje de los exploradores, se nutre especialmente de la búsqueda de la alteridad espacial, como se observa en el fragmento tomado de Soiza Reilly al mencionar el misterio que sugieren las islas para quienes viven en las grandes ciudades. Otros elementos se destacan, como la idea de desolación y aislamiento.

Los primeros viajes organizados hacia fines de la década del '50

Durante la década del '50 se producen los primeros viajes comerciales a la Antártida. En diciembre de 1956 un avión DC-6B de la Línea Aérea Nacional de Chile sobrevoló las islas Shetland del Sur, con 80 pasajeros. El vuelo operó a través del aeropuerto de Punta Arenas. Al año siguiente, en octubre de 1957, tuvo lugar un vuelo de la aerolínea comercial Pan American; se trató de un vuelo chárter contratado por la marina de Estados Unidos para transportar personal de la operación *Deep Freeze III* a la base McMurdo en el marco del Año Geofísico Internacional. Un total de 36 personas pertenecían a la Marina de Estados Unidos, sumando periodistas y numerosos pasajeros en calidad de visitantes, entre ellos el embajador de Nueva Zelandia y un ministro del mismo país, donde el vuelo hizo una escala.

El turismo marítimo hacia la Antártida se inició en la temporada 1957/1958 a partir de la iniciativa del Estado argentino de organizar dos viajes con el buque *ARA Les Eclaireurs*. Estos viajes fueron posibles en función de la experiencia adquirida a través de la exploración, reconocimiento, estudios hidrográficos, meteorológicos, oceanográficos y glaciológicos e investigaciones científicas, en particular, luego del Año Geofísico Internacional. El primer viaje partió desde Ushuaia el 16 de enero de 1958 con 98 pasajeros, visitando estaciones científicas argentinas (Decepción, Cámara, Brown y Melchior). Este primer grupo

de turismo antártico descubrió una placa en las instalaciones de Decepción en recuerdo de esa visita, momento acompañado de un discurso del entonces gobernador de Tierra del Fuego, Carlos P. Florido, que iba en el barco (Figura 7.2.2). El segundo crucero también operó desde Ushuaia el 31 de enero del mismo año, con 96 pasajeros. Para poder integrar el pasaje, los interesados debían participar de una convocatoria donde se tomaban decisiones en función de la nacionalidad, ocupación y el propósito de la visita. Un pasajero describe detalles del proceso de selección:

La noticia apareció en octubre de 1957. La Comandancia del Transporte Naval de Argentina estudiaría las solicitudes de las personas interesadas en... ¿Interesadas? Mi esposa y yo saltamos ante la posibilidad. Sólo aceptarían cien, nos dijeron cuando presentamos la nuestra, debido a la capacidad del transporte que se usaría como barco crucero. Para dar la mayor variedad posible al pasaje la selección se basaría en la nacionalidad, ocupación y propósito. En cuanto a nosotros, el objeto era pura y simplemente el placer (lo que no sonaba muy apropiado); la nacionalidad, estadounidense, y mi ocupación, agregado agrícola de la embajada en Buenos Aires. Por supuesto nos abrumó la noticia a mediados de diciembre de que éramos dos de los tres norteamericanos escogidos. Volaríamos el 11 de enero con el primer contingente de cuarenta y ocho a Ushuaia, la ciudad más sureña del mundo, a 2.900 kilómetros en el extremo de Tierra del Fuego. Allí se nos uniría el resto y embarcaríamos en "Les Eclaireurs". (Nichols, 1959, p. 4).



Figura 7.2.2. Gobernador Carlos P. Florido y grupo del primer contingente de turismo antártico en el entonces destacamento Decepción
Fuente: Captura del filmico “Turismo en la Antártida Argentina”, Ministerio de Marina, 1958. Archivo General de la Nación. Publicada en: Vereda et al. (2019).

De hecho, el pasaje estaba conformado por argentinos y extranjeros, con un importante número de embajadores, varios corresponsales de periódicos, el gobernador de Tierra del Fuego, algunos artistas, estancieros, médicos, entre otros. Esta selección de visitantes pone de manifiesto el interés de contar con una clase “educada”, con experiencia en viajes y con capacidad de divulgar la experiencia antártica. Al respecto, el pasajero y periodista Jutronich, corresponsal de la revista *Vea y Lea* (1958, p. 2) expresa: “(...) el viaje debía ser útil a la finalidad primordial de crear ‘conciencia’ antártica”. De alguna manera, se configura la necesidad de distinción social para el visitante antártico al diferenciarse del turista que visita destino masificados. Jutronich relata el valor material y de la experiencia de estos pasajeros a través de dos párrafos:

En cuanto a la fotografía y cinematografía, no es exagerado afirmar que el valor de los equipos sumaba bastante más de un millón de pesos (...) hizo ostentación de toda una serie de aparatos que iba desde una filmadora moderna hasta una minúscula y perfecta cámara de bolsillo (Jutronich, 1958, p. 4).

Aunque éste ha sido esencialmente un viaje de turismo, sería injusto decir que fue solo de placer. Casi sin excepciones, los viajeros fueron hombres y mujeres ansiosos de ampliar sus conocimientos, de conocer la única región del mundo vedada a los seres corrientes (Jutronich, 1958, p. 5)

El mito sobre el viaje antártico se va configurando sobre la idea de aventura y misterio, de lugar desolado e inhóspito donde la muerte pareciera amenazar permanentemente. Asimismo, se destaca la masculinidad como requisito indispensable para habitar la Antártida, refiriéndose a quiénes conocieron en las estaciones visitadas. Desde el primer viaje turístico se llevan adelante ciertas prácticas que continúan hasta la actualidad como el diario de a bordo, en este caso, denominado “El Pingüino Turista” y la emisión de un certificado que indica la realización del viaje. La filatelia también constituyó una actividad relevante del grupo.

En cuanto a los componentes del paisaje, se destaca el avistaje del primer témpano: “(...) y luego la aparición del primer témpano. La masa de hielo se elevaba majestuosamente navegando lentamente a la deriva (...)” (Jutronich, 1958, p. 3); “(...) comenzaron a aparecer los témpanos. Uno era tan grande que sobresalía más de cuarenta metros y se extendía unos tres kilómetros por lado, como si fuera un banco de hielo más que parte desprendida de un glaciar” (Nichols, 1959 p. 2). (...). También llama la atención en los testimonios la presencia de fauna y su descripción detallada, especialmente de pingüinos.

Por otra parte, existe una clara referencia al “sentir nacional”, producto de la política antártica que el gobierno argentino se encontraba llevando adelante en ese momento, cuando recién había culminado el Año Geofísico Internacional. Este sentir nacional es expresado de la siguiente manera por parte del periodista:

Los doscientos viajeros que salieron de Buenos Aires y cruzaron el Pasaje de Drake para poner los pies en suelo antártico, comprobaron con sus propios ojos cómo la península antártica y el enjambre de islas que se levantan cerca de sus costas son una simple prolongación de la cordillera de los Andes. Comprobaron también con cuánto esfuerzo se mantiene la soberanía argentina en lugares indescritiblemente inhóspitos. (Jutronich, 1958, p. 1).

En enero de 1959, el buque *Yapeyú* de la Flota Argentina de Navegación de Ultramar realizó un crucero de 16 días transportando 262 pasajeros que partieron desde Buenos Aires el 23 de enero, hacia el archipiélago de las

Shetland del Sur y la Península Antártica, con una escala en Ushuaia, el 6 de febrero, en viaje de regreso.

Un viaje de similares características fue organizado en 1959 por Chile con el buque *Navarino* de la Empresa Marítima del Estado, transportando 84 pasajeros sin registrar escala en Ushuaia. De estas primeras experiencias de la década del '50 participaron unos 116 pasajeros por modo aéreo (1 sobrevuelo y 1 vuelo con aterrizaje) y 538 por vía marítima (456 partieron o hicieron escala en Ushuaia). Estos viajes pioneros tienen la característica de haber sido los únicos realizados antes de la firma del Tratado Antártico, organizados por organismos estatales y, en el caso de los buques, enarbolando la bandera del país organizador. Demostraron tanto la viabilidad técnica de su realización como el interés de los turistas en viajar a esas apartadas regiones y la posibilidad de contar con fuerzas logísticas de apoyo. En tanto las sensaciones de aventura y lejanía, la belleza de los paisajes, la diversidad de la fauna y las características épicas de estos viajes lograron satisfacer y superar las expectativas de los turistas.

La continuidad del turismo antártico en la década del '60

En la década del '60 los viajes turísticos se inician recién en la temporada 1965-1966. En enero de 1966 la empresa Lindblad Travel, con asiento en Nueva York, junto con la agencia de turismo Astra de Buenos Aires, arrendaron al Comando de Transportes Navales el buque *Lapataia* y organizaron el *First International Survey Voyage To Argentine Antarctic Sector* en enero de 1966. Partieron desde Buenos Aires con escalas en Mar del Plata y Ushuaia, visitando luego las estaciones científicas Brown, Decepción y Esperanza. Un fragmento del diario La Nación evoca el momento (Diario La Nación, 14/01/1966, p. 7):

La Antártida es el objetivo de estos 60 norteamericanos que constituyen el primer 'contingente turístico' que llegará al continente helado. Partieron ayer de la Dársena A del puerto metropolitano, a bordo del transporte de la Marina de Guerra 'Lapataia' comandado por el Capitán Zenon Bolino. La nave cuenta con una dotación de 55 hombres y a su bordo se cargaron ropas especiales y materiales técnicos y científicos-. Estos implementos serán utilizados por los turistas- pertenecen a la alta sociedad de Estados Unidos- que son comandados por el explorador Finne Ronne. Durante la travesía, los viajeros se dedicarán a diversas tareas de investigación ya que el propósito de la singular travesía es exclusivamente cultural. El jefe científico de la expedición que concluirá en la Antártida Argentina es el señor Lyman Sexton.

Nuevamente se evidencia el carácter del viaje dirigido a una élite y también la función distintiva de éste, al definirlo como “estrictamente cultural” y dedicado a “tareas de investigación”. La revista *Life* (Leatherbee, 1967) escribió un artículo sobre esta experiencia, incorporando fotografías de los visitantes interactuando con la fauna (Figura 7.2.3). Si bien, como ya se ha mencionado, el turismo antártico ya había comenzado a fines de la década del '50, el viaje de Lindblad de 1966 significó un hito que aún en la actualidad es recordado, probablemente por la importante repercusión internacional que tuvo en su momento y por la continuidad en las operaciones de la empresa con el mismo nombre hasta la actualidad. De esta manera, se ha reforzado de forma enfática el 'mito' sobre el viaje antártico, especialmente consumido por grupos de turistas de alto poder adquisitivo y con una importante experiencia en viajes.

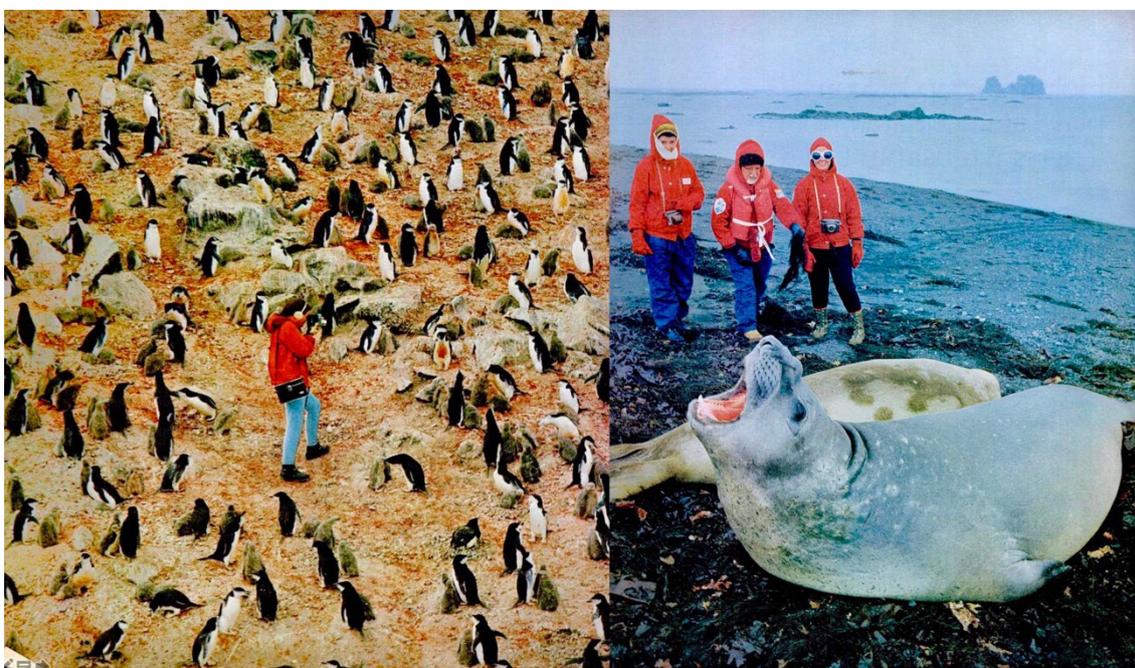


Figura 7.2.3: Visitantes interactuando con la fauna en un viaje de 1967.
Fuente: Leatherbee, 1967 (Revista *Life*). Publicada en: Vereda et al. (2019).

En los años siguientes, la empresa *Lindblad Travel* alquiló buques a Chile y Dinamarca, experimentando diferentes itinerarios que no registraron escala en Ushuaia. En 1968 el buque chileno *Navarino* realizó desde Punta Arenas un viaje a la Península Antártica, cruzando por primera vez el Círculo Polar con turistas y con el buque danمارqués *Maga Dan* llevó adelante dos viajes desde Lyttelton en Nueva Zelandia hacia el área del Mar de Ross. En 1969 alquila nuevamente un buque chileno *Aquiles*, concretando un viaje a la Península desde Punta Arenas.

El buque *Lapataia*, por su parte, volvió a realizar un viaje con turistas a la Antártida en el verano de 1968. Durante la temporada 1968/1969 la Dirección Nacional de Turismo de Argentina organizó una serie de cuatro cruceros denominados “Cruceros Continente Blanco”. Los viajes se materializaron con el buque *Libertad* de la Empresa Líneas Marítimas Argentinas. En síntesis, en esta década se realizaron 12 viajes marítimos con 1.612 pasajeros (8 viajes transportando 1.394 visitantes operaron a través de Ushuaia).

El turismo aéreo estuvo representado en este periodo con un vuelo turístico alrededor del mundo, patrocinado por el *Admiral Richard Evelyn Byrd Polar Center of Boston*, en noviembre de 1968. Sobrevolaron el Polo Norte y el Polo Sur como vuelo conmemorativo y para recaudar fondos para el Centro. Luego de recalar en Christchurch, aterrizaron en la base McMurdo por unas horas y continuaron hacia Río Gallegos. Aproximadamente 70 pasajeros participaron de este vuelo.

Con motivo de la participación de la actividad privada en la organización de actividades turísticas en la Antártida, en la IV RCTA realizada en Santiago de Chile en 1966, se aprobó la primera Recomendación relativa al turismo (Recomendación RCTA IV-27). En ella se recomienda cómo proceder en caso de organizar visitas a las bases científicas ya que, durante los primeros años del turismo antártico, los desembarcos se encontraban asociados a recorridos por las estaciones científicas.

El primer “boom” del turismo antártico de la década del ‘70

En la década del ‘70 se experimentó un importante crecimiento respecto de las décadas anteriores. Para el caso de Argentina, la actividad del turismo de cruceros se repartió entre las iniciativas surgidas desde la actividad privada y las promovidas desde diferentes organismos nacionales. La Dirección Nacional de Turismo fue el ente estatal argentino que promovió la continuidad de la actividad turística. Se realizaron viajes con los buques *Río Tunuyán* y *Libertad* (ver Figura 7.2.4). A partir de 1974 y por dos temporadas, la Subsecretaría de Deportes y Turismo de Argentina charteó el buque *Regina Prima*, de bandera panameña, organizando 6 viajes en la temporada 1974/1975 y 7 viajes durante la siguiente.

En 1970, con el comienzo de los viajes del buque *Lindblad Explorer*, un barco diseñado especialmente para operar en aguas polares, se desarrolló el concepto de cruceros de expedición, que refiere a la organización de viajes a destinos remotos que carecen de infraestructura de apoyo y donde, en consecuencia, el buque posibilita tanto el acceso como la permanencia en el área de destino cubriendo todas las necesidades de los pasajeros. La organización de las actividades en tierra está a cargo del operador del buque y es frecuente la realización de conferencias a bordo por especialistas sobre

diferentes aspectos del lugar visitado. En enero de ese año se llevó a cabo el primer viaje a la Antártida partiendo desde Buenos Aires y finalizando en Punta Arenas, desde donde efectúa un segundo viaje. En la temporada siguiente opera dos viajes desde Hobart (Australia) y las islas Campbell (Nueva Zelanda) hacia el Mar de Ross. En enero de 1972 realiza un viaje desde Cape Town (Sudáfrica) hacia Antártida y Malvinas finalizando en Ushuaia y en el segundo viaje tiene un incidente al varar en la Bahía Lasserre. Durante las siguientes temporadas de esta década el *Lindblad Explorer* realizó numerosos viajes, utilizando a Ushuaia como puerto base. Vale la pena mencionar un viaje de 35 días, que tuvo lugar en la temporada 1973/1974, desde el puerto de Bluff (Nueva Zelanda) hasta Ushuaia, tratándose del primer viaje turístico de semi-circunnavegación antártica. En la temporada 1972/1973 la compañía española *Ybarra* realizó un viaje denominado "I Crucero Antártida y Sol de Medianoche" a bordo del buque *Cabo San Roque*, con capacidad para 720 pasajeros distribuidos en dos clases, completando 5 viajes en los años siguientes. En enero de 1973 el buque *Enrico C* de la Línea Costa, arribó a Ushuaia con 888 pasajeros procedente de la Antártida en tanto el buque *World Discoverer*, de la empresa *Society Expedition Cruises*, comenzó a operar en la temporada 1977/1978 realizando dos viajes con 282 pasajeros. En esta década se realizaron 72 viajes marítimos con 18.435 pasajeros (63 viajes transportando 16.824 pasajeros operaron desde Ushuaia).



Figura 7.2.4. Turistas en la Antártida, viaje de la T/N Río Tunuyán

Fuente: Gentileza de la Sra. María de Lourdes Posada. Publicada en Vereda et al., 2019.

El turismo aéreo adquirió notoriedad durante este periodo; las empresas *Qantas* de Australia y *Air New Zealand* de Nueva Zelandia, desarrollaron distintos programas de sobrevuelos que fueron regulares entre las temporadas 1977/1978 y 1979/1980. Un total de 40 vuelos transportando 10.000 pasajeros tuvieron lugar durante esas temporadas. Los sobrevuelos regulares terminaron drásticamente cuando en noviembre de 1979 ocurrió un accidente fatal al chocar un avión de la compañía *Air New Zealand* (DC-10) con el Monte Erebus, en la isla Ross. Las 257 personas a bordo murieron.

Por otro lado, una empresa norteamericana, *Travel Corporation of America* (TRAVCOA), organizó junto con Líneas Aéreas del Estado (LADE) dos vuelos a la Base Marambio, transportando en total 80 pasajeros (incluida la tripulación) en el mes de marzo de 1980. El primer vuelo partió de Río Gallegos, sobrevoló el Círculo Polar Antártico, aterrizó en la base Marambio y regresó a Ushuaia, el segundo realizó un recorrido similar.

En el contexto internacional, el turismo por modo aéreo adquiere notoriedad. En este marco de incremento de los viajes turísticos y del número de visitantes, desde el Sistema del Tratado Antártico se manifiesta la preocupación por los efectos del turismo mediante cinco disposiciones: Recomendaciones VI-7 y VI-11(1970), VII-4 (1972), VIII-9 (1975) y X-8 (1979). Aunque no se trata de disposiciones obligatorias, son pautas válidas que orientan las conductas de las Partes y contribuyen a entender las tendencias principales en relación con la actividad turística.

Debido a que en este periodo se continúan realizando varias visitas a bases científicas por viaje, dos Recomendaciones (VI-7 y VIII-9) se refieren a lineamientos para resguardar la actividad científica. También se manifiesta la preocupación para la protección del ambiente antártico y los monumentos históricos (VI-7, VII-4 y VIII-9). Además, la Recomendación X-8 establece la necesidad que las expediciones no gubernamentales estén debidamente aseguradas contra los riesgos de contraer obligaciones financieras en caso de la ocurrencia de un accidente. Exhorta a los organizadores de las expediciones a contar con guías de turismo experimentados en condiciones antárticas que conozcan las medidas sobre flora y fauna y protección de la Antártida. Asimismo, se refieren a los sobrevuelos comerciales indicando que su número de "excede la capacidad existente del control aéreo, comunicaciones y búsqueda y rescate en la región antártica" (Recomendación X-8, (i), 1979).

Cabe destacar que a fines del año 1979 ocurrió el accidente fatal que se mencionó en párrafos precedentes y que fue recordado en la RCTA siguiente, en Buenos Aires, 1981, mediante la Recomendación XI-3 que propone que el lugar del accidente se declarara como monumento.

Se considera que en la década del '70 se generó un “boom turístico”, caracterizado por una actividad continua durante todas las temporadas, la participación estatal argentina, como así también de nuevas empresas del sector privado, utilizándose en varios casos buques de mayor porte. Comienza a operar por primera vez un buque especialmente diseñado para la navegación en aguas polares y, en algunos casos, los buques portan banderas de conveniencia.

Si bien todavía se trata de una fase inicial del turismo antártico, se observa cómo se sostiene el mito y se incorporan materiales que señalan cómo visitar la Antártida (ver Figura 7.2.5) y se refuerzan los componentes del paisaje destacados desde los primeros viajes. Asimismo, la filatelia constituye una práctica de realización habitual (Figura 7.2.6)

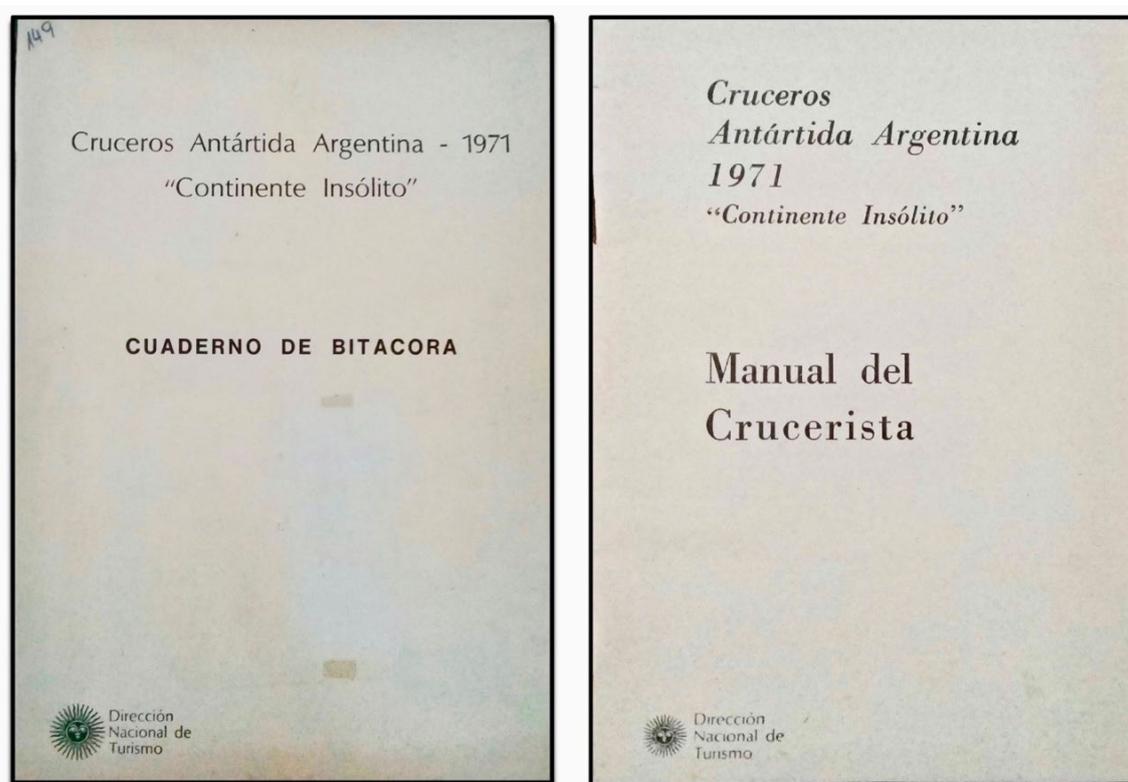


Figura 7.2.5. Materiales distribuidos en el buque Río Tunuyán, preparados por la Dirección Nacional de Turismo.

Fuente: Cortesía de la Sra. María Lourdes Posada, publicado en Vereda y Jensen, 2019.



Figura 7.2.6. Timbres y sellos postales relacionados con los viajes antárticos de la década del '70.

Fuente: Centro de Documentación Antártica de la UNTDF. Consulta en agosto 2018.

El estancamiento en la década del '80

En la década del '80 el turismo marítimo antártico que operó desde Ushuaia o con iniciativas argentinas disminuyó notablemente, en especial debido al conflicto bélico que tuvo lugar en el Atlántico Sur en 1982.

La Dirección Nacional de Turismo de Argentina llevó adelante el último viaje efectuado por ese organismo con el buque *Bahía Buen Suceso* a comienzos de la década. A partir de allí, la actividad privada tomó la iniciativa y en la temporada 1980/1981 la empresa Antartur con asiento en Ushuaia, organizó un viaje a bordo del buque *Bahía Buen Suceso*, transportando 70 turistas (Figura 7.2.7). En la temporada siguiente realizó dos viajes transportando 139 turistas. Continuó con los viajes antárticos en la temporada 1985/1986, alquilando parcialmente la capacidad del Buque Polar *Bahía Paraíso*, organizando una serie de viajes durante las siguientes tres temporadas. Desde el punto de vista de la organización de estos viajes se destaca la redacción del Manual Cruceros Antárticos (Figura 7.2.8) en el que se hace especial mención a las normas de conducta que los turistas deben considerar a fin de respetar las disposiciones legales argentinas emanadas de su condición de Estado Parte del Tratado Antártico. Esta empresa, en una oportunidad, invitó a los descendientes de miembros de la expedición del Antarctic, de Larsen, Nordenskjöld y Sobral, quienes fueron invitados a izar los pabellones de sus respectivos países (ver Figura 7.2.9). En otra oportunidad, también fue invitado el nieto de De Gerlache, llevándolo con el buque justo en la misma fecha en que había estado su abuelo. También se dirigía la atención hacia el aprendizaje y conocimiento de la Antártida

a través de conferencias a bordo: “científicos, expertos polares y descendientes de pioneros antárticos ilustraron al pasaje sobre aspectos geofísicos e históricos del Continente Antártico”. (Giró, com. pers., 2017). Al respecto, ver Figura 7.2.10.

El accidente del buque durante el último de sus viajes con turistas en 1989 significó el fin de la serie de viajes organizados por esta compañía a la Antártida y generó nuevas deliberaciones en las RCTAs sobre la reglamentación de la actividad.

Las actividades de empresas extranjeras continuaron desarrollándose con el buque *Lindblad Explorer* y el *Society Explorer*; asimismo, en la temporada 1988/1989 comenzó a operar el buque *Antonina Nezhdanova*, realizando 7 viajes a través de Ushuaia, anticipando de alguna manera el crecimiento sostenido que se iniciaría en la década siguiente.



Figura 7.2.7. Folleto de la empresa Antartur
Fuente: Cortesía de la Sra. Pucci Giró.

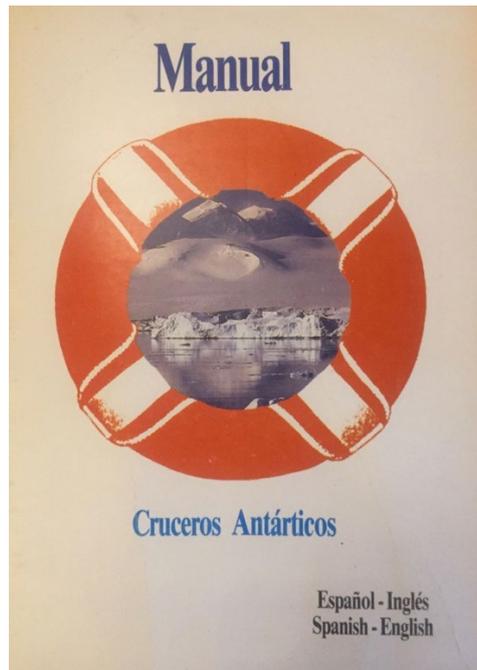


Figura 7.2.8. Manual del cruceiro, empresa Antartur.
Fuente: Cortesía de la Sra. Pucci Giró.



Figura 7.2.9. Descendientes de Larsen, Sobral y Nordenskjöld izando el pabellón de sus respectivos países en base Esperanza.
Fuente: Cortesía de la Sra. Pucci Giró.



Figura 7.2.10. Conferencia a bordo (1980)
Fuente: Cortesía de la Sra. Pucci Giró.

Además, durante este periodo se ensayan otras alternativas; en la temporada 1981/1982 una empresa turística chilena chartó tres vuelos a las FACH desde Punta Arenas a la base presidente Eduardo Frei Montalva (en la isla 25 de Mayo, Shetland del Sur), y desde allí los turistas recorrían la zona en el buque *World Discoverer*, especialmente contratado con esa finalidad.

Durante esta década un total de 16.694 pasajeros visitaron la Antártida por modo marítimo a nivel internacional, 3.017 lo hicieron desde Ushuaia.

Por otra parte, desde Chile tuvieron lugar diversos vuelos turísticos. Durante la temporada 1983/1984 un avión de Líneas Aéreas del Cobre (LADECO) sobrevoló la isla 25 de Mayo y el norte de la Península Antártica con 100 pasajeros. En 1984 desde Punta Arenas a la base presidente Eduardo Frei Montalva se desarrollaron vuelos que transportaron 200 visitantes. El 31 de diciembre de 1985 se accidentó en la isla Nelson un vuelo turístico donde fallecieron los dos tripulantes y ocho pasajeros. TRAVCOA inició una serie de vuelos turísticos con aviones de la Fuerza Aérea de Chile (C-130H) a partir de la temporada 1985/1986 y que continuaron hasta 1989/1990. En enero de 1990 un avión BAE 146-200 de Lan Chile aterrizó en la base presidente Eduardo Frei Montalva para evaluar la factibilidad técnica para la comercialización de vuelos a la Antártida. En febrero de 1989, la empresa chilena Aerovías DAP también realizó vuelos a la misma base trasladando pasajeros y carga.

En 1985 se crea la compañía de turismo aventura *Adventure Network International* (ANI), que opera por modo aéreo desde Punta Arenas hasta la actualidad. Organiza actividades de aventura al sur de la Península Antártica, tratándose de la primera empresa que desarrolla este tipo de actividades, con distintos programas. En la temporada 1987/1988 realizó doce vuelos con un DC-4 al campamento de verano que arman en zona de montañas y glaciares, con un DHC-6 equipado con ruedas y esquíes llegaron al Polo Sur.

Si bien continuaron las deliberaciones sobre el turismo y las actividades no gubernamentales en las RCTAs de este periodo, solamente se generaron dos Recomendaciones, la XI-3 (1981) sobre el accidente aéreo en el Monte Erebus, ya mencionada, y la Recomendación XIII-3 (1985) que promueve el intercambio de información.

El crecimiento sostenido del turismo antártico en la década del '90

La década del '90 es un momento clave en el desarrollo del turismo antártico. A nivel internacional, la disponibilidad de buques de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética (Figura 7.2.11) para ser fletados por operadores turísticos favoreció el desarrollo de la actividad y, a nivel nacional, se define el rol protagónico de Ushuaia como puerta de entrada del turismo marítimo que seguirá manteniendo en décadas posteriores.

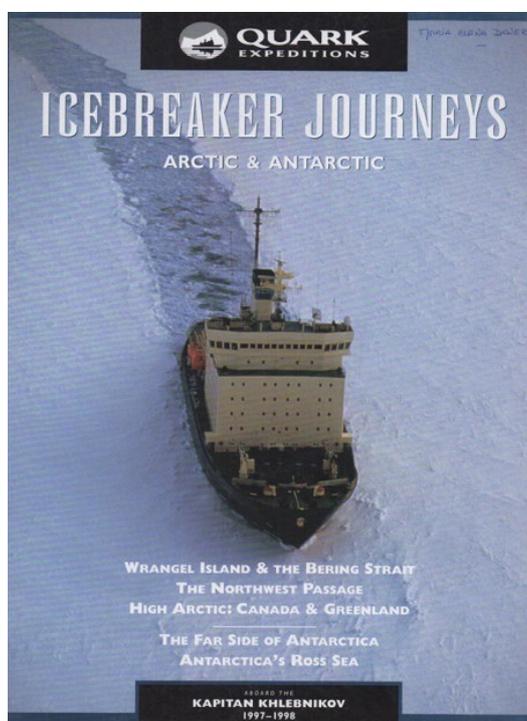


Figura 7.2.11. Folleto turístico promocionando viajes al Ártico y a la Antártida a bordo de un rompehielos propiedad de la *Far East Shipping Company* -FESCO- (actual Federación de Rusia). Fuente: Quark Expeditions (1996) [Folleto] Archivo del Centro de Documentación Antártica, UNTDF.

Este cambio significativo en el turismo antártico produce un importante incremento tanto en la cantidad de buques que realizaron viajes a la Antártida a través del puerto de Ushuaia, como en la cantidad de viajes y pasajeros. La temporada de cruceros se extendió a 105 días y fue en aumento hasta la temporada 1996-1997, momento en que la extensión de la misma llegó a los 147 días.

En este periodo el turismo marítimo antártico se desarrolló a partir de iniciativas de la actividad privada de origen extranjero que junto a factores exógenos (entre los que se destaca una mayor disponibilidad de buques y recursos humanos especializados en la navegación polar) y endógenos, como las obras de infraestructura desarrolladas en Ushuaia, posibilitaron la consolidación de la actividad. En este sentido, se destaca la construcción del aeropuerto internacional y la ampliación del muelle comercial; en 1995 se inauguró una pista de aterrizaje de mayor longitud (2.460 m.) y orientada con una nueva dirección que favorece las operaciones de despegue y aterrizaje. En 1997 concluyeron las obras de la terminal de pasajeros en el aeropuerto, brindando así la posibilidad de recibir aviones de gran porte. De esta manera, se incrementó la frecuencia de vuelos a Ushuaia y facilitó la operatoria de las operadoras turísticas antárticas a través de vuelos chárter que permiten el recambio de pasajeros intermodal aeropuerto-puerto. Asimismo, en el año 1999 se extendió la longitud del muelle hasta 520 m, permitiendo contar con una mayor cantidad de sitios de amarre, condición que, sumada a las características naturales de puerto de aguas profundas y bahía abrigada, favoreció las operaciones de los buques turísticos antárticos.

Durante la temporada 1999/2000 se desarrollaron numerosos programas especiales motivados por la celebración del “fin del milenio”, produciendo un incremento importante en la cantidad de viajes, pero sobre todo en la cantidad de pasajeros, llegando a un total de 13.898 pasajeros en 121 viajes.

Sintetizando, en esta década el total mundial del turismo marítimo fue de 73.332, en tanto a través del puerto de Ushuaia viajaron 55.013 pasajeros. En los informes presentados anualmente por Asociación Internacional de Tour Operadores Antárticos (IAATO) en las RCTAs, se consigna una mayor cantidad de viajes y pasajeros por temporada, dando cuenta de las actividades que se realizan a través de otros puertos (en estos datos se incluyen los viajes realizados por veleros que transportan hasta 12 pasajeros).

Por su parte, el turismo aéreo desde Australia se reanudó a través de la empresa *Croydon Travel* junto con la compañía aérea *Qantas* con sobrevuelos que se reiniciaron en la temporada 1994/1995. Hasta la temporada 1999/2000 transportaron 17.000 pasajeros, distribuidos en 52 vuelos, operando con un Boeing 747-400. Estos vuelos tenían la característica de ser ofrecidos como

vuelos domésticos, con una duración aproximada de 12 horas. Durante la temporada 1998/1999 la compañía chilena *Avant Airlines* comenzó a ofrecer sobrevuelos desde Punta Arenas a la Península Antártica para los cruceros de gran porte que recalaban en esa ciudad. Se estima que han realizado aproximadamente 20 vuelos por temporada, transportando entre 40 y 60 pasajeros por viaje a bordo de un Boeing 737. También desde Punta Arenas operó Aerovías DAP, trasladando turistas a la base presidente Eduardo Frei Montalva, en la isla 25 de Mayo.

El turismo de aventura en tierra siguió en esta década representado por una compañía, *Adventure Network International/ Antarctic Logistic Expeditions*, operando desde Punta Arenas a través del modo aéreo. La información disponible para las temporadas 1997/1998 a 2000/2001, señala que un promedio de 120 pasajeros por temporada protagonizó actividades de aventura tales como montañismo y escalada. Asimismo, la compañía brindó apoyo logístico a expediciones privadas.

En términos generales, esta década demuestra un crecimiento excepcional en la modalidad de cruceros, tanto en la cantidad de buques como de viajes y pasajeros, básicamente a partir de la iniciativa privada extranjera. También se caracteriza por el uso de embarcaciones con capacidad entre 50 y 100 pasajeros, e incluso, algunas aún más. Ushuaia se consolidó como puerto base para esta modalidad de turismo, con participación sobre el total del turismo marítimo antártico superior al 90%.

En este periodo se reinició el turismo aéreo a partir de sobrevuelos regulares tanto desde Australia como desde Chile y el traslado aéreo para actividades de turismo aventura continuó.

El turismo antártico continuó reproduciendo el modelo de viaje distintivo, destacando aspectos significativos del paisaje antártico. Asimismo, se observa la pertenencia a una membresía y, a su vez, se evidencia una mayor oferta de amenidades a bordo. Además, se llevaron adelante viajes de conmemoración, como el denominado “Adrien de Gerlache Conmemorative Antarctic Cruise”, organizado por la compañía belga Asteria, en 1997, a 100 años de la expedición de Adrien de Gerlache a la Antártida. Se realizó a bordo de la embarcación *Professor Khromov*, siguiendo la misma ruta que el buque Bélgica a fines del siglo XIX. En el mismo sentido se organizaron también viajes conmemorativos de la expedición de Shackleton.

En el inicio de esta década se conformó la Asociación Internacional de Tour Operadores Antárticos; fue fundada por siete operadores turísticos privados en el año 1991, y en la actualidad nuclea a la mayoría de las compañías de distintos lugares del mundo. Esta Asociación, entre otras tareas, representa al sector turístico en las RCTAs, participando como experta invitada. En relación

con el Sistema del Tratado Antártico, este periodo coincide con las deliberaciones en las RCTAs sobre el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, que fue firmado en Madrid el 4 de octubre de 1991 y entró en vigor en 1998. En esa Reunión Consultiva Especial, el Grupo de Trabajo II contaba en su temario con el tema turismo y actividades no gubernamentales entre otros ítems. Una vez redactados los anexos sobre temas específicos al Protocolo, confirmaron que las disposiciones del Protocolo y Anexos eran igualmente de aplicación para el turismo y actividades no gubernamentales.

La Recomendación XVI-13 (1991) es la primera disposición de esta década, con posterioridad a la firma del Protocolo y manifiesta la inclusión de las actividades turísticas:

(...) Observando que el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente y sus Anexos se aplican a las actividades turísticas y a otras actividades no gubernamentales en la Antártida; también expresa la preocupación por (...) los posibles efectos de la intensificación de las actividades turísticas y no gubernamentales en la Antártida

En este sentido, recomienda la formulación de propuestas para la elaboración de una reglamentación completa de las actividades turísticas y no gubernamentales. Si bien esta Recomendación no entró en vigor, expresa la necesidad de contar con una regulación del turismo antártico basada en temas ambientales y operacionales. Aunque en la RCTA XVI no se llegó al consenso para incluir un anexo al Protocolo sobre turismo, en las deliberaciones se evidencia la preocupación para su regulación en el marco del Sistema del Tratado Antártico. Las deliberaciones continuaron en las siguientes reuniones y en la RCTA XVIII de Kioto, la Recomendación XVIII-1 pretende orientar las actividades de visitantes y de los organizadores de las actividades a través de una Guía para los visitantes a la Antártida y una Guía para aquellos que organicen y conduzcan actividades turísticas y no gubernamentales en la Antártida; esta Recomendación también señala la información que deben proporcionar como notificación previa a las autoridades nacionales. Al año siguiente, en la RCTA de Seúl, se adopta la Resolución 3 (1995) donde se recomienda la notificación respecto de las visitas a la Antártida a los operadores turísticos y no gubernamentales, señalando la información para remitir a las autoridades nacionales. Esta idea es retomada en la RCTA de 1997, a través de la Resolución 3 (1997) recomendando la utilización de un formato estándar tanto para la notificación previa como para la realización de un informe post-visita. Por

otra parte, en la RCTA de 1996 se adopta la Resolución 2 (1996) para promover los valores científicos, estéticos y de vida silvestre de la Antártida.

Principios del siglo XXI en el desarrollo del turismo antártico

En la década del '00, la participación sudamericana en la industria turística antártica se reinaugura; por un lado, la empresa *Antarply Expeditions*, fundada por empresarios argentinos y con asiento en Ushuaia, comenzó a operar con el buque *Ushuaia* (Figura 7.2.12) en la temporada 2002/2003, a través del puerto de Ushuaia. Por otro lado, entre las temporadas 2005/2006 y 2011/2012 operó regularmente el buque *Antarctic Dream* (antes *Piloto Pardo*) de la empresa *Antarctic Shipping*, radicada en Chile.



Figura 7.2.12. Buque *Ushuaia* en proximidad de la base Brown.

Fuente: Archivo fotográfico equipo de investigación de turismo antártico, UNTDF.

Las empresas extranjeras continuaron operando, incrementando el número de viajes y de visitantes. La temporada 2007/2008 registró el mayor movimiento en esta modalidad tanto a través del puerto de Ushuaia, con 44.605 pasajeros, como en el total mundial alcanzando los 45.652 visitantes. La temporada siguiente fue la más extensa hasta la del 2018/2019, con una duración de 179 días. Sin embargo, la crisis financiera internacional del 2008 produjo un decrecimiento en los flujos turísticos.

Asimismo, es interesante destacar que en esta década se intensifica la diversificación de actividades como, por ejemplo, kayakismo, escalada, camping, montañismo, buceo.

El turismo marítimo introduce una variante en la temporada 2003/2004 que se refiere a la combinación del modo aéreo con el marítimo; de esta manera, se evita el cruce del Mar de Hoces o Pasaje Drake, para continuar el recorrido en la Península Antártica en crucero. Durante esta primera etapa solamente una empresa llevó adelante esta modalidad, aportando un total de 1.439 pasajeros en estas siete temporadas.

Los buques de gran porte, con un aumento progresivo de la capacidad, comienzan a incluir a la Antártida en sus programas. Los itinerarios se originan en puertos de América del Sur o bien forman parte de recorridos más extensos hasta incluir la vuelta al mundo y hacen escala en Ushuaia en su viaje hacia, o desde, la Antártida. Durante la década realizan 41 viajes con 47.902 pasajeros, en tanto la temporada con mayor presencia corresponde a la 2007/2008 en que 6 buques realizaron 10 viajes transportando 12.365 pasajeros.

En la temporada 2006/2007 tuvo lugar el viaje del primer *Very Large Cruise Vessel* (VLCV), el *Golden Princess*, con capacidad para 3.100 pasajeros.

El turismo marítimo presentó problemas con distintas embarcaciones, como varamientos, rotura de hélice, aprisionamiento por hielo, entre otros. Sin embargo, el hecho más relevante ocurrió durante la temporada 2007/2008 al producirse el hundimiento del buque *Explorer* que enarbolaba bandera de Liberia y había sido chartado por la operadora turística canadiense *Gap Expeditions*. Los 91 pasajeros, 54 tripulantes y 9 miembros del *staff* fueron rescatados por otros dos buques de turismo que estaban en la zona.

Puede señalarse que durante la primera década del siglo XXI se realizaron 1.741 viajes transportando 244.582 turistas por modo marítimo, a través de Ushuaia en tanto los pasajeros por vía marítima a nivel mundial fueron 256.095.

Los sobrevuelos continuaron hasta la temporada 2007/2008; *Lan Chile* y *Croydon Travel* sostuvieron los vuelos regulares, en tanto *Avant Airlines* y *Aerovías DAP* lo hicieron de manera discontinua. Con los datos disponibles se estima que un total de 14.000 pasajeros participaron de los sobrevuelos en esta década.

La modalidad de turismo en tierra se siguió comportando de la misma manera que en la etapa anterior, con traslados aéreos desde Punta Arenas. A ANI/ALE se sumaron otras compañías, calculando un total de 4.900 turistas que participaron de actividades de aventura en tierra.

Dado el incremento del turismo, la diversificación de actividades y la creciente cantidad de buques de gran porte que se incorporaron en este periodo, además de los problemas en relación con la navegación de varios buques, en

las RCTAs se manifiesta la preocupación por la preservación del medio ambiente antártico; es así que varias disposiciones surgieron y, además, se convocó a la Reunión de Expertos del Tratado Antártico (RETA) sobre Turismo y Actividades No Gubernamentales en la Antártida. La Decisión 5 (2003), alcanzada en la RCTA XXVI, solicitaba a la RETA que abordara los siguientes temas: vigilancia, impacto acumulativo, y evaluación de impacto ambiental; seguridad y auto suficiencia; jurisdicción, autorregulación del sector, análisis del marco jurídico existente e identificación de lagunas; directrices; turismo de aventura; turismo patrocinado por los gobiernos y coordinación entre operadores nacionales. En la Resolución 1 (2003) se estimula el asesoramiento a los operadores de buques y yates con la convicción de que quienes los operan conozcan sobre el Protocolo y sus Anexos.

En la RCTA siguiente, se adoptó la Resolución 3 (2004), propuesta en la RETA, que menciona la preocupación por el turismo aventura: “Preocupados por la tendencia creciente del turismo aventura de la Antártida y por la falta de vigilancia y control rigurosos de dichas actividades (...)”; es así que la Resolución promueve una mayor cooperación entre las partes para el intercambio de información. La preocupación se extiende al turismo en general sobre los riesgos y, en ese sentido, la Resolución 4 (2004) recomienda seguir directrices para los planes de contingencia, seguros y otros asuntos; esta Resolución ya no se encuentra vigente, al regir la Resolución 6 (2017) que la contiene y amplía. En la misma RCTA (Ciudad del Cabo) se redactó la Medida 4 (2004) que aún no entró en vigor, en relación con seguros y planes de contingencia para el turismo y actividades no gubernamentales en la zona del Tratado Antártico. Esta Medida recomienda que las Partes exijan a quienes están bajo su jurisdicción y organicen actividades turísticas u otras actividades no gubernamentales que demuestren que:

(...) hayan hecho e implementado planes de contingencia apropiados y arreglos suficientes en materia de salud y seguridad, búsqueda y salvamento (SAR), atención médica y evacuación antes del inicio de las actividades (...) que se disponga de suficiente seguro o se hayan tomado otros recaudos para cubrir los costos asociados a las tareas de búsqueda, salvamento, atención médica y evacuación (Medida 4, 2004).

Al año siguiente, en la RCTA XXVIII en Estocolmo, tienen lugar dos disposiciones. La primera, Resolución 6 (2005), recomienda que se utilice el formulario ya propuesto en reuniones anteriores, ahora revisado, para los informes posteriores a las visitas a sitios en relación con el turismo y actividades

no gubernamentales. La segunda, Resolución 5 (2005), aborda las directrices para sitios que reciben visitantes; se trata de lineamientos para orientar las visitas a cuatro sitios. Al año siguiente, en la RCTA XXIX, la Resolución 2 (2006) incorpora más sitios; estas dos últimas no se encuentran vigentes en función de las Resoluciones 1 (2010) y 2 (2008), respectivamente. Cabe destacar que las Resoluciones sobre directrices para sitios se van actualizando en diferentes momentos, generalmente incorporando más sitios, dejando sin efecto la Resolución anterior.

En la RCTA XXX, tres Resoluciones manifiestan la preocupación creciente por el incremento del turismo, particularmente marítimo, y por la diversificación de actividades. Es así que la Resolución 4 (2007) se refiere al desembarco de turistas, mencionando los posibles impactos derivados del turismo, los incidentes de buques, la necesidad de proteger la vida humana en el mar y el medio ambiente antártico y reducir al mínimo la probabilidad de derrame de combustible. En este sentido, recomiendan una serie de medidas para realizar desembarcos; éstas finalmente se plasmarán en una Medida en el año 2009. La Resolución 5 (2007) recomienda que las Partes desalienten toda actividad turística que pueda contribuir con la degradación a largo plazo del medio ambiente antártico y sus ecosistemas dependientes y asociados. La Resolución 1 (2007) plantea directrices para nuevos sitios; ésta ya no se encuentra vigente, fue reemplazada por la Resolución 2 (2008).

Motivados por los accidentes protagonizados por varios buques durante esta década, en la RCTA XXXI, la Resolución 6 (2008) expresa la preocupación por el “(...) riesgo de un incidente marítimo grave de índole humanitaria y ambiental en el Área del Tratado Antártico(...)” y recomienda que los operadores turísticos tengan en cuenta las orientaciones para buques que naveguen alejados de los medios SAR y que notifiquen regularmente su posición al centro de coordinación de salvamento marítimo regional. También se incorporan nuevos sitios con directrices en la Resolución 2 (2008), que dejó de estar vigente a partir de la Resolución 4 (2009).

Al final de esta década, en la RCTA XXXII, cinco disposiciones tuvieron lugar, dos de ellas de gran importancia. Por un lado, la Resolución 7 (2009) presenta cinco principios generales del turismo antártico como ejes que rigen la actividad y, por otro, la Medida 15 (2009) establece que los buques que transporten más de 500 pasajeros se abstengan de desembarcar y los que transporten 500 pasajeros o menos restrinjan a 100 o menos el número de pasajeros en tierra simultáneamente y que mantengan una relación mínima de un guía cada 20 pasajeros. La Resolución 4 (2009) incluye más sitios con directrices, pero ya no rige al haber sido reemplazada por la Resolución 1 (2010). Por último, la Decisión 7 (2009) decide convocar una Reunión de Expertos en

Wellington para analizar distintas cuestiones sobre el turismo marítimo. Esta Reunión de Expertos del Tratado Antártico sobre la gestión del turismo marítimo en el Área del Tratado Antártico aprobó un programa con seis temas: tendencias del turismo marítimo en los últimos diez años incluidos los incidentes marítimos y las proyecciones; sucesos en la OMI relacionados con el turismo marítimo en el Área del Tratado Antártico; seguridad marítima en el Área del Tratado Antártico; la protección del medio ambiente antártico; embarcaciones con pabellón de países que no son Partes y Cooperación entre la RCTA; cooperación entre la RCTA, la OMI y la Organización Hidrográfica Internacional (OHI). En consecuencia, surgieron diecisiete recomendaciones que se presentaron en el informe de la RETA.

En la RCTA XXXIII, la Resolución 6 (2010) trata sobre la importancia de la búsqueda y salvamento con recomendaciones en este sentido, en tanto que la Resolución 1 del mismo año que incorpora directrices para sitios, no se encuentra vigente, reemplazada por la Resolución 4 (2011).

Características actuales del turismo antártico

El turismo de cruceros es el que ha tenido un crecimiento más sostenido y significativo frente a las otras modalidades de turismo en la Antártida. La extensión de la temporada en estos años es de 163 días, alcanzando los 180 días en la temporada 2018/2019.

La mayoría de los operadores turísticos que comercializan visitas a la Antártida lo hacen con buques propios y/o charteados a diferentes armadoras (ya sea por la totalidad aparte de la capacidad del buque). Gran parte de las compañías se especializan en la operación de cruceros de expedición en el Ártico y la Antártida, incorporando, en algunas oportunidades, otros destinos remotos. Prácticamente todos los operadores turísticos son miembros de la IAATO, única asociación del sector. En los últimos años, se han ido renovando las flotas, disminuyendo la cantidad de buques con menos de 100 plazas a favor de buques de 100 a 200 plazas en promedio, además de incluir sofisticados equipos para realizar mejores observaciones y diferentes actividades.

La modalidad aéreo-crucero ha presentado un crecimiento importante durante este periodo, especialmente porque se ha incrementado el número de compañías que ofrecen esta forma de visitar la Antártida, contabilizando cinco empresas para la temporada 2018/2019, además de veleros y yates.

A partir de las enmiendas al Anexo I del Convenio MARPOL (OMI) que prohíben el uso y/o transporte del combustible pesado al sur de los 60° S, vigentes desde agosto de 2011, los buques de gran porte disminuyeron su presencia a partir de la temporada 2011/2012. La readecuación en virtud de esta reglamentación le lleva a la industria varios años para volver a alcanzar el

máximo en número de pasajeros, aunque demuestra un franco crecimiento antes de la disrupción por la pandemia COVID-19, cuando se suspendieron todas las actividades turísticas a nivel mundial. Este momento marca claramente un hito en el turismo en la región.

En cuanto a otras modalidades de turismo antártico, que se desarrollan a través de las distintas puertas de entrada no se realizaron sobrevuelos en este periodo. El turismo en tierra se desarrolló como en las temporadas de periodos anteriores por modo aéreo, operando desde Punta Arenas hacia un campamento ubicado al sur de la Península Antártica, y también desde Ciudad del Cabo hacia campamentos en la zona conocida como Tierra de la Reina Maud, frente al continente africano. En la Figura 7.2.13 se observa la evolución del turismo antártico en sus distintas modalidades para el periodo 2013/2014 a 2023/2024, observándose que el turismo marítimo es el que demuestra un crecimiento más significativo y sostenido a lo largo del tiempo. La modalidad marítima se concentra en la Península Antártica, donde las áreas más visitadas corresponden a las islas Shetland del Sur y al área Centro-Oeste; allí se encuentran, a su vez, los sitios más frecuentados, la mayor parte de los cuales cuentan con directrices.

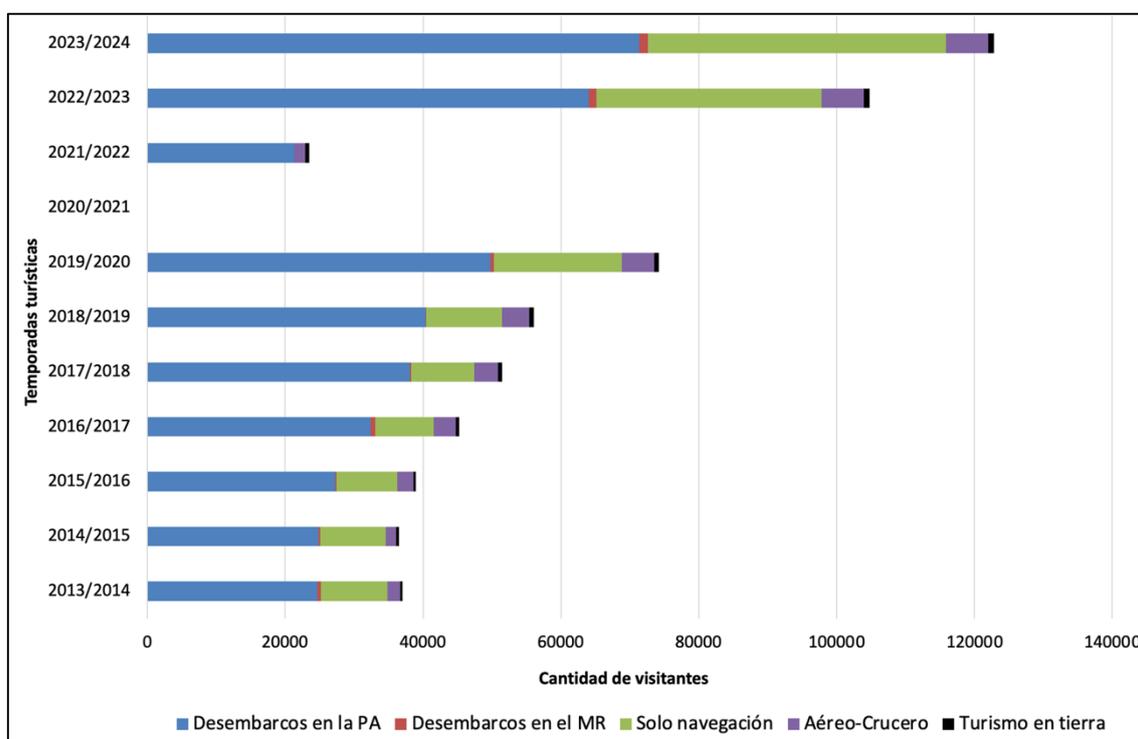


Figura 7.2.13. Modalidades de turismo antártico a través de distintas puertas de entrada, temporadas 2013/2014 a 2023/2024.

Fuente: elaboración propia basada en base de datos del equipo de investigación de turismo antártico (PIDUNTDF A1-1/2022) y de IAATO (2024^a y b).

El turismo marítimo continuará creciendo como el principal modo de operación; actualmente representa el 95% de todas las actividades turísticas en la Antártida, principalmente a través de Ushuaia (Figura 7.2.14).

A modo de síntesis, se presenta la cantidad de visitantes antárticos a lo largo del tiempo, corresponde al viaje inicial del turismo antártico hasta la temporada 2023/2024. Esta gráfica toma en consideración los viajes que tuvieron lugar operando desde el puerto de Ushuaia (Figura 7.2.15).

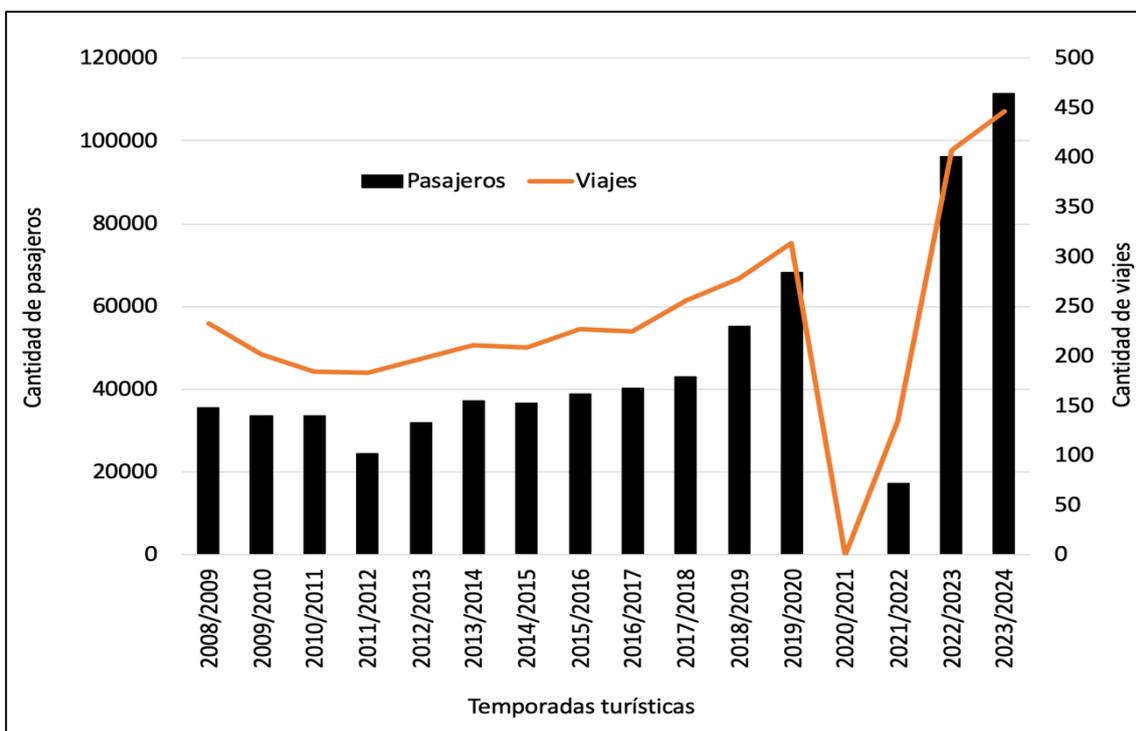


Figura 7.2.14. Total de pasajeros y viajes antárticos por temporada a través del puerto de Ushuaia. Temporadas 2008/2009 a 2023/2024.

Fuente: elaboración propia, informe preparado para la XLV RCTA, 2023 (IP 109) y actualizado a 2024.

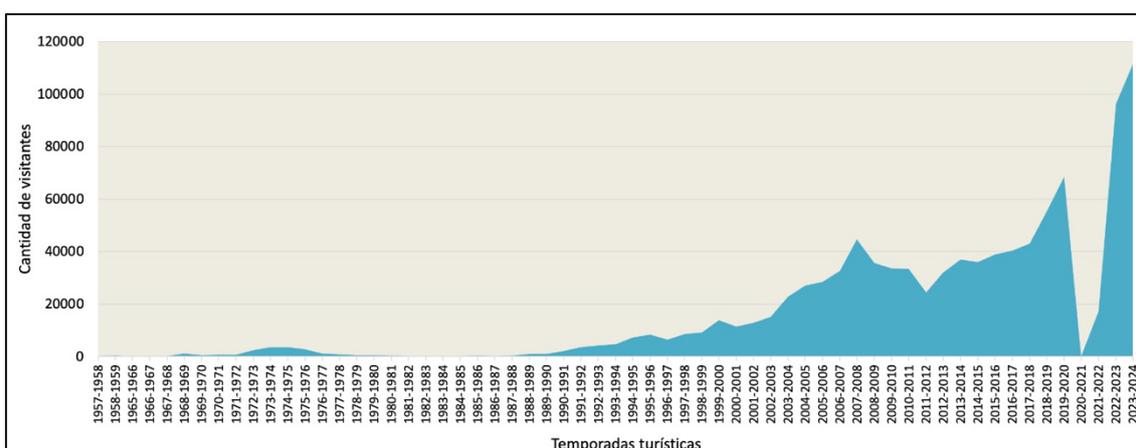


Figura 7.2.15. Evolución del turismo antártico a través del puerto de Ushuaia (1958/1959 a 2023/2024).

Fuente: elaboración propia basada en base de datos del equipo de investigación de turismo antártico UNTDF (PIDUNTF A1-1/2022), actualizada a 2024.

En relación con las disposiciones del periodo para el turismo, hubo diversos temas de abordaje. Considerando la intensidad de flujos y los diferentes puntos de visita, varias Resoluciones se refieren a directrices para sitios que reciben visitantes: Resolución 4 (2011), no vigente; Resolución 4 (2012), no vigente; Resolución 3 (2013), no vigente; Resolución 4 (2014), no vigente; Resolución 2 (2016), no vigente; Resolución 1 (2018), no vigente; Resolución 2 (2019) en vigencia; y Resolución 3 (2019), en vigencia. Al respecto, 42 sitios que reciben visitantes cuentan con directrices.

Un tema que suscita deliberaciones en las RCTAs lo constituyen los viajes de los yates y veleros que recorren la Antártida, en algunos casos sin permiso de autoridad competente. En la RCTA XXXV del 2012 se adoptó la Resolución 10 (2012) en consonancia con la Resolución 1 (2003) recomendando que se utilice la lista de verificación de artículos específicos para yates, que la Secretaría publique las Directrices para yates y que las Partes proporcionen información.

El turismo en tierra es alcanzado desde la Resolución 9 (2012) que recomienda a las Partes consideren una serie de preguntas como parte del proceso de autorización; hace referencia a la planificación de las actividades en tierra como así también a los posibles impactos y señalan el “creciente interés en las actividades expedicionarias por tierra, particularmente como resultado del centenario recientemente celebrado de las expediciones de Amundsen y Scott al Polo Sur en 1911 y 1912 (...)”. En la misma RCTA se originó la Resolución 11 (2012) que recomienda el uso de las listas de verificación para las actividades de los visitantes en el terreno. Esta lista de verificación surge de las listas de verificación de las inspecciones en función del Artículo VII del Tratado Antártico y del Artículo 14 del Protocolo.

En este mismo periodo, la Decisión 6 (2013) y la Decisión 7 (2019) promueven el intercambio de información sobre turismo y actividades no gubernamentales, particularmente, informando sobre las actividades y la cantidad de personas involucradas en ellas.

Un grupo de resoluciones expresan preocupación en función del riesgo relacionado con las actividades turísticas y no gubernamentales. La Resolución 6 (2014) alienta a que se realicen evaluaciones en función del riesgo. Posteriormente, la Resolución 7 (2014) recuerda la importancia de la Medida 4 (2004) sobre los seguros y planes de contingencia y recomienda que los Gobiernos que aún no aprobaron la Medida lo consideren. En el mismo sentido, en la RCTA XL, la Resolución 6 (2017) manifiesta que:

Deseando garantizar que el turismo u otras actividades no gubernamentales realizadas en la Antártida se lleven a cabo de una manera segura y autosuficiente (...) garantizar que los riesgos

asociados al turismo u otras actividades no gubernamentales se identifiquen plenamente con antelación y se reduzcan a un mínimo (...)

y recomienda se sigan las directrices sobre los planes de contingencia, seguros y otros asuntos relacionados con el turismo y otras actividades no gubernamentales en la zona del Tratado Antártico.

En virtud del significativo crecimiento de la actividad anunciado por la industria, entre los días 3 y 5 de abril 2019 tuvo lugar un encuentro informal en Rotterdam denominado “Taller de turismo antártico”; el trabajo del Taller abordó como temas principales, el crecimiento del turismo antártico y la diversificación de las actividades turísticas. Por último, la Decisión 6 (2019), considerando el Taller de Rotterdam, propone la creación del manual de reglamentos y directrices relevantes para las actividades turísticas y no gubernamentales en la Antártida.

Luego de la disrupción provocada por la pandemia COVID-19, el turismo a la Antártida demostró un crecimiento significativo alcanzando un total de 104.076 pasajeros, considerando todas las modalidades turísticas para la temporada estival 2022/2023, según lo informado por IAATO en el IP 56 de la XLV RCTA (2023). De ese total, 96.274 pasajeros visitaron la Antártida a través del puerto de Ushuaia (Argentina, IP 106, informado por el equipo de investigación de la UNTDF).

7.2.4 Actualidad científica

Durante el año 2023 se realizaron las segundas Jornadas de Ciencias Sociales y Humanidades Antárticas en la UNTDF (JoCSHA 2023) donde se contó con la actualización de los temas de investigación que se están desarrollando actualmente en distintas instituciones de nuestro país en relación con diferentes temáticas sobre aspectos sociales, tales como salud y vida en la Antártida, cine antártico, educación en la Antártida y turismo antártico. En este apartado se ofrece una síntesis sobre esta actualidad.

Desde el año 2014, un grupo de investigadores⁹ realiza estudios para contribuir a un mejor entendimiento de los mecanismos fisiológicos subyacentes a la adaptación al aislamiento extremo como ocurre durante las campañas antárticas. Realizan mediciones no invasivas de los ritmos circadianos antes, durante y luego de los tres meses de noche polar. En forma específica, se evalúa el ritmo sueño-vigilia a través de actigrafía, el ritmo circadiano de temperatura

⁹ Folgueira, A. L.; Ovejero, M. L.; Tortello, C.; Puigdominech Negre, M.; López, J. M.; Vigo, D. E. (2023). Cronobiología antártica: Base Belgrano II como modelo de desincronización biológica y análogo espacial. *Resumen presentado en las II JoCSHA*, UNTDF, Ushuaia.

corporal periférica a través de sensores cutáneos de temperatura, el ritmo circadiano de la regulación autonómica cardíaca mediante un registro holter de frecuencia cardíaca de 24 h y pruebas informáticas de alerta. Este proyecto de investigación se lleva adelante en la base Belgrano II. Este proyecto se lleva adelante en cooperación con la Agencia Espacial Europea (ESA), liderado por el instituto BIOMED (UCA-CONICET), Instituto Antártico Argentino, Coordinación de Bienestar, COCOANTAR, Universidad Nacional de Quilmes, Universidad de San Andrés y otras instituciones extranjeras. Cabe destacar, que la presencia ininterrumpida en la Antártida durante 120 años y los resultados científicos obtenidos han permitido establecer una colaboración entre Argentina y la ESA, con el objetivo de utilizar la Base Belgrano II como análogo espacial. En este sentido, en la base Marambio, se realizan testeos de trajes espaciales para ser usados en Marte, trabajo liderado por Pablo León, científico argentino en la NASA.

Desde distintas experiencias en el campo de la psicología¹⁰ comenzaron a desarrollarse trabajos empíricos en dos líneas de investigaciones, para identificar enfoques, tendencias y resultados que estimulen nuevos desarrollos en psicología antártica. Se consideran diversas variables como la relación entre los miembros de las instituciones castrenses y la población civil, en particular en la Antártica con científicos. Del mismo modo, la perspectiva de género tanto en su dimensión política como en la convivencia y relaciones en las diferentes bases antárticas y unidades de apoyo logístico. Finalmente, considerar el desarrollo de una renovada agenda de salud mental en el continente blanco no solamente con el foco en las posibles psicopatologías sino en la promoción de la salud.

En la Maestría de Estudios Antárticos, un participante¹¹ lleva adelante una línea de trabajo para realizar un breve recorrido acerca de la relevancia de la salud humana a lo largo de la historia en la Antártida. Los resultados permiten dar cuenta de las afecciones desde los primeros viajes exploratorios, como el escorbuto y sus incipientes tratamientos, efectivos o no, así como también las enfermedades que hasta el día de hoy son preocupaciones latentes, como las congelaciones, los traumatismos y los problemas de salud mental.

Desde el área de Ciencias Sociales del IAA¹² se desarrollan trabajos sociológicos y antropológicos que abordan diversos aspectos humanos en la Antártida, entre los que se incluye el habitar de familias en ese continente. Este

¹⁰ González, L. E. (2023). Contribuciones al estudio y desarrollo de la psicología antártica: tendencias y perspectivas. *Resumen presentado en las II JoCSHA*, UNTDF, Ushuaia.

¹¹ Becker, A. F. (2023). Medicina antártica. *Resumen presentado en las II JoCSHA*, 2023, UNTDF, Ushuaia.

¹² Belinco, M. y Zudaire, A. (2023). Relaciones específicas de las familias que habitan base Esperanza en la Antártida. *Resumen presentado en las II JoCSHA*, UNTDF, Ushuaia.

proyecto está orientado a conocer los sentidos, los significados, la cotidianeidad, las normas y los valores que se experimentan en la vida cotidiana en base Esperanza y que, al relacionarlo con el Sistema Antártico Argentino, se podrán encontrar sinergias para aprovechar mejor la intervención de las familias en ese territorio.

En relación con las expresiones artísticas tienen lugar distintas manifestaciones el cine antártico permite poner en perspectiva distintos aspectos de la actuación de nuestro país en la Antártida. En este sentido, desde el año 2018 el Instituto Antártico Argentino (IAA) y el Museo del Cine Pablo Ducrós Hicken de Buenos Aires llevan adelante un proyecto conjunto dedicado al rescate, preservación y acceso de los *films* argentinos realizados en la Antártida a lo largo del siglo XX. A partir de esta acción conjunta el equipo de trabajo logró identificar hasta hoy 106 *films* antárticos, mientras la búsqueda continúa.

Dado que en la base Esperanza funciona la Escuela Provincial N° 38 presidente Raúl Ricardo Alfonsín, se analizan las continuidades en las trayectorias escolares de los estudiantes en esta escuela antártica que constituye un rasgo singular en el continente¹³ y cuyos docentes son fueguinos.

Otro aspecto relacionado con prácticas sociales, corresponde al turismo antártico que cuenta con varios años de aportes desde un grupo de investigación de la UNTDF. Se abordan diferentes cuestiones, por un lado, la movilidad de los flujos de turismo en la Antártida, sus características, perfil de los visitantes, composición de las empresas, regulaciones emanadas del Sistema del Tratado Antártico, entre otros temas. Por otra parte, se desarrolla una línea de investigación sobre el rol de Ushuaia como puerta de entrada del turismo antártico.

4.2.5 Otras consideraciones

El acápite que aquí se aborda de “Aspectos sociales”, enmarcado en el capítulo Ciencias Sociales y Humanidades Antárticas, presenta una gran diversidad de temas que pueden ser desarrollados en el Centro de Visitantes Antártico bajo diferentes estrategias comunicacionales.

Se sugiere prestar especial atención al desarrollo de las bases antárticas argentinas, por la importancia que representan para la investigación científica de nuestro país. En este sentido, se recomienda su actualización permanente en relación con las líneas de investigación que se llevan adelante en cada una de

¹³ Revello-Barovero, E. N.; Ibarra, M. C. y Navarro Zalazar, V. H. (2023). Continuidades en las trayectorias escolares de cada estudiante de la escuela antártica. *Resumen presentado en las II JoCSHA*, UNTDF, Ushuaia.

ellas. En este trabajo se hace referencia a la historia de su creación. Al respecto, para mayor información e ilustraciones históricas sobre este tema se puede acceder a los boletines y revistas del Instituto Antártico Argentino¹⁴. El archivo digital de Fotografía Histórica de esa institución constituye un amplio repositorio de imágenes sobre el tema que se encuentran a disposición. Asimismo, la existencia de material filmico histórico es un recurso de gran interés para ser utilizado en el CVA que se encuentran en el sitio web del Museo del Cine¹⁵ y en el canal de *youtube* del IAA (Figura 7.2.16)¹⁶. En este último, se pueden obtener también cortos sobre ciencia antártica actual, producidos por el Instituto y narrados por los científicos que trabajan en los proyectos.

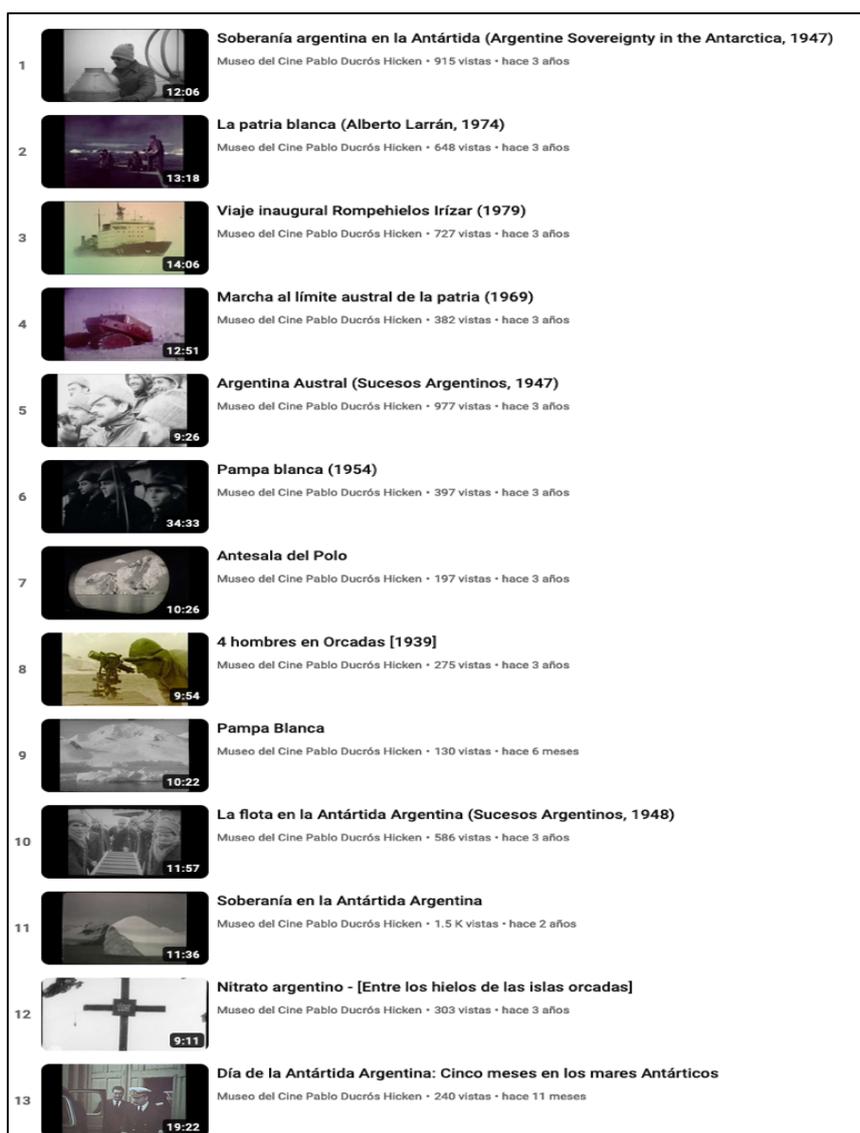


Figura 7.2.16. Síntesis de filmicos recuperados por el IAA y el Museo del Cine
Fuente: https://www.youtube.com/playlist?list=PLKvidCUz9_-jHzMdpcSglp5Dg6e3Dk8Bs

¹⁴ <https://cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/historia-y-patrimonio/archivo-de-publicaciones>

¹⁵ https://www.youtube.com/playlist?list=PLKvidCUz9_-jHzMdpcSglp5Dg6e3Dk8Bs

¹⁶ <https://www.youtube.com/@InstitutoAntarticoArgentino>

Por otro lado, en relación con el turismo antártico, el equipo de investigación de la UNTDF ha desarrollado una periodización con distintas ilustraciones correspondientes a cada periodo sugerido. Además, se cuenta con material recogido de distintas entrevistas realizadas a visitantes antárticos que han participado de los primeros cruceros. Este material es muy valioso dado que contempla la actuación de Argentina en la organización de los viajes como así también el rol de Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida. Al respecto, se recomienda utilizar la película “Turismo en la Antártida Argentina” que recoge la experiencia del primer crucero turístico a la Antártida, organizado por la Argentina (Figura 7.2.17). Sobre el primer viaje se publicó un artículo en la revista *Vea y Lea* que relata distintos aspectos de esa primera experiencia, así como también el libro que escribió una pasajera inspirada en los paisajes antárticos (Figura 7.2.18)



Figura 7.2.17. Captura de la película del primer viaje a la Antártida
Fuente: Archivo del Ministerio de Marina, Armada Argentina.

Otro material relevante para destacar corresponde a la publicación de la revista *Caras y Caretas* del viaje de 1933 del *ARA Pampa* que consideramos como una etapa pre-turística ya que el viaje no fue organizado comercialmente, pero donde participaron invitados especiales, entre ellos las primeras mujeres que desembarcaron en Orcadas.

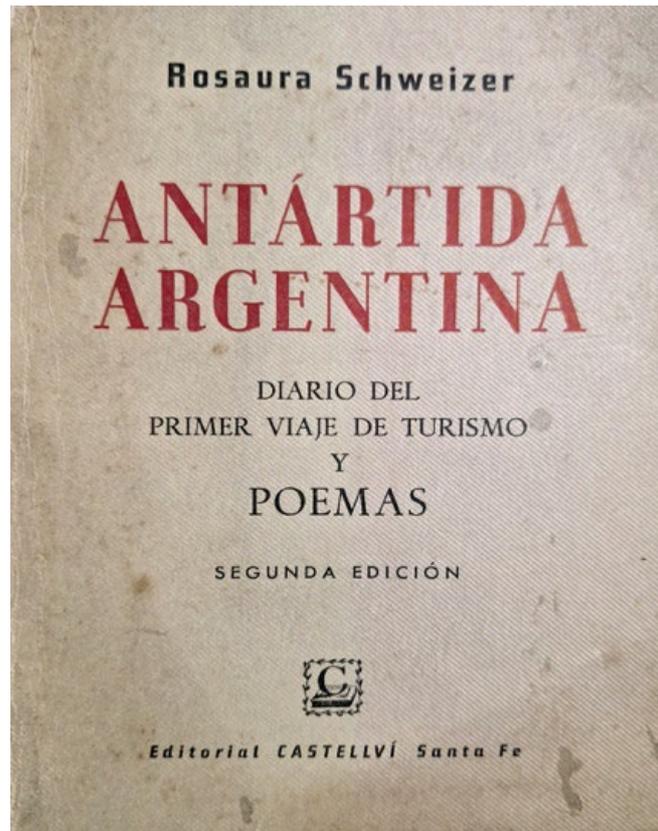


Figura 7.2.18. Libro escrito por una pasajera antártica inspirada en la experiencia a bordo del primer crucero

Fuente: Captura de tapa del libro.

Otro tipo de recurso disponible para ilustrar distintos temas y momentos sobre la Antártida corresponde a la filatelia, en el Centro de Documentación Antártica de la UNTDF se cuenta con una valiosa colección de filatelia antártica para su consulta.

Asimismo, se considera que desde el Centro de Visitantes Antártico se debería generar un espacio para reflexionar sobre diferentes temas actuales relacionados con el turismo en la Antártida, es decir, cómo debe ser el comportamiento de los visitantes en los desembarcos en sitios naturales, los recorridos, la relación con la fauna, las visitas a las estaciones científicas, el cuidado en los sitios históricos, etc.

Al respecto, vale la pena señalar el trabajo presentado por Argentina en la XLV RCTA en Helsinki, en 2023 sobre el cuidado del patrimonio arqueológico (se adjunta en Anexos). Este trabajo fue desarrollado desde la Maestría en Estudios Antárticos, a propuesta y dirección de la Dra. María Eugenia Raffi (CONICET, UNTDF), contando con la colaboración de la Dra. Cecilia Rodríguez Amenábar (IAA) y de la Dra. Marisol Vereda (UNTDF), con el objeto de promover la concientización de los visitantes en relación con el patrimonio arqueológico antártico. Se desarrolló el documento de información 22 (IP 22) junto con un folleto educativo.

Referencias bibliográficas y fuentes

- Armada Argentina (1968/1969). Informe de la Campaña Antártica 1968/1969. Archivo General de la Armada, Microfilms PARVI No 15.
- Antartur (s/f). Manual del crucerista. Mimeo.
- Arguindeguy, P. (1972). *Apuntes sobre los buques de la Armada Argentina, 1810-1970*. Vols. 3-6. Buenos Aires: Departamento de Estudios Históricos Navales.
- Borten, S. (1974). 10th Year of Lindblad Tourist Expeditions in Antarctica 1966-1975 [Folleto]. American Society of Polar Philatelists.
- Burbridge, H. (1984, 29 de agosto). Carta al Director de la Dirección de Antártida del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, Letra DNT No 045/84. Archivo Centro de Documentación Antártica, UNTDF, Ushuaia.
- Diario La Nación (1966). *Cálidas impresiones de los primeros turistas antárticos*. 13 de febrero, p. 9.
- Cohen, C.; Morgavi, M. y Vereda, M. (2022). Ciencia y turismo: Construyendo territorialidad. Representaciones sociales y prensa escrita. *Boletín Geográfico*, 44 (1), 83–101.
- Colacrai, M. (2012). *Continuidades y cambios en la política antártica argentina 1959-2001*. Saarbrücken: Editorial Académica Española.
- De Soiza Reilly, J. J. (marzo, 1933). En las tierras desconocidas de la Patria. Hacia el misterio de las Islas Orcadas. *Caras y Caretas*, 1797, 21- 26.
- Dirección Nacional del Antártico (1971). *Publicación Antártida No 1*. Buenos Aires.
- Dirección de Turismo Territorial (1986). *Reseña de Turismo en Tierra del Fuego*. Ushuaia: Imprenta de Gobierno.
- Enzenbacher, J. (1992). Tourists in Antarctica. Numbers and Trends. *Polar Record*, 28 (164), 17-22. <https://doi.org/10.1017/S0032247400020210>
- Fontana, P. G. (2014). *La pugna antártica. El conflicto por el sexto continente 1939-1959*. Buenos Aires: Guazuvirá Ediciones.
- Fontana, P. G. (2018). El salto polar argentino. La historia antártica y el periodo del gran despliegue. *La Lupa*, N° 13, 12-16.
- Jensen, M. y Daverio, M. E. (2008). Evolution of Antarctic cruise ship tourism from Ushuaia, Argentina: 50 years as a maritime gateway to the Antarctic continent. *Proceedings Tourism and Global Change in the Polar Regions. An International Conference* (pp. 84-91). Oulu: University of Oulu.
- Jensen, M. y Vereda, M. (2016). The origins and development of Antarctic tourism through Ushuaia as a Gateway port. En M. Schillat, M. Jensen, M. Vereda, R. A. Sánchez y R. Roura (Eds.), *Tourism in Antarctica. A*

- multidisciplinary view of new activities carried out on the white continent* (pp. 75-99). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39914-0_5
- Jutronich, J. (febrero, 1958). En el país blanco de los hombres barbudos. *Revista Ve a Lea*, Suplemento N° 114, 1-8.
- Leatherbee, M. (1967). Tours to the far outposts. *Revista Life*, Vol. 63 (10): 78-90.
- Morandi, M. C. (1993). *Nomenclador Antártico Argentino*. Servicio de hidrografía Naval.
- Morgavi, M.; Cohen, C. y Vereda, M. (2020). Competitividad de Ushuaia como puerta de entrada marítima del turismo antártico. *Aportes y transferencias*, Vol. 18 (1), 61-81.
- Nascimbene de Dumont, N. (1992). El turismo dentro del Sistema del Tratado Antártico. En C. A. Armas Barea y J. C. M. Beltramino (Coords.), *Antártida al iniciarse la década de 1990* (pp. 55- 60). Buenos Aires: Manantial.
- Nichols, R. (agosto, 1959). El primer viaje de turismo a la Antártida. *Argentina Austral*, Año XXXI, 334, 4-5. Recuperado de: <https://www.koluel.org/s/koluel/item/3233>
- Palazzi, R. (1993). *Antártida y Archipiélagos Subantárticos. Factores para su análisis*. Vol. 3, No 182. Buenos Aires: Escuela Superior de Guerra Aérea.
- Pierrou, E. J. (1970). Toponimia del Sector Antártico Argentino. Servicio de Hidrografía Naval.
- Quevedo Paiva, A. (1987) *Antártida. Pasado Presente... ¿Futuro?* Buenos Aires: Círculo Militar.
- Quevedo Paiva, A. (2012). Historia de la Antártida. Argentinidad.
- Reich, R. J. (1980). The development of Antarctic tourism. *Polar Record*, 20 (126), 203-214. <https://doi.org/10.1017/S0032247400003363>.
- Schweizer, R. (1958). *Antártida Argentina. Diario del primer viaje de turismo y poemas*. Editorial Castellvi.
- Vereda, M (2008). Tierra del Fuego y Antártida: un inventario de recursos turísticos desde la complementariedad. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, Vol. 17 (3-4),199-222.
- Vereda, M. (2010). A study on the expectations of Antarctic visitors towards their trip. Images created about Antarctica and the relationship with Ushuaia (Argentina) as a gateway city. En J. Saarinen & M. Hall (Eds.). *Tourism and Change in Polar Regions. Climate, Environments and Experiences* (pp. 236-246). Routledge.
- Vereda, M. y Daverio, M. E. (2011). Áreas de interés turístico en la región de la Península Antártica e Islas Orcadas del Sur. Temporada 2010/2011. *Aportes y Transferencias en Turismo*, Año 15, Vol. 1, 83-106.

- Vereda, M. y Jensen, M. (2014). Territorios remotos del turismo: la articulación de espacios turísticos asociados en el Atlántico Sur meridional. *Actas VI Congreso Latinoamericano de Investigación Turística*. 25-27 de septiembre 2014. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.
- Vereda, M. (2016). Antarctica in the mind of visitors. Representations of a remote destination. En M. Schillat, M. Jensen, M. Vereda, R. A. Sanchez y R. Roura (Eds.). *Tourism in Antarctica. A multidisciplinary view on new activities carried out on the White Continent* (pp. 1-19). Springer. DOI 10.1007/978-3-319-39914-0_1.
- Vereda, M. y Jensen, M. (2019). A geo-historical analysis of Antarctic tourism: Practices and representations. *Antarctic Affairs*, VI (5), 35-52.
- Vereda, M.; Jensen, M. y Fontana, P. G. (2019). La evolución del turismo antártico y su relación con las políticas públicas nacionales y provinciales. *Registros. Revista de Investigación Histórica*, Vol. 15 (2), 4-28.
- Vereda, M. y Jensen, M. (2020). Turismo antártico: Consideraciones para su análisis desde el Sistema del Tratado Antártico y la evolución de los flujos de visitantes. *Cuadernos de Política Exterior Argentina*, N° 132, 97-116.

Anexos

Informes de interés sobre temas de turismo presentados en la XLV RCTA de Helsinki (2023) y en la XLVI de Kochi (2024), disponibles en www.ats.aq, en archivos de reuniones:

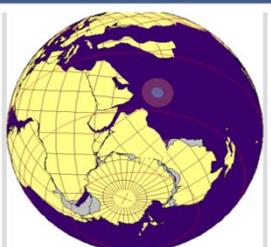
IP 22 (2023): Aportes a la promoción y concientización del cuidado del patrimonio paleontológico en el terreno antártico. Se adjunta en este anexo el folleto (Figura 7.2.19).

IP 109 (2023): El turismo antártico a través de Ushuaia: Una comparación de quince temporadas.

IP 47 (2024): Informe sobre flujos de visitantes y de buques de turismo antártico que operaron en el puerto de Ushuaia durante la temporada 2023/24.

Convertamos nuestra experiencia en una visita responsable

La mayoría de los desembarcos se realizan en áreas desprovistas de hielo en las que quedan expuestos estratos con contenido fósil de millones de años (Ma), de sumo valor para científicos que estudian la antigua conexión entre la Antártida y otros continentes del hemisferio sur. Además, los estudios paleontológicos en Antártida intentan develar los secretos escondidos en las rocas sobre la fauna y flora que habitaron en el sector hace millones de años, los cuales nos permiten estudiar la evolución del clima en el pasado y entender patrones climáticos.



Paleorreconstrucción del supercontinente Gondwana, integrado por masas continentales que hoy conforman a Sudamérica, África, India, Madagascar, Nueva Zelanda, Australia y Antártida.

Vos también podés ayudar a preservar el patrimonio paleontológico antártico



Seguramente cuando nos preguntan por fósiles lo primero en que pensamos es en los dinosaurios, de hecho hay evidencias fósiles que afirman que los dinosaurios caminaban sobre la Antártida al menos desde el Jurásico (201 a 145 Ma). Sin embargo, el registro fósil hallado en la Antártida nos cuenta una historia que comenzó cientos de millones de años antes. Cada resto encontrado funciona como fichas de un rompecabezas que nos permite conocer los distintos ecosistemas que se desarrollaron durante las eras (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico) y estudiar los distintos



eventos de extinción. ¿Sabías que además del super evento que extinguió a los dinosaurios, hubo otros cuatro grandes eventos de extinción? El más catastrófico eliminó cerca del 90% de las especies en el planeta y también se registra en afloramientos expuestos en la Antártida.

¿La Antártida siempre estuvo cubierta por hielo?

Hubo un momento en particular en la historia de la Tierra (período Cretácico, 145 a 66 millones de años antes del presente) donde la Antártida estuvo completamente desprovista de hielo, una gran foresta desarrollada bajo un clima templado cubría sus tierras y grandes dinosaurios se paseaban por ella. Los mares con temperaturas que rondaban los 18° C hace aproximadamente 80 millones de años, eran habitados por grandes y voraces reptiles como plesiosaurios y mosasaurios, y varias especies de tiburones y peces. Además, los amonites (parientes extintos del calamar pero con una conchilla externa similar a la del actual *Nautilus*) eran los invertebrados que dominaban junto a bivalvos que presentaban tamaños de hasta 1 m de largo, estrellas y erizos de mar, cangrejos, entre otros.

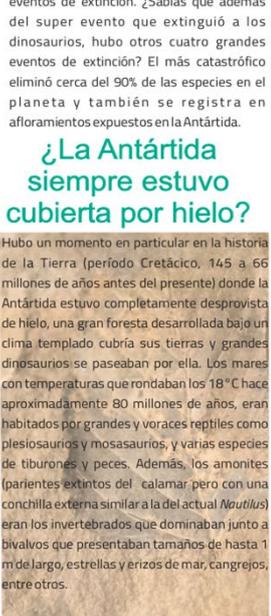


Imagen de tronco fósil de gimnosperma. Imagen de hoja fósil de angiosperma.

¿Qué es un fósil?

Un fósil es toda evidencia de vida en el pasado geológico. Son los restos de organismos o evidencias de su actividad vital registrados en las rocas. Se clasifican en fósiles corpóreos y trazas fósiles (también llamadas icnofósiles). Los primeros son restos fosilizados de animales, plantas u otras formas de vida, por ejemplo, conchillas, huesos, hojas y troncos. Las trazas fósiles son las evidencias que dejan los organismos al realizar una actividad en interacción con el sustrato, como pisadas de dinosaurios, intentos de predación en conchillas, galerías formadas por cangrejos, entre otros.

¿Cómo reconozco un fósil?

Es bastante sencillo en realidad, no son más que rocas con rasgos de estructuras biológicas.

¿Qué hacer si encuentro un fósil?

- Disfrutá mirando, pero no tocando.
- Admiralos, pero no camines sobre ellos.
- Documenta su hallazgo, toma fotografías o hace dibujos.
- Nunca intentes mover los fósiles de su lugar o tomar fragmentos de ellos.
- Nunca intentes hacer una réplica poniendo nada dentro o sobre los fósiles.
- Si ves a alguien que intenta tomar, mover o dañar los fósiles, avisa a tu guía.



Amonite hallado en posición vertical



Tronco fósil con perforaciones (traza fósil) realizadas por bivalvos.



Mollusco gastrópodo fósil.

538	485	443	419	358	298	251	201	145	66	25	2,5
Cámbrico	Ordovícico	Silúrico	Devónico	Carbonífero	Pérmico	Tríasico	Jurásico	Cretácico	Paleogeno	Neogeno	Cuaternario
PALEOZOICO						MESOZOICO			CENOZOICO		

Figura 7.2.19. Folleto para generar conciencia en los visitantes antárticos sobre la importancia de proteger el patrimonio paleontológico antártico a través de la promoción de un turismo responsable
 Fuente: IP 22 (2023), XLV RCTA

7.3 Filatelia antártica

7.3.1 Introducción

La Filatelia puede ser definida como el “(...) arte que trata del conocimiento de los sellos” (Repollés, 1976). Entre los materiales filatélicos nos resultan de especial interés los matasellos, se trata de los timbres que se emplean en las oficinas de correos para inutilizar el sello e impedir que pueda volver a emplearse. También existen los enteros postales, son efectos postales emitidos por la administración oficial de correos, que llevan impreso un sello o algún emblema de correos, indicando un valor facial específico, por el prepago de un servicio postal. Se presentan varios formatos o tipos de enteros: sobres, tarjetas postales, aerogramas, memorándums postales, boletines o recibos de expedición, cartas/tarjetas, tarjetas con respuesta pagada, fajas para impresos, etc.

A partir de la emisión de materiales filatélicos (matasellos, sellos postales ordinarios y conmemorativos) se promueve la integración de la sociedad, facilitando intercambios entre distintos y lejanos territorios, además de constituir un documento con notable sentido histórico y político (Premoli, 1981). Los documentos filatélicos conforman la “objetivación de un mensaje en un soporte físico potencialmente transmisible en el espacio y en el tiempo y actualizable como fuente de información (...) para la toma de decisiones” (López Yepes, 2008).

7.3.2 Un breve recorrido por los primeros años del correo antártico argentino

Una vez adquirido el Observatorio de la isla Laurie, en las Orcadas del Sur, por gestiones del Dr. Francisco Pascacio Moreno, se crea la Estafeta Postal Orcadas del Sud, dependiente del Distrito 24, Río Gallegos, el 20 de enero de 1904, habilitada el 22 de febrero del mismo año. Hugo Acuña, joven de 18 años que viajaba como ayudante científico, fue designado como encargado de la estafeta (Figura 7.3.1), constituyendo el primer paso administrativo de carácter civil en la Antártida. De esta manera, Argentina establece el primer correo antártico (Premoli, 1973).

El Alférez José Otto Maveroff, a bordo de la corbeta *ARA Uruguay* en 1904-1905, durante el viaje que llevaba a bordo la casa Moneta para instalar en la isla Laurie, Orcadas del Sur, hace referencia al correo en una conversación que mantenía con sus compañeros, destacando el ya entonces valor filatélico de los sellos postales antárticos:

Mi curiosidad me llevó a interrogar al señor Diebel al respecto y con gran asombro supe que el jefe del Observatorio había sido nombrado Jefe del Correo y Telégrafo de las Orcadas (...) cada uno dio a la noticia únicamente el valor que creía tuviese para sí, por ejemplo, los filatélicos en seguida [sic] pensaron aprovechar la ocasión que se les presentaba para hacer obliterar estampillas con el sello de la estación de Correos más austral del mundo entero y bien pronto empezó a funcionar el sello que diría: Orcadas del Sud - Sucursal N° 0. (Maveroff, 2017, p. 225-226 [1957].

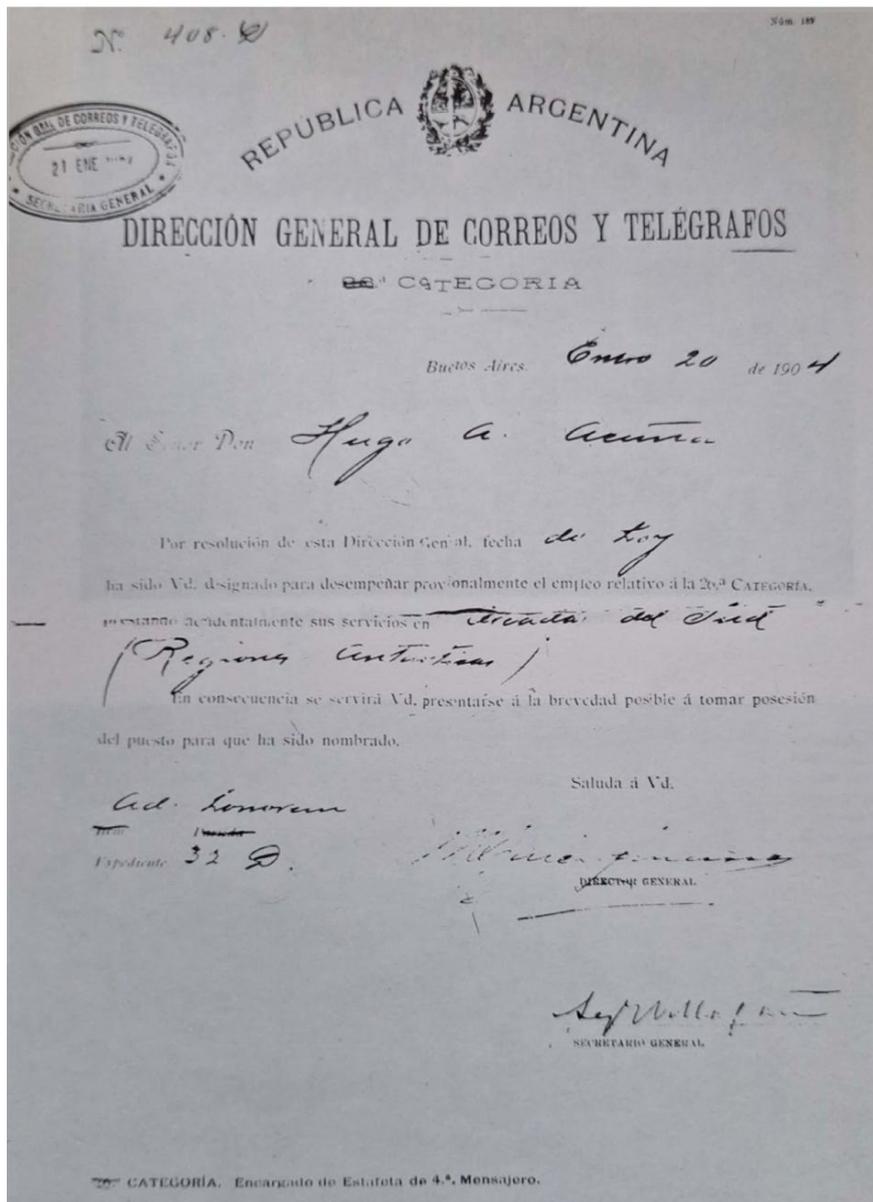


Figura 7.3.1. Decreto de Designación de Hugo A. como encargado de la Estafeta Postal
Fuente: Tomado de Acuña, H. A. (1982) [1904]

Con posterioridad a este primer paso inicial y con la intensificación de la actividad antártica a partir de 1948, también se incrementa la tarea postal. En función de las necesidades y de la instalación de estaciones científicas y refugios, se habilitaron las primeras oficinas postales antárticas, fijas, temporales y ocasionales (Tabla 7.3.1)

Años	Instalaciones, hechos postales significativos y agencias postales temporales
1948	Destacamento Naval Decepción y Melchior
1951	San Martín Almirante Brown (actual Base Brown)
1952	Esperanza Primera estafeta aeronaval
1953	Cámara
1955	General Belgrano (hoy base Belgrano II)
1958	en el primer crucero de turismo a borde del <i>ARA Les Eclaireurs</i>
1959	Ellsworth (inexistente en la actualidad).
1960	Matienzo
1964	lanzamiento de correspondencia en paracaídas
1965	Sobral (inexistente en la actualidad). Doble vuelo transpolar Operación 90°
1967	Petrel
1969	Marambio
1977	Primavera
1978	Corbeta Uruguay (Islas Sandwich del Sur)

Tabla 7.3.1. Cronología de las primeras instalaciones, hechos y agencias postales
Fuente: elaboración propia en base a Premoli (1981).

7.3.2 El reconocimiento de hechos importantes a través del correo

Como señala Premoli (1973), el correo argentino documentó postalmente distintos eventos relacionados con la Antártida. Para tal fin, habilitó estafetas temporales como así también la aplicación de matasellos o marcas especiales. A continuación, se señalan algunos de estos sucesos que fueron registrados mediante la filatelia. La organización de los eventos que se conmemoran se basa en la línea de tiempo presentada en el acápite 7.1.3.

Los distintos sellos postales fueron escaneados de la colección del Centro de Documentación Antártica de la UNTDF y catalogados según Jalil y Göttig (2009). También se utilizó a Monzón (2001) y a Premoli (1971 y 1983).

Temas de interés para la muestra

La filatelia se debería considerar como un punto importante en el CVA dado el impacto que generó en el pasado y vigencia que aún tiene, demostrada en el interés de coleccionistas e investigadores. Se propone contar con un espacio relacionado a las comunicaciones donde se pueda poner en perspectiva los diferentes momentos que caracterizaron la relación de la Antártida con el resto de los continentes. Es este marco se plantea el siguiente punteo de temas que ya fueron tratados oportunamente en diversos capítulos de este trabajo:

- 1- Mojón de Larsen
- 2- Llega el correo para quedarse
- 3- Comunicación radial con código morse
- 4- Telegramas que acortan distancias
- 5- Ushuaia como puerta de entrada de la comunicación radial con el continente americano
- 6- Comunicación satelital

Referencias bibliográficas y fuentes

- Acuña, H. A. (1982). *Diario del Estafeta Hugo Acuña*. Universidad Nacional del Sur [1904]
- Jalil, G. A. y Göttig, J. L. (2009). Catálogo especializado de sellos postales de la República Argentina, 1856-2009. Galt S.A.
- López Yepes, J. (2008). Notas acerca del concepto y evolución del documento contemporáneo. *VII Jornadas Científicas sobre Documentación Contemporánea* (1868-2008), (pp. 275-282). Universidad Complutense
- Maveroff, J. O. (2017). *Por los mares antárticos*. Instituto de Publicaciones Navales. [1957].
- Monzón, H. R. (2001). Sellos Postales Argentinos. Cien años de historia antártica. Dirección Nacional del Antártico-Instituto Antártico Argentino.
- Premoli, E. (1973). La Antártida Argentina y el correo. *Filanoticias*, p. 57-59.
- Premoli, E. (1981). 75° Aniversario del Primer Correo Argentino. *Anales de Literatura Filatélica*. Asociación de Cronistas Filatélicos de la Argentina.
- Repolles, J. (1976). *La filatelia*. Editorial Bruguera.

Anexo: Sellos postales antárticos argentinos

Hechos y eventos conmemorados en sellos postales

1937 - Emisión conmemorativa a la República Argentina



1947 – Emisión conmemorativa al Primer Correo Antártico.



1948 – Emisión conmemorativa a la V Reunión Panamericana de Cartografía



1953 - Emisión conmemorativa al 50° Aniversario del rescate del Antarctic



1954 - Emisión conmemorativa al 50° Aniversario de la creación de la Oficina Postal Orcadas del Sud



1958 - Emisión conmemorativa al Año Geofísico Internacional



1961 - Emisión conmemorativa al "X° Aniversario de la creación de la Base General San Martín



1964 - Emisión conmemorativa al 60° Aniversario de la toma de posesión de las islas Orcadas del Sur



1965 – Emisión conmemorativa a Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur



1966 - Emisión conmemorativa al Lanzamiento de cohetes en la Antártida Argentina



1966 - Emisión conmemorativa a la Operación 90° Polo Sur



1968 - Emisión conmemorativa al Doble vuelo transpolar transatlántico



Emisión conmemorativa a la Estación Científica Almirante Brown



Emisión conmemorativa a Las oficinas radiopostales en la AA



1971 - Emisión conmemorativa al "5° Aniversario de la Operación 90° Polo Sur



1972 - Emisión conmemorativa al "10° Aniversario del Tratado Antártico



1973 – Emisión conmemorativa al "10° Aniversario de la Llegada al Polo Sur de Aviones Argentinos



1975 – Emisión conmemorativa al “Territorio Nacional de la Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur



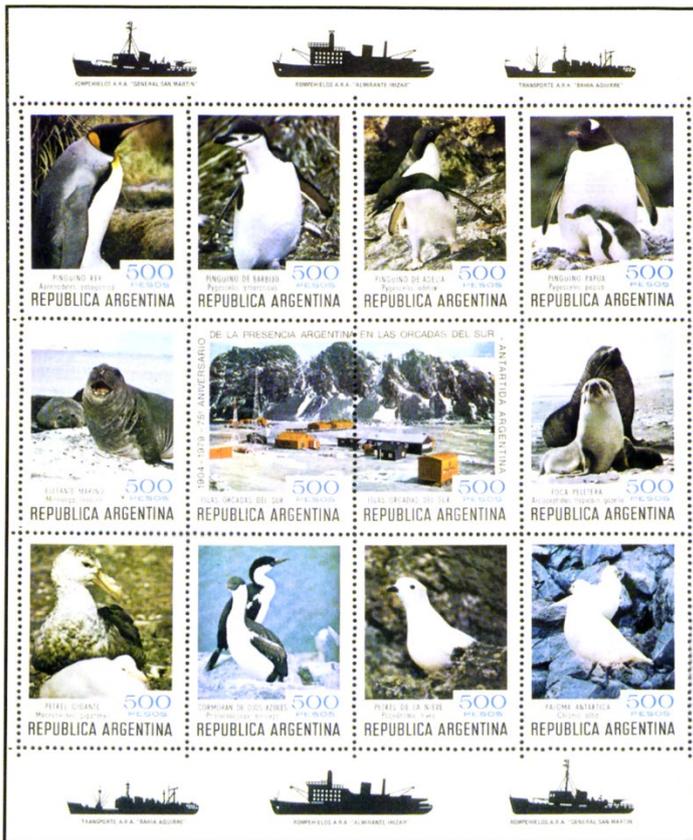
Emisión conmemorativa a Los Pioneros Australes



1977 Estación científica Almirante Brown



1980 - Emisión conmemorativa al 75° Aniversario de la Presencia Argentina en las Orcadas del Sud (1904-1979)



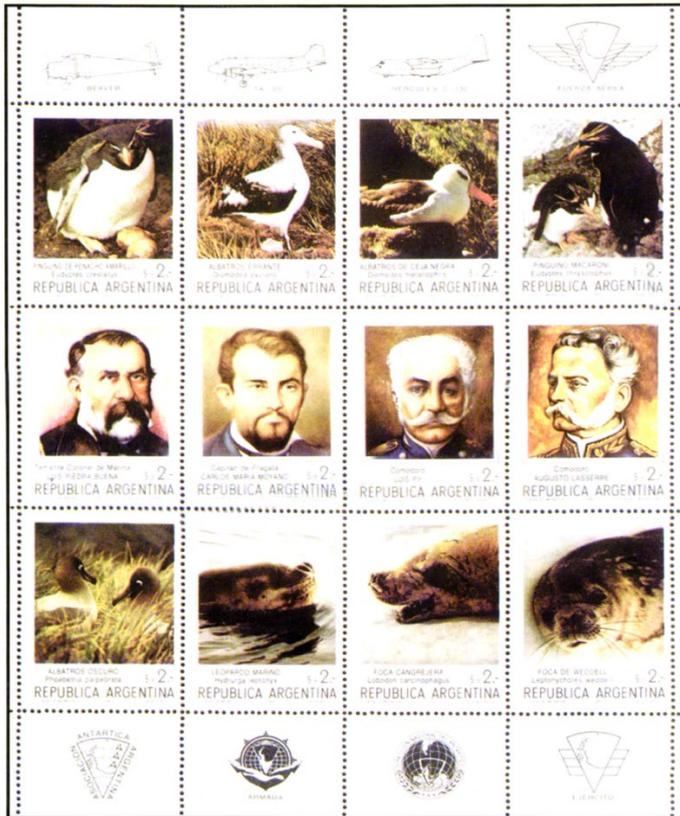
1981 Emisión conmemorativa al XX° Aniversario del TA



Emisión conmemorativa “Argentina contra la caza indiscriminada de ballenas”



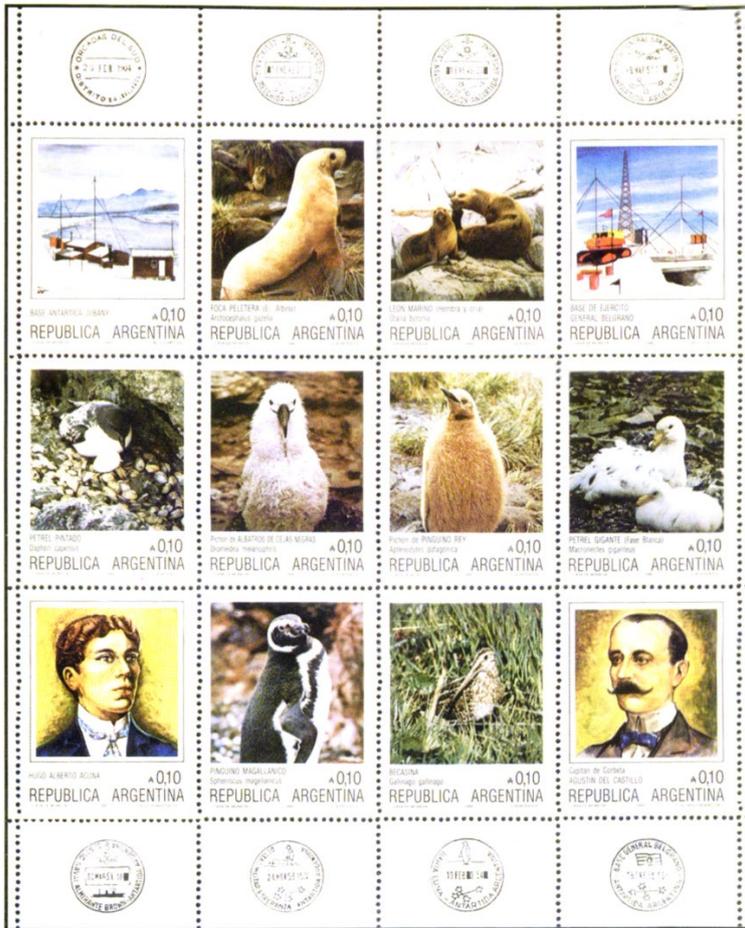
1983 – Emisión conmemorativa a Pioneros Australes y Fauna



1985 Emisión conmemorativa a la Primera Estafeta Aeronaval a la Antártida



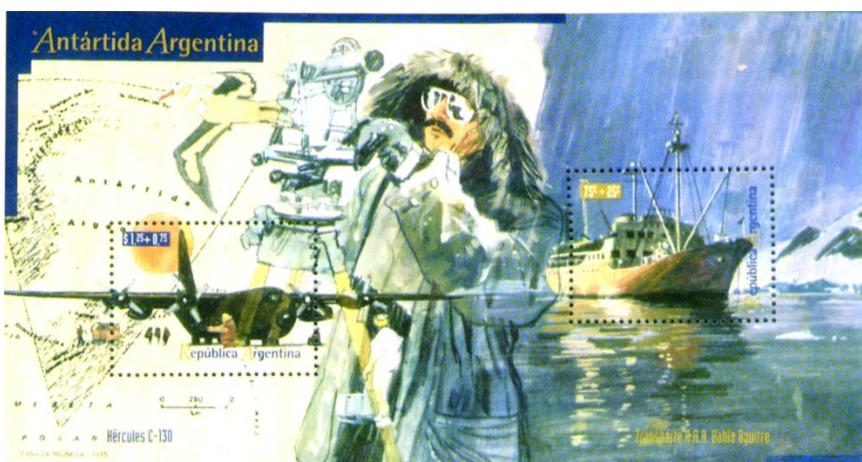
1986 Emisión conmemorativa a Bases Antárticas, Pioneros Australes y Fauna del Sur Argentino



1987 Emisión conmemorativa al XXV° Aniversario de entrada en vigencia del Tratado Antártico



1995 Emisión conmemorativa a la Antártida Argentina



1996 Emisión conmemorativa a la Antártida Argentina



1998 Emisión conmemorativa al 50° Aniversario de la Base Decepción



1999 Emisión conmemorativa al 50° Aniversario de la Botadura de la Corbeta Uruguay



2001 50 años de las bases antárticas San Martín y Almirante Brown



50 años del Instituto antártico Argentino



2002 50 años de la Base Esperanza y de la primera estafeta aeronáutica en la Antártida



2003 50 años de la base Jubany (actual Carlini)



Corbeta ARA Uruguay



100 años del rescate de la expedición científica sueca por la corbeta ARA Uruguay



2004 100 años del Observatorio Meteorológico y Magnético Orcadas del Sur, y creación de la estafeta postal



2005 Témpano en el Mar de Weddell y emblema del Tratado Antártico



Gral. Pujato



2007 Rompehielos Almirante Irizar



2008 Antártida Argentina: Pioneros antárticos, Luciano Honorato Valette



50 años del naufragio del buque de salvamento R.7 ARA *Guarani*



2011 - XXXIV Reunión consultiva del Tratado Antártico. 50 años de la entrada en vigor del Tratado Antártico

2014 - 100 años de presencia ininterrumpida de Argentina en la Antártida



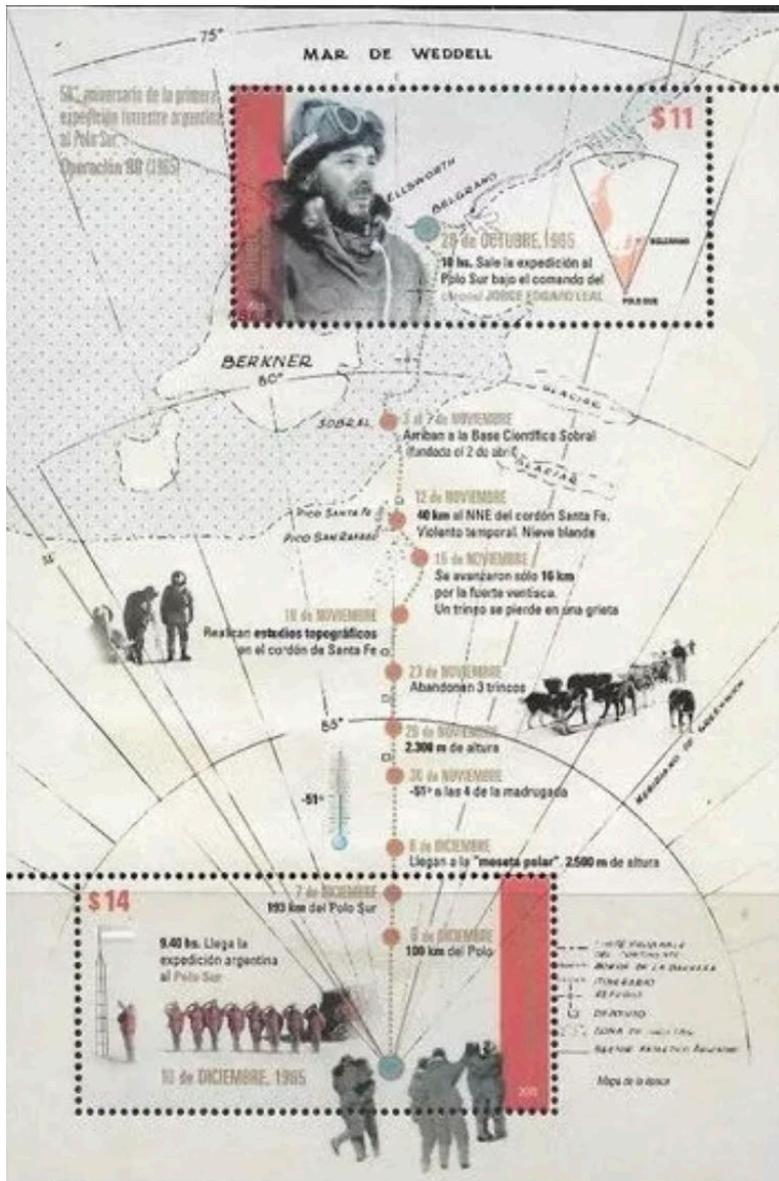
XXV Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, Buenos Aires (RAPAL)



2015 Científicos argentinos, primeros descubridores de dinosaurios en la Antártida



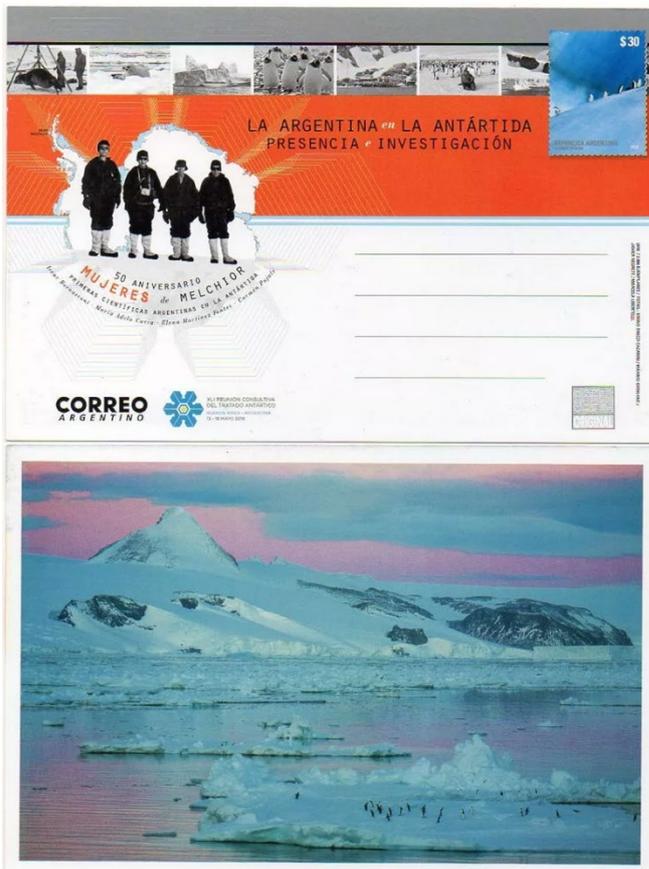
50 aniversario de la primera expedición terrestre argentina al Polo Sur.
Operación 90 (1965)



2016 25 aniversario de la firma del Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente



2018 50 aniversario primeras científicas argentinas en la Antártida (Mujeres de Melchior)



2019 50 años de la fundación de la base Marambio



2019 ARA Almirante Irizar



2022 Argentina en la Antártida



2023 - Argentina en Antártida • 120 años del rescate a la expedición sueca por la corbeta ARA Uruguay



Capítulo 8

Cambio climático

8.1 Introducción

Descubriendo el Frágil Ecosistema Antártico: La Importancia de Divulgar los Conceptos del Cambio Climático

La Antártida, el continente más remoto y desconocido de nuestro planeta, alberga no solo paisajes glaciares majestuosos, sino también un ecosistema único y frágil que despierta desde siempre la curiosidad de científicos, aventureros y turistas por igual. Parte de su fragilidad se debe a que, pese a su aparente aislamiento y lejanía, no está exento de sufrir las consecuencias del cambio climático global.

El cambio climático, un fenómeno global que afecta a todos los rincones de la Tierra, se manifiesta de manera particularmente intensa en la Antártida. Los efectos del cambio climático en la Antártida son cada vez más evidentes y preocupantes, marcando transformaciones significativas en este frágil ecosistema. Uno de los impactos más notorios es el del aumento de las temperaturas, que ha llevado a un rápido deshielo de glaciares y hielo marino. Este fenómeno no solo altera el paisaje, sino que también contribuye al aumento del nivel del mar a nivel global, amenazando las zonas costeras en todo el mundo.

El cambio climático también está afectando tanto de manera directa como indirecta (a través del derretimiento de los hielos mencionado arriba) la vida silvestre única de la región antártica. Las poblaciones de pingüinos, focas y aves marinas dependen del hielo marino y las plataformas de hielo para alimentarse y reproducirse. El deshielo y la alteración de los patrones climáticos están perturbando estos hábitats cruciales, poniendo en riesgo la supervivencia de especies icónicas y afectando la biodiversidad en general.

Otro efecto preocupante es la acidificación del océano, causada por la absorción de dióxido de carbono atmosférico. La Antártida tampoco es inmune a esta amenaza. La acidificación afecta a organismos marinos, como los moluscos y los corales de aguas frías, que luchan por mantener sus conchas y estructuras en un ambiente más ácido. Las larvas de krill, un organismo clave del ecosistema, han demostrado ser especialmente sensibles a la acidificación, tal como lo comprobaron experimentalmente.

Además, los cambios en los patrones climáticos antárticos tienen repercusiones a nivel mundial. La región actúa como un regulador del clima, influyendo en las corrientes oceánicas y la circulación atmosférica. Alteraciones en este equilibrio pueden tener impactos significativos en el clima global, exacerbando eventos climáticos extremos y afectando a comunidades humanas y ecosistemas en todo el planeta. Por este motivo, los efectos del cambio climático en la Antártida van más allá de las fronteras geográficas de este continente remoto. Su rápida transformación no solo amenaza la biodiversidad única de la región, sino que también contribuye a fenómenos climáticos adversos a nivel mundial. La preservación de la Antártida se convierte así en una responsabilidad global, recordándonos la interconexión de todos los ecosistemas y la necesidad urgente de abordar las amenazas a la biodiversidad regional y global.

Las regiones subantárticas, con Tierra del Fuego como una de sus representantes más destacadas, están intrínsecamente conectadas con la Antártida, y su relación se vuelve aún más significativa en el contexto del cambio climático, especialmente en lo que respecta al desplazamiento del Frente Polar hacia el sur, lo que favorece la introducción de especies de latitudes más cálidas.

Tierra del Fuego, ubicada al sur de Argentina y Chile, comparte con la Antártida características climáticas y ecológicas únicas. Ambas regiones se ven afectadas por el desplazamiento del Frente Polar, una frontera oceanográfica que separa las masas de agua polares de las masas de agua cálidas subtropicales. Este fenómeno determina las condiciones climáticas y los patrones climáticos de la región, influyendo en la distribución de las especies y los ecosistemas.

El cambio climático ha provocado alteraciones en el desplazamiento de masas de aire cálidas hacia las regiones meridionales del planeta, afectando directamente a las regiones subantárticas como Tierra del Fuego. El desplazamiento hacia el sur de esta frontera climática impacta en los regímenes de precipitaciones (pluviales y nivales) y las temperaturas en la región. Estos cambios tienen consecuencias significativas no solamente para la flora y fauna locales, sino también para las comunidades humanas que dependen de estos ecosistemas.

La influencia de la Corriente Circumpolar Antártica (CCA), los frentes oceánicos como el frente polar y la distribución de especies son elementos cruciales que modulan a los ecosistemas de Tierra del Fuego. En el contexto del cambio climático, estas interacciones se vuelven aún más destacadas, afectando la biodiversidad y la estabilidad de esta región austral.

La CCA, una de las corrientes oceánicas más grandes y poderosas del planeta, desempeña un papel fundamental en la configuración del clima y la biología marina de la región austral, incluyendo a la Antártida y a Tierra del Fuego como un todo funcional. Esta corriente actúa como una barrera, influyendo en las

condiciones térmicas y químicas del océano circundante. Su temperatura fría y rica en nutrientes estimula la productividad biológica, sustentando una cadena alimentaria marina diversa y abundante. El frente polar, una zona de transición entre aguas frías antárticas y aguas más cálidas subantárticas, es otra característica importante que afecta a Tierra del Fuego. Este frente actúa como un punto de encuentro entre diferentes masas de agua, generando una productividad biológica significativa y atrayendo a diversas especies marinas. Sin embargo, el cambio climático ha llevado a un desplazamiento de estos frentes, alterando los patrones de temperatura y distribución de nutrientes, lo que impacta directamente en la biodiversidad marina de la región.

La distribución de especies en Tierra del Fuego está intrínsecamente vinculada a estos factores oceanográficos. Especies como el kril antártico, fundamental en la cadena alimentaria, dependen de las condiciones específicas generadas por la CCA y los frentes oceánicos. Los cambios en estos patrones afectan no solo a la totalidad de las especies marinas, desde los microbios hasta los niveles superiores de las redes tróficas, involucrando a las aves y mamíferos, los cuales dependen de los niveles inferiores para su alimentación y reproducción.

En el contexto del cambio climático, existen también impactos directos sobre la biodiversidad de las especies terrestres de la región subantártica, los cuales afectan desde la flora hasta los mamíferos, modificando a su vez la conectividad entre los diferentes hábitats.

El cambio climático, en síntesis, introduce una serie de desafíos, modificando elementos fundamentales del ambiente y amenazando la estabilidad de los ecosistemas antárticos y subantárticos.

8.2 Relevamiento y sistematización de documentos

Los siguientes sitios web y los videos que se detallan a continuación fueron consultados y se encuentran citados también en el texto:

<https://www.youtube.com/watch?v=n6DcmjYNtjw>

[https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313#:~:text=The%20year%202023%20was%20the,decade%20\(2014%E2%80%932023\).](https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313#:~:text=The%20year%202023%20was%20the,decade%20(2014%E2%80%932023).)

<https://ripioturismo.com/travel-guide/argentina/ushuaia/penguins-in-the-beagle-channel-penguins-in-ushuaia/>

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=gboxEsG8g6BA>

<https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gas-concentrations-hit-record-high-again>

https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/ozone_maps/movies/OZONE_D2023-07-01%25P1D_G%5e1920X1080.IOMPS_PNPP_V21_MMERRA2_LSH.mp4
<https://en.mercopress.com/2013/10/22/ozone-layer-hole-reaches-argentine-and-chilean-patagonia> <https://www.epa.gov/sunsafety/health-effects-uv-radiation>
<https://sunandclimate.wordpress.com/articulos/efectos-de-la-radiacion-ultravioleta-sobre-los-ecosistemas-acuaticos/>
<https://www.chronoflotimeline.com/timeline/shared/3114/USA-Presidents-Timeline/> <https://www.whatsnew.com/2020/06/17/para-crear-lineas-de-tiempo-interactivas-en-3d/> <https://www.youtube.com/watch?v=rfq3aCIneIU>
<https://www.youtube.com/watch?v=Q3ilOpjMV4>
<https://www.youtube.com/watch?v=tOoNHOVjwFU>
<https://www.youtube.com/watch?v=WtxtTJRtumQ>
<https://www.youtube.com/watch?v=YU1mx2s6qTA>
<https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>

8.2 Contenidos relevantes para desarrollar en el CVA

El año 2023 fue el más caluroso jamás registrado, y el aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra casi cruzó el umbral crítico de 1,5 °C. El cambio climático intensificó las olas de calor, las sequías y los incendios forestales en todo el planeta, y empujó el termómetro global 1,48 °C por encima del punto de referencia preindustrial. Un gran responsable de este aumento es el dióxido de carbono, el CO₂, cuya concentración este año fue 50% superior a los valores de 1850, antes de que comenzara la era industrial (<https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gas-concentrations-hit-record-high-again>)

Para ilustrar este hecho, en la sala destinada al cambio climático se proyectará el siguiente video (libre), producido por la NOAA (Figura 8.1)

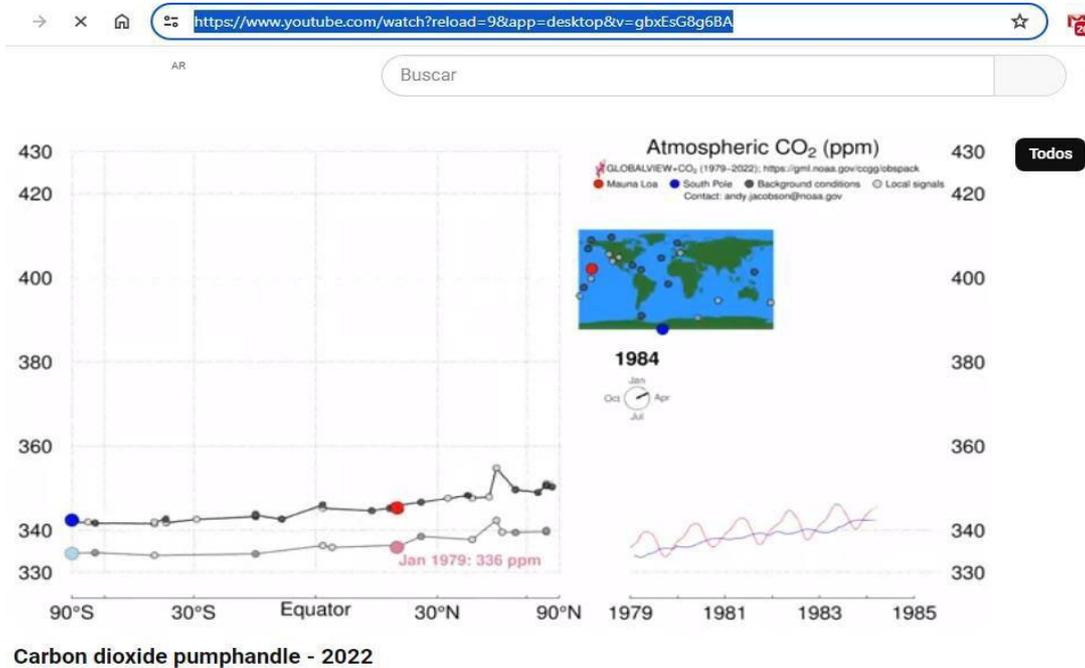


Figura 8.1. Captura de pantalla de video que muestra la evolución de la concentración de CO₂ atmosférico (ver apartado 4.1, donde se puede observar que las escalas temporales son mucho más amplias. En el apartado 4.2 se explica cómo se toman los datos a partir de testigos de hielo. También se relaciona con el capítulo 5 donde se tratan los gases de la atmósfera). <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=gbxEsG8g6BA>

Otra manera de transmitir esto al público es generando una línea de tiempo interactiva:

<https://www.chronoflotimeline.com/timeline/shared/3114/USA-Presidents->

Las líneas de tiempo interactivas permiten a los usuarios explorar contenido de manera dinámica, proporcionando una experiencia inmersiva que puede incluir imágenes, vídeos y enlaces.

Esto incluye vistas en 3D con eventos en segundo o primer plano, creando un efecto de paralaje visualmente agradable a medida que se desplaza por una línea de tiempo, que recuerda a los juegos de desplazamiento lateral en 3D. (<https://www.whatsnew.com/2020/06/17/para-crear-lineas-de-tiempo-interactivas-en-3d/>).

En particular en Antártida, en 2023 durante 9 meses consecutivos las temperaturas superficiales del océano alcanzaron valores récord. Asimismo, tanto las extensiones máximas como las mínimas del hielo marino mostraron valores significativamente inferiores a los medidos alguna vez, tal como pudo leerse en diferentes medios (ver [https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313#:~:text=The%20year%202023%20was%20the,decade%20\(2014%E2%80%932023\)](https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313#:~:text=The%20year%202023%20was%20the,decade%20(2014%E2%80%932023).)).

Para ejemplificar la incidencia que tienen los gases de efecto invernadero en general, pero el CO₂ (dióxido de carbono) en particular, se propone

primeramente armar la sala dedicada al cambio climático a modo de estrella. En el centro se explicará el efecto invernadero mediante una proyección sobre una esfera de al menos 2 proyectores, ideal 4 de 20.000 ans ilumenes en donde la animación proyectada es el mundo y alrededor del mismo se pueden generar los cambios en distintas variables climáticas y explicar las problemáticas que se desarrollan en la sala. A su vez, desde esta sala se desprenderían en forma radial 5 ejes que corresponden a las temáticas que se desarrollarán a continuación. La idea detrás de este formato es precisar que todos los procesos que se presentan en relación con el cambio climático están relacionados, y en particular para la Antártida. Un ejemplo de esta esfera se ilustra en el siguiente video: <https://www.youtube.com/watch?v=n6DcmjYNtjw>.

Asimismo, en esta sala central se establecerán conexiones con estaciones antárticas equipadas con sensores de temperatura, niveles de agua y otros parámetros ambientales en Antártida (por ejemplo, el observatorio de la base Orcadas, la más antigua de las series de observaciones climáticas, ver Figura 8.2) y/o en la isla de Tierra del Fuego. De esta forma, los visitantes pueden observar en tiempo real cómo estos factores cambian en la región antártica en tiempo real, y comprender cómo se trabaja en las bases antárticas argentinas al tiempo que se valoriza el esfuerzo en relación con el cambio climático.

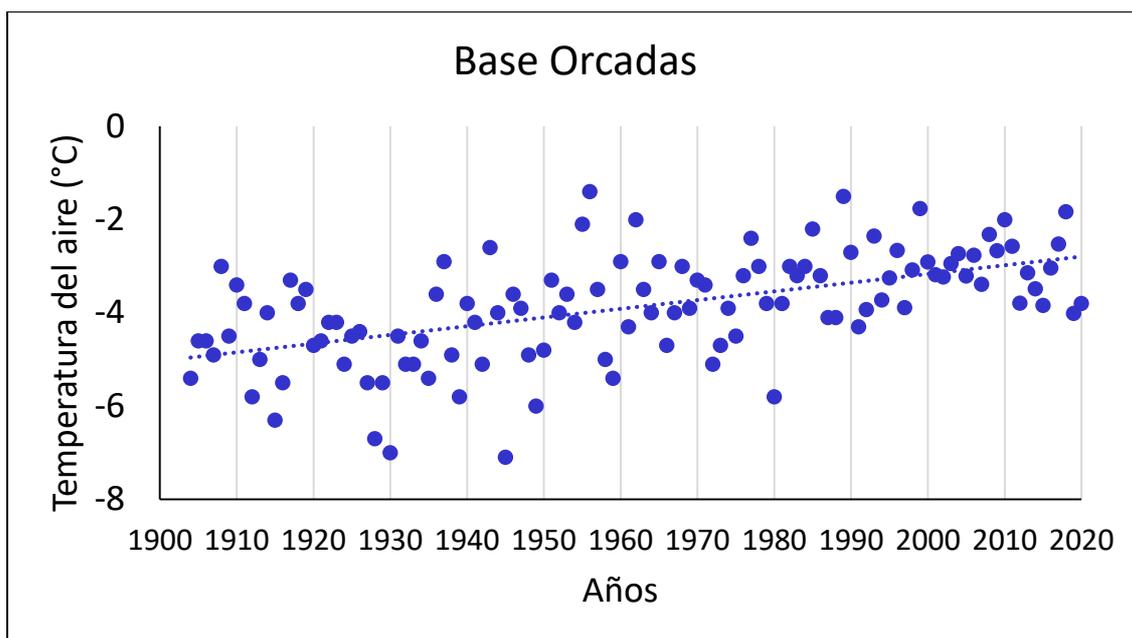


Figura 8.2. Promedios anuales de la temperatura del aire medida en la base argentina Orcadas, que es la que cuenta con el período de observación más extenso en Antártida.

Por último, se propone desarrollar aplicaciones móviles que utilicen la geo- localización para proporcionar datos en tiempo real sobre condiciones climáticas, niveles de hielo y la migración de especies en la Antártida mientras los turistas exploran la región.

A continuación, se desarrollarán cada uno de los ejes - idea que se mencionaron anteriormente.

Eje 1: La atmósfera. Agujero de ozono y efecto sobre ciudades

La Antártida y las zonas subantárticas están expuestas de forma estacional a un incremento en la radiación ultravioleta-B (UV-B) como resultado del adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico. En particular, la ciudad de Ushuaia, una de las puertas de entrada a la Antártida, recibe esta radiación con especial intensidad durante la primavera¹ (Ver Figura 8.2.3),al respecto, ver capítulo 5.

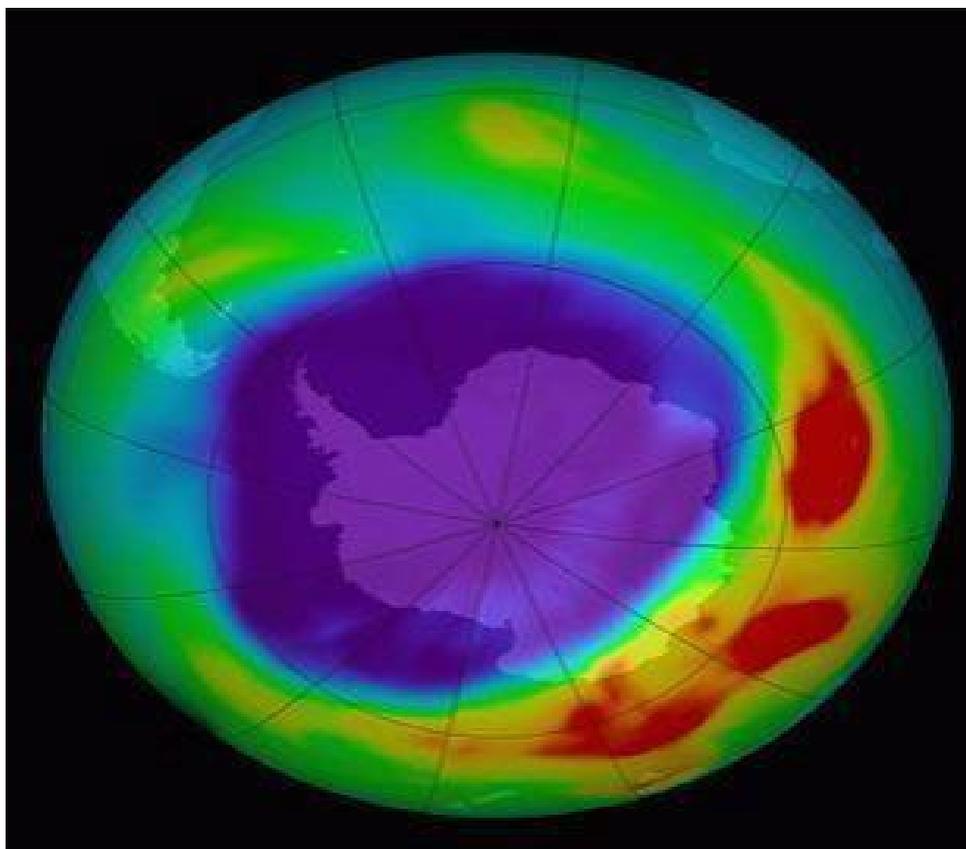


Figura 8.3. Adelgazamiento de la capa de ozono alcanzando las regiones Sur de Sudamérica.

¹ <https://en.mercopress.com/2013/10/22/ozone-layer-hole-reaches-argentine-and-chilean-patagonia>

Un “time laps” de lo ocurrido en 2023 puede hallarse en un video².

El agujero de ozono también está relacionado con el cambio climático. Por un lado, los gases que destruyen la capa de ozono son también gases de efecto invernadero y, de hecho, mucho más potentes que el CO₂, pero que se encuentran en cantidades mucho más bajas. Por otro lado, el aumento de la temperatura global tiene una incidencia sobre el adelgazamiento de la capa de ozono, entre otras cosas debido a modificaciones en la circulación atmosférica y al enfriamiento de la estratósfera, lo que favorece las reacciones químicas de destrucción del ozono.

El adelgazamiento de la capa de ozono, vulgarmente denominado “agujero de ozono” se desplaza sobre las latitudes altas, favoreciendo el ingreso de la UV-B sobre nuestros ambientes. Las causas del adelgazamiento se relacionan con la desintegración de la molécula de ozono, debido a la reacción con otras moléculas tales como los cloro-fluoro-carbonos (comúnmente llamados CFCs), que desintegran la molécula, constituida por tres átomos de oxígeno, en una de dos átomos combinados y un tercero “suelto”. Esto podrá explicarse gráficamente a los visitantes.

En este sentido, la actividad propuesta es exponer en pantalla un video explicativo de lo que es la capa de ozono³ (Figura 8.4). Además, en una pantalla paralela se mostrará la evolución temporal del agujero de ozono sobre la Antártida⁴ (Figura 8.5).

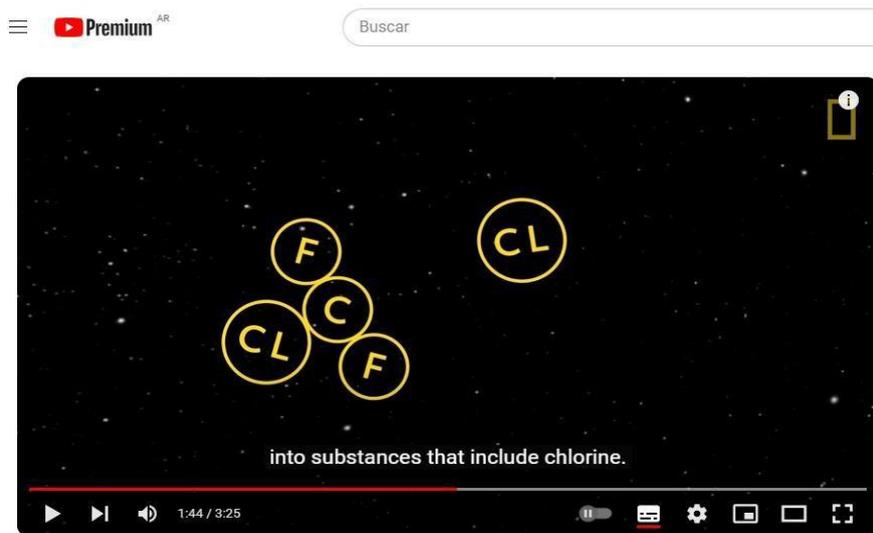
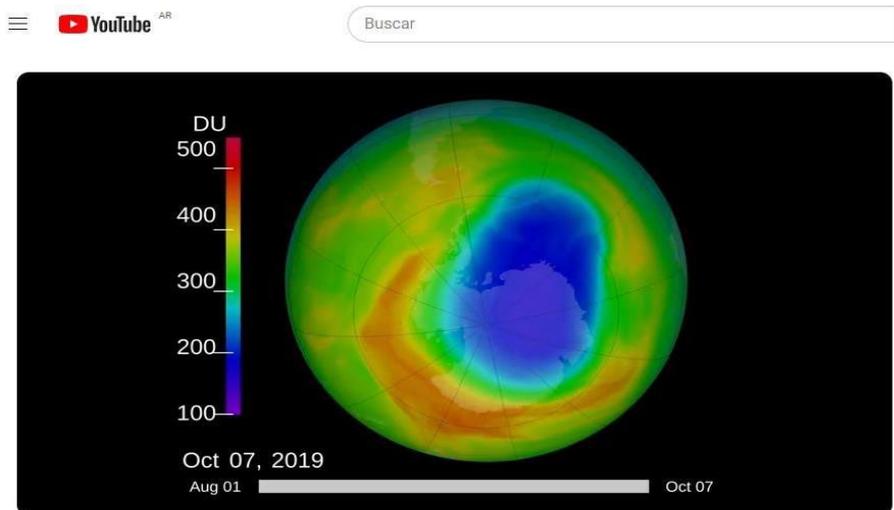


Figura 8.4. Captura de pantalla del video explicativo acerca de la capa de ozono.

² https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/ozone_maps/movies/OZONE_D2023-07-01%25P1D_G%5e1920X1080.IOMPS_PNPP_V21_MMERRA2_LSH.mp4

³ Similar al video disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=aU6pxSNDPhs>

⁴ Similar al video disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=7cBITRn8mNE&t=15s>



Animation of the 2019 Antarctic Ozone Hole

Figura 8.5. Captura de pantalla de la animación del movimiento del agujero de ozono sobre la Antártida.

El Protocolo de Montreal es un ejemplo de colaboración multinacional para la resolución de un problema ambiental. Este acuerdo, que data de 1987, permitió la eliminación y reducción del uso de sustancias que agotaban la capa de ozono, ayudando no solo a protegerla para la generación actual y las venideras, sino también a mejorar los resultados de las iniciativas dirigidas a afrontar al cambio climático.

Debe tenerse en cuenta que la UV-B no es solo dañina para el ser humano, provocando, por ejemplo, cáncer en la piel, envejecimiento prematuro, cataratas en los ojos, supresión del sistema inmune (<https://www.epa.gov/sunsafety/health-effects-uv-radiation>), sino que afecta a todos los organismos, tanto terrestres como marinos.

Los efectos de los rayos UV-B sobre el crecimiento de las plantas terrestres son relativamente pequeños y, debido a que el Protocolo de Montreal ha logrado limitar el agotamiento del ozono, la reducción en el crecimiento de las plantas causada por el aumento de la radiación UV-B en áreas afectadas por la disminución del ozono desde 1980 es poco probable que haya superado el 6%. (ii) La radiación solar UV-B tiene grandes efectos directos e indirectos (mediados por plantas) sobre los insectos artrópodos y microorganismos que habitan en el dosel de las plantas. Por tanto, las interacciones tróficas (herbivoría, descomposición) en los ecosistemas terrestres parecen ser sensibles a las variaciones en la irradiancia UV-B. (iii) Las variaciones futuras en la radiación ultravioleta resultantes de cambios en el clima y el uso de la tierra pueden tener consecuencias más importantes en los ecosistemas terrestres que los cambios en la radiación ultravioleta causados por el agotamiento del ozono. Esto se debe a que los cambios

resultantes en la radiación UV pueden afectar a una mayor variedad de ecosistemas y no se limitarán únicamente al componente UV-B.

Por otro lado, en los sistemas acuáticos ahora se reconoce a la radiación UV- B como un potente factor ambiental que influye significativamente en la química marina, la claridad del agua, la productividad primaria y probablemente la estructura de la red alimentaria pelágica. ¿Qué es todo esto? Los ecosistemas marinos, al igual que los terrestres, cuentan con organismos que, mediante la fotosíntesis pueden captar la energía del sol y esto permite la reacción entre moléculas como el agua y el dióxido de carbono, que de esas estructuras simples se transforman materia orgánica. A los organismos capaces de hacer esto, que no son otros que los equivalentes de las plantas de los ambientes terrestres, se los denomina colectivamente “productores primarios”. Productores, porque “producen” materia orgánica y “primarios”, porque de ellos se van a alimentar el resto de los organismos, llamados consumidores. Considerando el conjunto de productores, consumidores herbívoros, otros carnívoros, otros que se alimentan de restos de detritos, etc., es que llegamos al concepto de red alimenticia o red “trófica” en la jerga ecológica. Entonces, si la UV-B afecta a los productores primarios, podemos imaginar que toda la red trófica se verá afectada.

Como actividad se puede crear una proyección sobre la esfera de la sala central del CVA. Es una manera de mostrar las consecuencias del agujero de ozono y su efecto.

Otras opciones posibles: Para salir del gráfico animado en el eje 1 “agujero de ozono e incidencia de rayos UV” en enfermedades de la piel/ falta de crecimiento en las plantas/ efectos sobre el plancton, esencial para la cadena alimenticia y enmarcar los daños ambientales sobre red trófica. En este último punto, el domo puede virar de ser mundo a ser ambiente subacuático en el cuál vemos las consecuencias sobre dicha red trófica.

Eje 2: Efectos del cambio climático sobre el océano. Desplazamiento del frente polar, especies invasivas; estratificación de la columna de agua, secuestro y transporte de carbono: la bomba biológica

La vida marina antártica se caracteriza por altos niveles de endemismo. ¿A qué llamamos endemismo? A la distribución de un grupo de organismos que está limitada a un ámbito geográfico reducido y que, por lo tanto, solo puede ser hallado de forma natural en ese lugar. Este endemismo es el resultado de las largas historias climáticas, geodinámicas y oceanográficas del océano antártico (Aronson et al., 2007; Clarke & Crame, 2010).

El océano Antártico se define como masas de agua limitadas por el continente Antártico al sur y el Frente Polar al norte (Rintoul, 2009). ¿Y qué es el Frente Polar? Empecemos por decir que un frente marino es un espacio en

el cual se encuentran masas de agua de mar con propiedades de temperatura, salinidad y otras características contrastantes. En particular, el Frente Polar es el más importante de una serie de frentes marinos circumpolares (o sea, alrededor de la Antártida) asociados con los chorros (*jets*, en inglés) de la Corriente Circumpolar Antártica que fluyen hacia el este (Orsi et al., 1995). Tanto el Frente Polar como la Corriente Circumpolar Antártica, la corriente que rodea al continente antártico, forman barreras físicas que limitan los intercambios de agua superficial antártica entre el océano antártico y las áreas del océano al norte del mismo, tales como las aguas subantárticas que bañan el sur de Argentina y Chile (Sanches et al., 2016), bloqueando así la dispersión de la mayoría de los organismos marinos (Convey y Peck, 2019; Peck et al., 2014). Como resultado de la presencia de frentes marinos tan importantes, combinada con fuertes corrientes y la lejanía de otras masas terrestres, la biodiversidad del océano y del continente antártico es única (Barnes y Clarke, 2011).

Los modelos climáticos y las observaciones indican que la temperatura global alrededor de Antártida va a incrementarse en las próximas décadas, debilitando por un lado la diferencia de temperatura que caracteriza al Frente Polar y desplazando su posición hacia el sur, acercándose al continente antártico (ver Figura 8.6), y tal como pudo determinarse en la temperatura superficial del mar (Figura 8.7) en caleta Potter (Isla 25 de Mayo, Shetlands del Sur), Antártida.

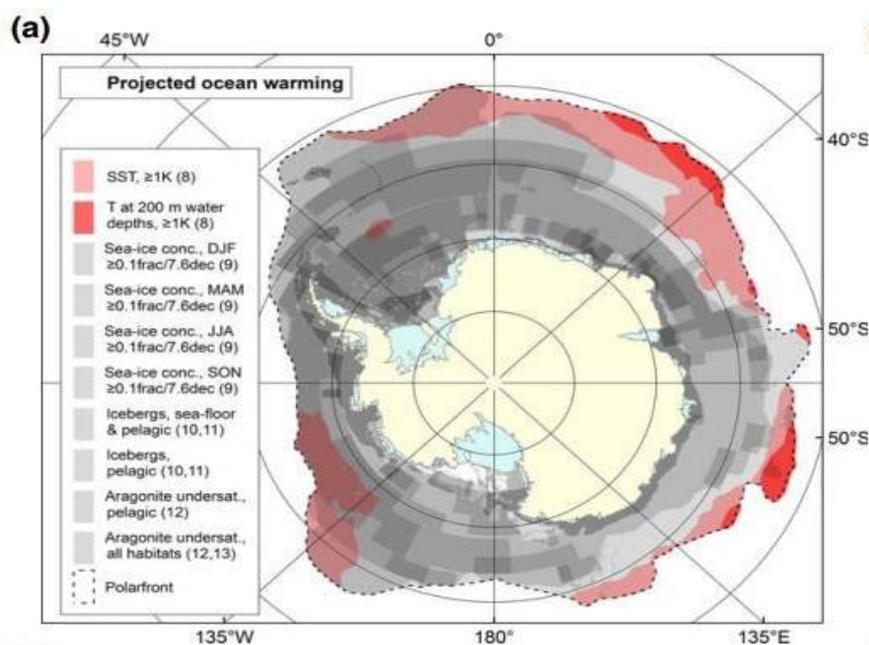


Figura 8.6. Calentamiento del agua del océano proyectado para 2050.

Fuente: tomado de Gutt et al. (2015).

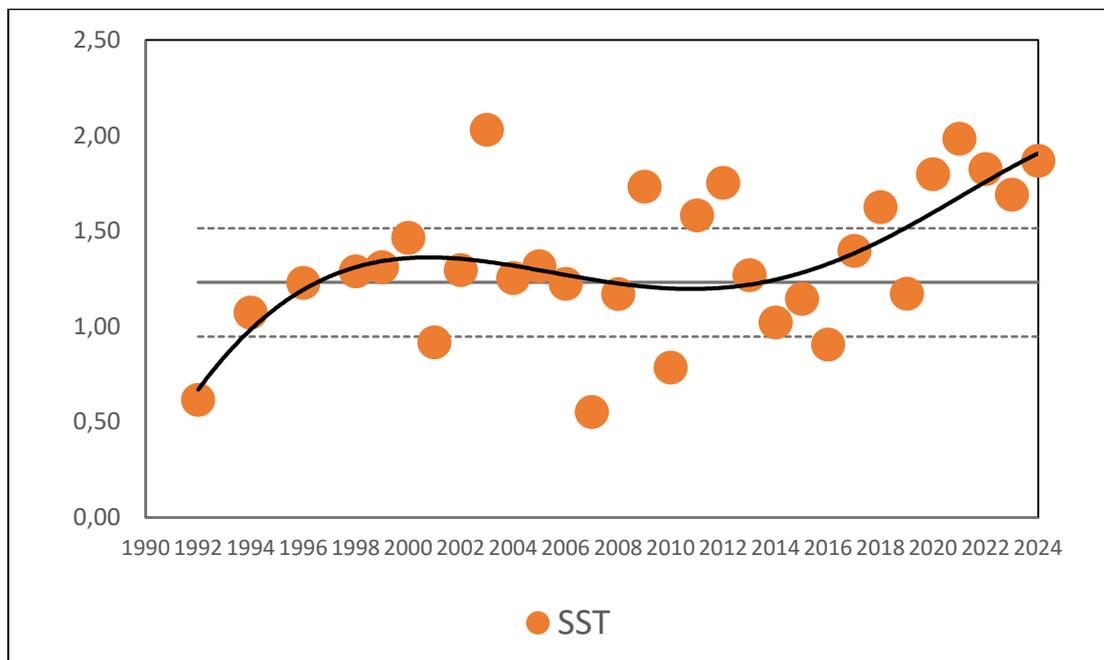


Figura 8.7. Temperatura superficial del mar en caleta Potter, Isla 25 de Mayo, Shetlands del Sur, Antártida, adyacente a la base argentina Carlini.

Por otra parte, los puertos antárticos están sorprendentemente bien conectados con la red marítima mundial (MacCarthy et al. 2022), el incremento del turismo y la navegación facilitan el ingreso de especies o nativas (a través de los cascos de los navíos) y las barreras fisiológicas al establecimiento de especies exóticas probablemente se debilitarán en futuros escenarios de cambio climático (Duffy et al., 2017; Hughes 2020). Además, las proyecciones también indican que es probable que los impactos de las especies exóticas invasoras en sus contrapartes indígenas y en los ecosistemas aumenten en el futuro a medida que aumente la ocupación humana de la región y con el cambio climático (Convey y Peck 2019).

¡Comprender el riesgo que conlleva la invasión de especies en una zona de alto endemismo es por lo tanto muy importante!

Actualmente, existen 3066 registros de 1204 grupos de organismos introducidos en la Antártida y las Islas del océano antártico. La mayoría de los registros y especies son de las Islas del océano antártico (registros: 92,9%, n = 2848; especies: 93,4%, n = 1125), con sólo el 7,1% (n = 218) de los registros y 135 especies en el área del Tratado Antártico (Fig. 1). Las localidades subantárticas con asentamientos humanos permanentes, incluidas las islas Malvinas y Tristán da

Cunha, tienen la mayor parte de los registros de especies no autóctonas de la región. Las plantas vasculares y los insectos constituyen la mayoría de los

registros de especies exóticas y registros taxonómicos únicos en toda la región antártica (Fig. 2a, b). Aproximadamente el 78% de los registros se refieren a especies exóticas existentes, y los registros restantes representan registros inciertos o especies que han sido erradicadas, no lograron establecerse o se extinguieron (Figura 8.8).

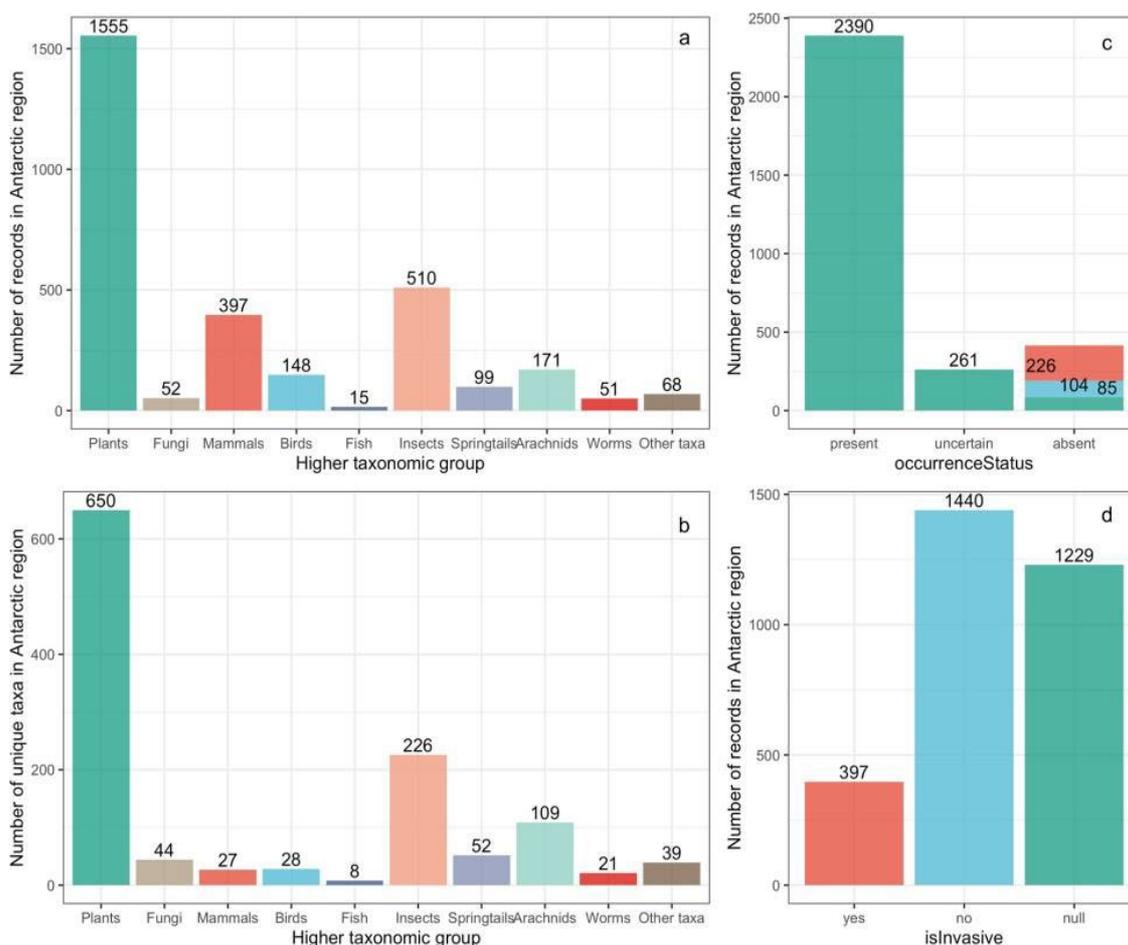


Figura 8.8. Resumen de registros de datos. (a) Número de registros y (b) taxones únicos por grupo taxonómico principal introducido en las islas de la Antártida y del Océano Austral. (c) Número de registros con fecha presente, incierta o estado de ocurrencia ausente en la región antártica. Los registros ausentes se dividen según su estado de erradicación: erradicado (rojo), no logrado establecerse o extinguido (azul) o estado de erradicación desconocido (verde). (d) Número de registros según el estado de isInvasive, donde "sí" indica una especie invasora, "no" indica una especie no invasiva (por ejemplo, distribución transitoria, sinantrópica, restringida) y "nulo" indica una ausencia de información (es decir, estado de invasión a nivel de población). Los valores sobre las barras indican el número de registros o taxones en cada grupo. Fuente: Tomado de Leihy et al. (2023).

Como actividad se propone observar un video que explica brevemente el Frente Polar y la Corriente Circumpolar Antártica. La sala o proyección muestra la lógica de las barreras físicas que impiden los intercambios de agua superficial y enfatiza que su consecuencia es la preservación de la biodiversidad del océano. Esto se presentaría cinematográficamente, de forma

guionada: comienza con el desarrollo de la historia, sus puntos de giro, el clímax y una posible resolución del conflicto (en este punto al ser interactivo puede haber dos resoluciones: a) recuperación ambiental y armonía b) destrucción del medio ambiente consumada):

1) aparecen especies acuáticas moviéndose; uno las puede buscar y tocar. Al tocarlas se abre un cuadro que cuenta mínimamente sobre la especie y su importancia para el ecosistema. Así el visitante puede “bucear” entre especies, aprehendiendo sus rasgos constitutivos.

2) Segundo tiempo del relato: el inicio de la catástrofe, alto impacto. ¿En qué consiste la lógica de alto impacto a nivel narrativo? Luego de “bucear” en la armonía ambiental, el visitante entra en una zona de peligro. Las luces de la sala viran de un azul marino al rojo; y aparece una animación que muestra el calentamiento del agua del océano proyectado para 2050.

3) Tercer tiempo del relato es generar una interacción con la proyección del destino de la especie. Las especies del primer tiempo vuelven a aparecer, pero al tocarlas aparecen las terribles consecuencias. A su vez; mientras la sala parpadea en un rojo de peligro y el diseño sonoro cambia, se ve la mezcla de las corrientes oceánicas en la cual se ven especies invasivas entrando, basadas en especies identificadas.

4) Cuarto tiempo: cambia la armonía ambiental y las especies invasivas han llegado; se desenvuelve una experiencia en la cual se proyectan sus consecuencias sobre la biodiversidad antártica.

5) Quinto tiempo, la reflexión y el eje en la importancia del cuidado medio ambiental. Dos posibles resoluciones de la historia.

Se recomienda una actividad adicional, a partir de las especies potencialmente invasivas de Antártida, su rango de tolerancia a la temperatura se puede mostrar en un mapa la temperatura actual y la simulada para 2050. Las figuras de las especies en cuestión podrán ser pegadas como si fuera un magneto sobre el mapa de la temperatura futura.

Eje 3: Simulación de cambios en glaciares y su efecto en la biota

Contexto: como se mencionó al comienzo de este punto, la extensión del hielo marino en la Antártida alcanzó en 2023 un mínimo récord (ver apartado 6.2 sobre glaciares). De hecho, en siete años se han producido tres veranos con niveles bajos de hielo marino sin precedentes. En 2023, tras

determinarse el mínimo de hielo circumpolar en verano, la cobertura de hielo marino de la Antártida se mantuvo excepcionalmente baja durante el otoño y el invierno. Las mayores anomalías negativas (es decir, los valores de extensión comparados con los de los 30 años precedentes para un momento dado) son las menores observadas desde que se utilizan para esto las imágenes satelitales. (Figura 8.9).

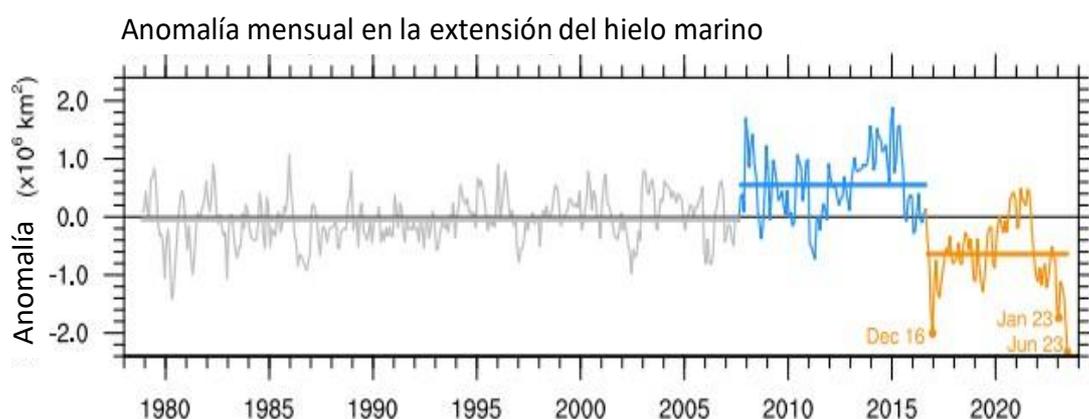


Figura 8.9. Anomalía en la extensión del hielo marino.
Fuente: Purich y. Doddridge, 2023.

La extensión de hielo tiene un impacto directo sobre distintas poblaciones antárticas, entre ellas aquellas de un grupo de organismos sumamente emblemáticos: los pingüinos (Wethington et al. 2023). Está bien establecido que las poblaciones de pingüinos Adelia a lo largo del WAP y las islas subantárticas han disminuido drásticamente en las últimas décadas (McClintock et al. 2010; Humphries et al. 2018).

En contraste con los patrones de disminución de la población de pingüinos Adelia en gran parte de la Península Antártica, los pingüinos papúa (*Pygoscelis papua*), una especie históricamente subantártica de pingüino Pygoscelidos, han mostrado expansiones constantes hacia el sur a lo largo de la Península y aumentos simultáneos en el tamaño de la población (Herman et al. 2020; Korczak-Abshire et al. 2021). Si bien trabajos anteriores han demostrado que los pingüinos Adelia dependen de áreas que experimentan una gran extensión de hielo marino anualmente, un importante hábitat de hibernación para su principal alimento básico (krill), los pingüinos papúas son conocidos por una mayor flexibilidad en la composición de la dieta y el comportamiento de búsqueda de alimento (Miller et al. 2009; Herman et al. 2017), ocupando regiones caracterizadas por una capa de hielo reducida (Cimino et al. 2013). Como especie residente que permanece en las proximidades de la colonia reproductora durante todo el año, los papúas son particularmente sensibles a las condiciones del hielo marino invernal, ya que una extensa cobertura de hielo

marino invernal cerca de su colonia reproductora podría impedir el fácil acceso al océano necesario para la búsqueda de alimento en invierno (Lynch et al 2012). Entonces, si bien la disminución de la extensión del hielo marino alrededor del WAP puede ser beneficiosa para la expansión del pingüino papúa, el ambiente relativamente helado del Mar de Weddell, particularmente durante los meses de invernada, puede ser menos hospitalario (Figura 8.10).

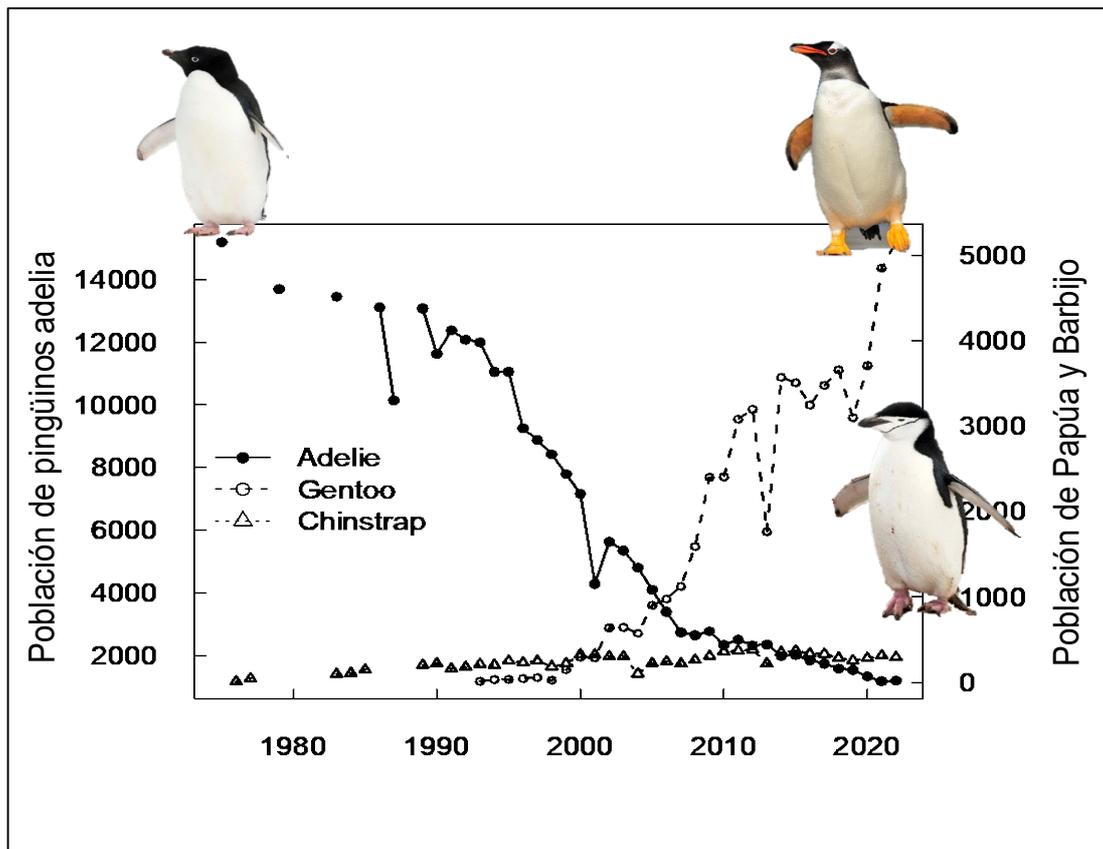


Figura 8.10. Variación interanual del número de colonias de pingüinos antárticos (ver capítulo 5 sobre bioecología).

Por su parte, los pingüinos emperador de la Antártida han experimentado un fracaso reproductivo sin precedentes como resultado de la pérdida de hielo marino.

En una región de la Antártida donde hubo una pérdida total de hielo marino en 2022, murieron la mayor parte de los pichones de cuatro de cinco colonias. Los hallazgos respaldan las predicciones de que más del 90 por ciento de las colonias de pingüinos emperador estarán casi extintas para finales de siglo. Como se mostró al comienzo de esta sección, el hielo marino alrededor de la Antártida ha disminuido significativamente en los últimos siete años. A finales de diciembre de 2022, la extensión del hielo marino era la más baja registrada en 45 años, según registros de imágenes de satélite. La pérdida más

extrema se observó en la región central y oriental del mar de Bellingshausen, al oeste de la Península Antártica, donde se produjo una pérdida del 100 por ciento de hielo marino en noviembre de 2022. En esta zona, el hielo marino no empezó a volverse a formar hasta finales de abril de 2023. Fretwell y colaboradores (2023) concluyeron que había una alta probabilidad de que ningún polluelo sobreviviera en cuatro de las cinco colonias de pingüinos emperador en el área en 2022.

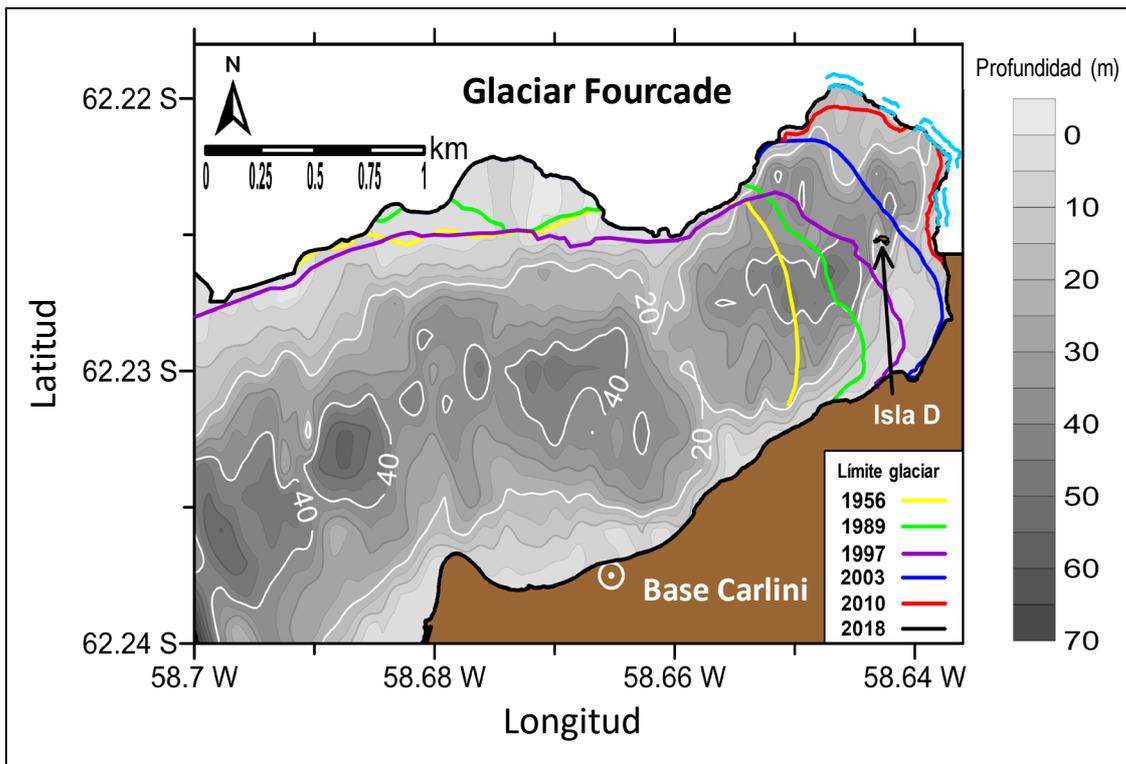


Figura 8.11. Caleta Potter, en la isla 25 de Mayo, Shetlands del Sur, Antártida, en las cercanías de las base Carlini. Las líneas de colores indican la extensión del glaciar Fourcade a lo largo del tiempo. Modificado de Ruiz Barlett y col. (2021).

Como actividad se propone implementar una simulación interactiva que permita a los turistas experimentar visualmente los cambios en los glaciares antárticos a lo largo del tiempo. Para ello, se presentan gráficos en evolución, acompañados de fotografías de la extensión de hielos tanto satelitales como tomadas por fotógrafos, de manera que puedan ver el retroceso de los glaciares y del hielo marino y así comprender la magnitud de este fenómeno. Un ejemplo de esto puede verse en las líneas que muestran el retroceso del glaciar Fourcade, en las cercanías de la base argentina “Carlini” (Figura 8.9)

Como parte de los efectos del cambio en la extensión de los hielos sobre la biota se tomará el ejemplo de las especies de “perdedores” a medida que disminuye la extensión del hielo y otro es un ganador, dado que su dependencia del hielo es menor. Esto podría presentarse a modo de juego con

un monitor táctil, con una imagen dividida en 5 franjas, que permita modificar la temperatura del aire (primera franja), lo que llevará a cambios en la extensión del hielo marino (segunda franja) y que influirá a su vez sobre las tres especies de pingüinos (las tres franjas siguientes).

Se sumará a esta actividad el concepto de histéresis, que implica que aún si las condiciones ambientales volvieran al estado inicial, el equilibrio que alcance el sistema en esta instancia puede ser diferente del original, reforzando la idea de que la extinción de las especies es irreversible.

Un acercamiento local a algunas especies de pingüinos: Para los visitantes de esta región austral, una actividad inolvidable es visitar a los pingüinos. Tenemos tres especies diferentes de pingüinos en Tierra del Fuego. Por supuesto, el Pingüino de Magallanes, pero también el Pingüino Rey y el Pingüino Papúa. Los pingüinos de Magallanes son principalmente negros con rayas blancas alrededor de la cabeza y las alas. Los pingüinos papúas tienen colores sólidos blanco y negro, a excepción de las patas y el pico anaranjados. Y el pingüino rey tiene el elegante aspecto gris y amarillo y la estatura del pingüino emperador, aunque son un poco más pequeños. Todas estas especies llegan a la isla de Tierra del Fuego para reproducirse. La temporada de reproducción es a principios de primavera y verano, comenzando a principios de octubre. Se pueden ver crías durante todo el verano hasta febrero, que de todos modos es la mejor época para reservar un viaje a la Patagonia, debido al clima favorable en este extremo sur. Hay muchas actividades geniales para hacer desde Ushuaia, para visitar estos increíbles animales muy típicos del hemisferio sur (Figura 8.12).



Figura 8.12. Afiche informativo acerca de los pingüinos que pueden encontrarse en el canal Beagle, modificado de <https://ripioturismo.com/>.

Eje 4: Historias interactivas de los efectos del cambio climático sobre la vida silvestre, tanto terrestre como acuática, en los sistemas polares y subpolares

Desarrollar una aplicación de realidad virtual que ofrezca historias animadas sobre la vida silvestre antártica y cómo ha sido afectada por el cambio climático. Los turistas pueden elegir diferentes rutas narrativas y aprender sobre las adaptaciones de las especies a medida que avanzan. La actividad concreta de desarrollaría mediante realidad virtual, pensada en los cambios de biodiversidad tanto en ambientes terrestres como acuáticos. Se simularán paseos en el bosque fueguino, simulando el aumento de temperatura y los efectos sobre los ecosistemas terrestres. Por ejemplo, podría simularse un incendio (la frecuencia de los mismos aumenta como consecuencia del cambio climático), notándose la pérdida de especies. Asimismo, ya para el ambiente acuático, se permitirá a los visitantes sentir lo que un buzo inmerso bajo las aguas costeras antárticas y subantárticas mientras los mismos evolucionan en el tiempo y van, a medida que aumenta la temperatura, perdiendo su diversidad y dando lugar a especies generalistas mejor adaptadas. A lo largo del sendero virtual, además, implementar senderos interpretativos en sitios turísticos clave con códigos QR que brinden acceso a información detallada sobre el impacto del cambio climático en esa ubicación específica. Los turistas escanean los códigos para obtener datos contextuales y científicos mientras exploran.

Estas actividades podrán relacionarse con las temáticas desarrolladas por los especialistas en Ciencias Biológicas del presente proyecto. Tres ejemplos de lo que se propone puede hallarse en diferentes videos⁵.

Eje 5: El rol del ser humano

Este eje se relaciona directamente con lo desarrollado por los especialistas en Ciencias Sociales del presente proyecto (ver capítulo 7). El objetivo es generar que mediante el arte y la lectura de documentación relevante el visitante aprenda y exprese su sentir acerca de los impactos del cambio climático en los ambientes antárticos y subantárticos.

La actividad estaría enmarcada en una sala en donde puedan exponerse expresiones de Arte Sostenible, y donde además se presenten mesas con materiales para que puedan crear (escribir, dibujar, moldear) en función de lo

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=rfg3aCIneIU>
<https://www.youtube.com/watch?v=Q3ilOpjMV4>
<https://www.youtube.com/watch?v=tOoNH0VjwFU>

vivido en cuanto al cambio climático. El objetivo de esta actividad es promover la conciencia a través del arte sostenible. Invitar a artistas a crear instalaciones interactivas hechas con materiales reciclados que destaquen la belleza de la Antártida y generen reflexiones sobre la importancia de su preservación.

Asimismo, se pueden generar espacios para expresión artística tal como se muestran en un video de ejemplo⁶.

La actividad que se propone para este eje se inicia en una biblioteca en la cual aparecen tres ítems, justamente a forma de conclusión para mostrar los desafíos que enfrenta la ciencia en la investigación y conservación de los ecosistemas antárticos; así como también la importancia de la colaboración global, la aplicación de tecnologías innovadoras y la concientización sobre los impactos del cambio climático y el entendimiento más amplio de los procesos ecológicos globales:

- a) Tratado Antártico**
- b) Protocolo de Montreal**
- c) Protocolo de Madrid**

El objetivo es llegar a una conclusión del recorrido, haciendo énfasis en la importancia de la cooperación internacional:

- Generar conciencia de la importancia histórica del Tratado Antártico.
- Su ratificación en el Protocolo de Madrid. procurando una amplia protección del medio ambiente de la Antártida, y de los ecosistemas dependientes o asociados y es parte del Sistema del Tratado Antártico

En esta actividad se encuentran frente a una gran pantalla con tres ítems que salen de libros. Al presionarlos, el libro se abre y sale una persona (si se cuenta con proyectores en esa parte, puede salir de la pantalla usando los mecanismos antes señalados de realidad aumentada) que comienza a contar la importancia del ítem que se escogió. A manera de ejemplo, sobre el Protocolo de Madrid:

Artículo 2: las Partes se comprometen a la protección global del medio ambiente antártico y los ecosistemas dependientes y asociados y designan a la Antártica como una “reserva natural, consagrada a la paz y

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=YU1mx2s6qTA>

a la ciencia”

Artículo 3: Contiene los principios medioambientales sobre los cuales se apoya el Protocolo. Dichos principios enuncian la necesidad de proteger los valores naturales y científicos de la Antártida, haciendo particular hincapié en la obligatoriedad de realizar una planificación cuidadosa de las actividades antárticas, de modo de evitar o atenuar los impactos perjudiciales sobre el medio ambiente que aquellas pudiesen originar

Artículo 8: establece que, antes de llevar adelante una actividad en la Antártida, se debe realizar una evaluación del impacto de la actividad propuesta sobre el medio ambiente antártico o en los ecosistemas dependientes o asociados

Artículo 14: incorpora la necesidad de realizar inspecciones (de conformidad con el Artículo VII del Tratado Antártico) para promover la protección del medio ambiente antártico y de sus ecosistemas dependientes y asociados, y para asegurar el cumplimiento del Protocolo

Anexo I: Evaluación de Impacto Ambiental

Anexo II: Conservación de flora y fauna antárticas

Para preservar la fauna y la flora antárticas y teniendo en cuenta que la actividad humana puede representar una amenaza para su supervivencia, el

Anexo II establece que la toma e intromisión perjudicial de especies antárticas, así como la introducción de especies no autóctonas al continente se encuentra prohibida, excepto que se cuente con un permiso otorgado por un país Parte del Tratado Antártico.

Anexo III: Eliminación y Tratamiento de residuos

Si bien este punto no está directamente relacionado con el cambio climático, es parte del impacto antrópico sobre el ambiente. Puede presentarse acá o en otra sección.

Conforme a este Anexo, la gestión de los residuos antárticos comprende la planificación, clasificación, tratamiento, almacenamiento, transporte, y disposición final de todos los desechos generados al sur de los 60°S. Este Anexo se limita a establecer normas generales que cada país adecua, de acuerdo con la naturaleza de sus instituciones, y con su legislación interna.

Anexo IV: Prevención de la Contaminación Marina (ídem sección precedente)

Anexo V: Protección y Gestión de Zonas

Todo esto le dará a la experiencia un costado de realidad de lo que se está intentando, de poner en valor los esfuerzos, y a su vez educar a los turistas antes de embarcarse.

Para culminar con la actividad final de “La Biblioteca”, deben contestar a un cuestionario en formato “verdadero o falso” tocando los ejes de la experiencia, para que se termine de asentar lo aprendido.

Una actividad más que se puede desarrollar es sobre el cambio climático y los registros históricos, se trata de otra forma de relacionar los contenidos sociales con el cambio climático que podría ser ilustrado en particular en la Antártida, mostrando las consecuencias del derretimiento de los glaciares sobre el suelo respecto a los sitios y monumentos históricos antárticos. Un ejemplo es la descomposición de los glaciares y el cambio del terreno en la Isla Cerro Nevado.

Se podrían instalar múltiples pantallas en las que se muestre la retracción del glaciar en Cerro Nevado, gracias tanto a fotografías de época en la que aparece José María Sobral, material de archivo de cuando la Armada Argentina tomó posesión de dicha isla en 1953 (época en la que el glaciar aún llegaba hasta la casa); como de material obtenidos durante la CAV 2022-2023 cuando se consiguieron imágenes en las cuales se puede observar la clara retracción del glaciar, y sus consecuencias. Particularmente, los chorrillos subterráneos descomponen el terreno y ponen en riesgo la morena sobre la que se encuentra el histórico Refugio Suecia (SMH Número 38); a su vez, consecuencia de la descomposición del terreno es que los objetos de la exploración original (1902 y 1903 principalmente) suben a la superficie. En estas pantallas informativas la idea es que en los extremos opuestos de la instalación se observe el glaciar antes y ahora; mientras que en las intermedias el trabajo preciso de recuperación de objetos históricos, y su posterior conservación y guardado con fines museológicos.

Esta actividad trata entonces de traer una reflexión sobre otra consecuencia del cambio climático: la acción corrosiva sobre el suelo Antártico, la posibilidad de desaparición del patrimonio histórico y la labor patrimonial que se realiza año a año.

Se puede proyectar un video, que da cuenta de esto⁷. Además, es posible desarrollar charlas interactivas con científicos, tanto presenciales como

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=WtxtTJRtumQ>

virtuales (científicos de Tierra del Fuego y/o de Antártida). Organizar charlas interactivas donde los turistas pueden participar activamente, haciendo preguntas y discutiendo con científicos que estudian el cambio climático en la Antártida. Utilizar plataformas en línea para permitir la participación de expertos incluso cuando no estén físicamente presentes.

8.4 Actualidad científica

Desafíos Científicos en el Estudio y Conservación de los Ecosistemas Antárticos Frente al Cambio Climático

Los ecosistemas antárticos se encuentran entre los ambientes más remotos e inhóspitos de la Tierra, pero su fragilidad e importancia son fundamentales para comprender y abordar el estudio de los impactos del cambio climático. En la actualidad, la ciencia se enfrenta a múltiples desafíos al abordar esta temática, así como la conservación y la adaptación de estos ecosistemas únicos.

Desafíos en el Estudio:

Acceso y Logística: Los desafíos logísticos para estudiar el cambio climático en la Antártida son significativos y presentan obstáculos únicos debido a la extrema lejanía y las condiciones climáticas adversas de la región. Estos desafíos pueden agruparse en varias categorías:

Acceso Remoto y Aislamiento Geográfico: La Antártida es uno de los lugares más remotos del planeta, con una accesibilidad limitada debido a la falta de infraestructuras de transporte y la distancia desde los centros poblados más cercanos. Las bases de investigación antártica suelen estar alejadas entre sí, lo que dificulta la colaboración y la coordinación logística para proyectos científicos.

Condiciones Climáticas Extremas: Temperaturas extremadamente bajas, fuertes vientos y tormentas de nieve son comunes en la Antártida, lo que dificulta la planificación y ejecución de operaciones logísticas. Las condiciones climáticas impredecibles pueden afectar la seguridad del personal y la operación de equipos científicos.

Limitaciones en Infraestructuras de Transporte: La falta de una red de carreteras convencionales y el terreno accidentado impiden el acceso terrestre en muchas áreas, lo que obliga a depender de transporte aéreo y marítimo. Los canales y mares australes pueden estar cubiertos de hielo, lo que complica la navegación y limita las opciones de transporte marítimo.

Cortas Ventanas de Tiempo: Las ventanas de tiempo para realizar investigaciones en la Antártida son limitadas debido a las extremas

condiciones invernales. La temporada de investigación suele concentrarse en los meses de verano, cuando las temperaturas son relativamente más moderadas.

Logística de Abastecimiento: La logística de abastecimiento de alimentos, agua, combustible y otros suministros es crítica debido a la falta de recursos locales y la incapacidad de producir alimentos en la región antártica. La dependencia de la importación de suministros implica una cuidadosa planificación logística para garantizar la autosuficiencia de las estaciones de investigación.

Tecnología Adaptada a Condiciones Extremas: Los equipos científicos y las herramientas de investigación deben adaptarse a las temperaturas extremas y a la presencia de hielo. Esto implica un desarrollo tecnológico específico y la necesidad de mantenimiento constante.

Capacidades Limitadas de Almacenamiento y Eliminación de Residuos: La capacidad de almacenamiento es limitada en las estaciones antárticas, lo que implica tener que contar con una gestión eficiente de los recursos y la eliminación responsable de residuos para evitar impactos ambientales.

La superación de estos desafíos logísticos requiere una planificación meticulosa, cooperación internacional, inversiones en tecnologías adaptadas y el desarrollo de estrategias flexibles para adaptarse a las condiciones cambiantes de la región antártica. El avance en la comprensión del cambio climático en este entorno extremo depende en gran medida de la capacidad para superar estos obstáculos logísticos únicos.

Complejidad Biológica: La biodiversidad única de la región antártica, adaptada a condiciones extremas, presenta desafíos en la identificación y comprensión de las especies, así como en la evaluación de sus interacciones.

Dificultades Tecnológicas: La tecnología utilizada para la investigación en entornos extremos debe superar desafíos específicos, como las bajas temperaturas, la presencia de hielo y las condiciones climáticas impredecibles.

Desafíos en la Conservación: El aumento de las temperaturas, el deshielo y los cambios en los patrones climáticos afectan directamente a los ecosistemas antárticos, alterando los ciclos de reproducción, la distribución de especies y la disponibilidad de hábitats. Los desafíos relacionados con la biodiversidad en el estudio del cambio climático en la Antártida son cruciales debido a la singularidad de los ecosistemas antárticos y su susceptibilidad a las alteraciones climáticas. Algunas particularidades de estos sistemas se resumen a continuación:

Ecosistemas Especializados: La biodiversidad antártica está adaptada a condiciones extremas, con especies altamente especializadas que han evolucionado para sobrevivir en un entorno único. El cambio climático puede

perturbar estos ecosistemas especializados, afectando la distribución y la interacción de las especies.

Cambio en la Distribución de Especies: A medida que las temperaturas aumentan y los patrones climáticos cambian, se observa un desplazamiento en la distribución de las especies en la Antártida. Esto puede dar lugar a la competencia entre especies nativas y nuevas, alterando la dinámica de la biodiversidad.

Impacto en la fauna marina y terrestre: La biodiversidad antártica incluye especies marinas y terrestres, como pingüinos, focas, invertebrados y microorganismos. El cambio climático afecta directamente a estos organismos, alterando los ciclos reproductivos, la disponibilidad de alimentos y los hábitats de anidación.

Desconocimiento de la Biodiversidad Microbiana: Aunque la biodiversidad macroscópica es más visible, la importancia de la biodiversidad microbiana en la Antártida es fundamental. La comprensión de la diversidad y función de los microorganismos en este entorno es limitada y representa un desafío para la investigación.

Efectos en Redes Tróficas: Las alteraciones en la biodiversidad pueden tener efectos cascada en las redes tróficas antárticas. Cambios en la abundancia de una especie pueden afectar a las especies que dependen de ella, generando desequilibrios en todo el ecosistema.

Adaptación y respuestas al estrés de los organismos: La capacidad de las especies para adaptarse rápidamente a los cambios climáticos es incierta. Algunas especies pueden no ser capaces de ajustarse lo suficientemente rápido, lo que podría resultar en disminuciones en la biodiversidad y pérdida de especies.

Interacciones con Factores Antropogénicos: Las actividades humanas, como la pesca no regulada y la introducción de especies no nativas, pueden interactuar con el cambio climático y agravar los impactos en la biodiversidad antártica.

Falta de Datos de Largo Plazo: La limitada presencia humana en la región antártica y las dificultades logísticas han llevado a la escasez de datos a largo plazo sobre la biodiversidad. La falta de información histórica dificulta la evaluación de las tendencias y los impactos del cambio climático.

Abordar estos desafíos requiere una investigación continua y una colaboración internacional para mejorar la comprensión de la biodiversidad antártica y su respuesta al cambio climático. Además, la implementación de estrategias de conservación adaptativas y la regulación de actividades humanas son esenciales para preservar estos ecosistemas únicos en la era del cambio climático.

Además, impactando en la conservación de la biodiversidad hay que mencionar la contaminación: Aunque la región antártica ha sido históricamente considerada libre de contaminación, la presencia de contaminantes químicos y la acumulación de desechos plásticos son preocupaciones emergentes.

Posibilidades de Mitigación y Adaptación:

Cooperación Internacional: La colaboración entre países, a través de tratados como el Tratado Antártico, es esencial para establecer medidas de conservación y regulación que protejan los ecosistemas antárticos.

Desarrollo de Tecnologías Sostenibles: La investigación y aplicación de tecnologías respetuosas con el medio ambiente son cruciales para minimizar el impacto humano en los ecosistemas antárticos y facilitar la investigación científica.

Educación y Conciencia Pública: La conciencia pública sobre la importancia de la conservación antártica y los impactos del cambio climático puede llevar a una mayor presión para la adopción de prácticas sostenibles y la implementación de políticas de conservación.

En resumen, los desafíos que enfrenta la ciencia en la investigación y conservación de los ecosistemas antárticos son considerables. Sin embargo, mediante la colaboración global, la aplicación de tecnologías innovadoras y la concientización, es posible mitigar y adaptarse a los impactos del cambio climático en esta región única, preservando su biodiversidad y contribuyendo al entendimiento más amplio de los procesos ecológicos globales.

8.5 Otras consideraciones

Con el aumento del turismo, es imperativo que los visitantes adquieran una comprensión profunda de los desafíos que enfrenta la Antártida y cómo sus acciones pueden influir en este delicado equilibrio. La educación ambiental puede servir como un puente entre la fascinación turística y la responsabilidad ecológica.

Los visitantes podrían tomar conciencia primeramente de esto mediante el cálculo del carbono que producen en su vida cotidiana. Para ello, podría presentarse el vínculo o hasta imprimir un código QR en la entrada al Centro.

La calculadora puede hallarse en: <https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>

La investigación científica también desempeña un papel crucial en la comprensión de los efectos del cambio climático en la Antártida. Los turistas pueden contribuir directamente al apoyo de proyectos de investigación al participar en programas de turismo científico, donde tienen la oportunidad de

trabajar junto a científicos y aprender de primera mano sobre los desafíos que enfrenta la región. Esta experiencia directa puede tener un impacto duradero en la conciencia ambiental de los visitantes, inspirándolos a abogar por la protección de la Antártida a su regreso a casa.

La divulgación de los conceptos del cambio climático entre los turistas no solo es una responsabilidad ética, sino también una estrategia vital para inspirar la acción global. Al comprender la vulnerabilidad de la Antártida y su papel en la estabilidad climática, los visitantes pueden convertirse en defensores apasionados de la conservación, contribuyendo así a preservar este rincón helado de la Tierra para las generaciones futuras. Los turistas, al comprender la magnitud de los cambios que están ocurriendo en la región antártica, pueden convertirse en defensores activos de la conservación y la sostenibilidad. Además de la educación sobre el cambio climático, es fundamental promover prácticas turísticas sostenibles en la Antártida. Las regulaciones y pautas estrictas deben implementarse para garantizar que las actividades turísticas minimicen su impacto en el medio ambiente.

Explicar el cambio climático en la Antártida a un público diverso presenta desafíos únicos, ya que implica la comunicación de conceptos científicos complejos en un contexto geográfico remoto y poco familiar para muchos. La diversidad de audiencias, que puede incluir desde científicos hasta turistas aventureros, requiere estrategias de comunicación que sean accesibles y efectivas para todos. Uno de los desafíos principales radica en la necesidad de simplificar la complejidad científica sin perder la precisión. Los procesos climáticos y las interacciones en la Antártida

son intrincados, y traducir estos fenómenos de manera comprensible para personas con diferentes niveles de conocimiento científico es un reto. Se debe utilizar un lenguaje claro y ejemplos visuales que permitan a la audiencia comprender la magnitud de los cambios climáticos en la región. La diversidad cultural y lingüística del público también añade complejidad e implica además poder adaptarse a culturales. La información debe presentarse de manera que resuene con experiencias y preocupaciones locales, conectando los impactos globales del cambio climático con realidades más cercanas a cada audiencia específica.

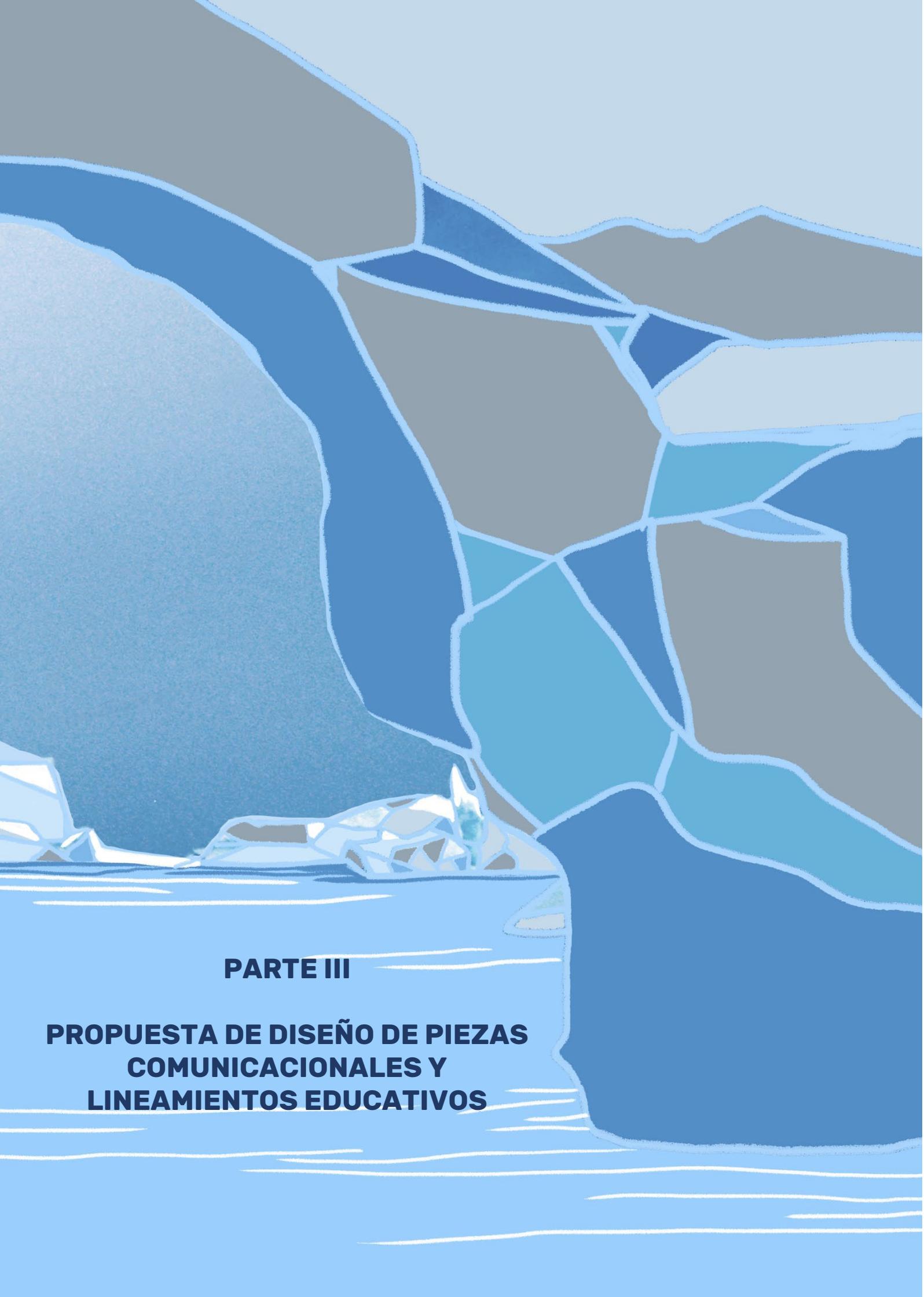
El contexto emocional también es esencial. Las personas pueden reaccionar de manera diferente ante la información sobre el cambio climático, desde la preocupación hasta la indiferencia. Transmitir la urgencia sin generar apatía requiere un equilibrio delicado. La narrativa debe incluir elementos que inspiren la acción, destacando la conexión entre las acciones individuales y el destino del ecosistema antártico. La divulgación efectiva en la Antártida también debe abordar la brecha generacional. Adaptar los mensajes para ser

atractivos y relevantes para diferentes grupos de edad es esencial para fomentar una comprensión intergeneracional del cambio climático y motivar la acción sostenible a largo plazo.

Referencias bibliográficas y fuentes

- Aronson, R. B., Frederich, M., Price, R., & Thatje, S. (2015). Prospects for the return of shell-crushing crabs to Antarctica. *Journal of Biogeography*, 42(1), 1–7. <https://doi.org/10.1111/jbi.12414>
- Barnes, D. K., & Clarke, A. (2011). Antarctic marine biology. *Current Biology*, 21(12), R451–R457. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.04.01>
- Cimino, M. A., Fraser, W. R., Irwin, A. J. & Oliver, M. J. Satellite data identify decadal trends in the quality of *Pygoscelis* penguin chick-rearing habitat. *Glob. Chang. Biol.* 19, 136–148 (2013).
- Clarke, A., & Crame, J. (2010). Evolutionary dynamics at high latitudes: Speciation and extinction in polar marine faunas. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 3655–3666.
- Convey, P., & Peck, L. S. (2019). Antarctic environmental change and biological responses. *Science Advances*, 5(11), eaaz0888. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz0888>
- Duffy, G. A. et al. Barriers to globally invasive species are weakening across the Antarctic. *Divers. Distrib.* 23, 982–996 (2017).
- Gutt, J., Bertler, N., Bracegirdle, T.J., Buschmann, A., Comiso, J., Hosie, G., Isla, E., Schloss, I.R., Smith, C.R, Tournadre, J., Xavier, J. (2015) The Southern Ocean ecosystem under multiple climate change stresses - an integrated circumpolar assessment. *Global Change Biology*. DOI: 10.1111/gcb.12794
- Herman, R. W. et al. Seasonal consistency and individual variation in foraging strategies differ among and within *Pygoscelis* penguin species in the Antarctic Peninsula region. *Mar. Biol.* 164, 1–13 (2017).
- Hughes, K. A. et al. Invasive non-native species likely to threaten biodiversity and ecosystems in the Antarctic Peninsula region. *Glob. Change Biol.* 26, 2702– 2716 (2020).
- Humphries, G. R. et al. Predicting the future is hard and other lessons from a population time series data science competition. *Ecol. Inf.* 48, 1–11 (2018).
- Kawaguchi, S., Ishida, A., King, R. et al. Risk maps for Antarctic krill under projected Southern Ocean acidification. *Nature Clim Change* 3, 843–847 (2013). <https://doi.org/10.1038/nclimate1937>

- Leihy, R.I., Peake, L., Clarke, D.A. et al. Introduced and invasive alien species of Antarctica and the Southern Ocean Islands. *Sci Data* 10, 200 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02113-2>
- Lynch, H., Naveen, R., Trathan, P. N. & Fagan, W. F. Spatially integrated assessment reveals widespread changes in penguin populations on the Antarctic Peninsula. *Ecology* **93**, 1367–1377 (2012).
- McCarthy, A. H., Peck, L. S. & Aldridge, D. C. Ship traffic connects Antarctica's fragile coasts to worldwide ecosystems. *PNAS* 119, e2110303118 (2022).
- McClintock, J., Silva-Rodriguez, P. & Fraser, W. Southerly breeding in gentoo penguins for the eastern Antarctic Peninsula: Further evidence for unprecedented climate change. *Antarct. Sci.* **22**, 285–286 (2010).
- Miller, A. K., Karnovsky, N. J. & Trivelpiece, W. Z. Flexible foraging strategies of gentoo penguins *Pygoscelis papua* over 5 years in the South Shetland Islands. *Antarct. Mar. Biol.* 156, 2527–2537 (2009). Article Google Scholar
- Orsi, A. H., Whitworth, T., & Nowlin, W. D. Jr. (1995). On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 42(5), 641–673. [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(95\)00021-W](https://doi.org/10.1016/0967-0637(95)00021-W)
- Peck, L. S., Morley, S. A., Richard, J., & Clark, M. S. (2014). Acclimation and thermal tolerance in Antarctic marine ectotherms. *Journal of Experimental Biology*, 217(1), 16–22. <https://doi.org/10.1242/jeb.089946>
- Purich Ariaan & Edward W. Doddridge (2023) Record low Antarctic sea ice coverage indicates a new sea ice state *Communications Earth & Environment* volume 4, Article number: 314 (2023) <https://www.nature.com/articles/s43247-023-00961-9>
- Rintoul, S. R. (2009). Antarctic Circumpolar Current S.R. (2nd ed., pp. 178–190). *Encyclopedia of Ocean Sciences*.
- Ruiz Barlett EM, Sierra ME, Costa AJ, Tosonotto GV. Interannual variability of hydrographic properties in Potter Cove during summers between 2010 and 2017. *Antarctic Science*. 2021;33(3):281-300. doi:10.1017/S0954102020000668
- Sanches, P. F., Pellizzari, F., & Horta, P. A. (2016). Multivariate analyses of Antarctic and sub-Antarctic seaweed distribution patterns: An evaluation of the role of the Antarctic Circumpolar Current. *Journal of Sea Research*, 110, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2016.02>
- Wethington, M., Flynn, C., Borowicz, A. et al. Adélie penguins north and east of the 'Adélie gap' continue to thrive in the face of dramatic declines elsewhere in the Antarctic Peninsula region. *Sci Rep* 13, 2525 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-2946>



PARTE III

**PROPUESTA DE DISEÑO DE PIEZAS
COMUNICACIONALES Y
LINEAMIENTOS EDUCATIVOS**

Capítulo 9

Núcleos narrativos

9.1 Los núcleos narrativos

Un núcleo narrativo es un concepto clave en la teoría de la narración que se refiere a los elementos esenciales que constituyen la estructura de una historia. Los núcleos narrativos comprenden los acontecimientos y situaciones fundamentales que impulsan una línea de argumentación, ofreciendo un esqueleto que sostiene el relato completo. En este sentido, Bal (2017)¹ señala que los núcleos narrativos consisten en acciones y acontecimientos que son absolutamente esenciales para contar una historia.

Partiendo de esta conceptualización teórica, se definieron cinco núcleos narrativos que responden a una organización temporal y que permiten periodizar en función de los momentos clave que el grupo de trabajo coincidió para representar en el CVA. Si bien los núcleos se organizan para seguir un orden cronológico, en algunos casos unos núcleos avanzan sobre otros.

A continuación, se presentan los núcleos narrativos que se han definido para abordar los contenidos del CVA en función del eje temático propuesto que se centra en las **conexiones de la Antártida con Tierra del Fuego**.

9.1.1 La Antártida y sus inicios

Este núcleo narrativo comprende dos momentos importantes en la historia inicial geológica antártica que permiten dar comienzo al relato del CVA. Estos dos momentos se refieren, por un lado, a la **tectónica de placas** y, por otro, al **periodo Jurásico**. Los contenidos de referencia se encuentran en el capítulo 4, apartado 4.1, de este volumen.

En el primer caso, la tectónica constituye un tema esencial para comprender la evolución geológica, el clima, la distribución de recursos y la biodiversidad de la Antártida. La tectónica permite avanzar sobre otros núcleos narrativos para llegar a la ubicación actual de la Antártida. Se trata de un proceso continuo desde la formación de la Tierra, pero la teoría moderna que la describe se desarrolló a mediados del siglo XX.

¹ Bal, M. (2017). *Narratology: Introduction to the theory of narrative*. University of Toronto Press.

En el segundo caso, el Jurásico (160/170 millones de años) corresponde a un periodo importante en la Antártida porque proporciona evidencia de una rica flora y fauna, como fósiles de plantas y dinosaurios, lo que ayuda a reconstruir el clima y las condiciones ambientales de esa época. Además, durante el Jurásico, la Antártida formaba parte del supercontinente Gondwana y, estudiar sus formaciones geológicas, ayuda a entender la tectónica de placas y la fragmentación de este gran continente. Para este caso, se destaca, particularmente, material vegetal fósil del monte Flora (Antártida) que se encuentra en resguardo en el Museo del Fin del Mundo en Ushuaia como así también la presencia de rocas de este periodo en Tierra del Fuego, compuestas por tobas y sedimentos marinos.

En ambos casos se expresa una conexión de la Antártida con Tierra del Fuego, permitiendo vincular el núcleo con el eje temático propuesto para el CVA.

9.1.2 Una Antártida sin hielo

Este núcleo aborda los contenidos del capítulo 4, apartado 4.1 de este informe que trata sobre geología, paleoambientes y evolución de la biota antártica del Mesozoico-Cenozoico y su conexión con Tierra del Fuego. En el marco de este núcleo narrativo que abarca entre 86 y 34 millones de años, es posible establecer relaciones entre la Antártida y Tierra del Fuego.

9.1.3 La Antártida de hielo

Los contenidos que corresponden a este núcleo narrativo se encuentran en los capítulos 4, 5 y 6 de este volumen. Tiene como objeto establecer la conexión entre el aislamiento del continente antártico, su enfriamiento progresivo, el desarrollo de glaciares y fenómenos atmosféricos asociados. Asimismo, pretende relatar los cambios en la biota y la instauración de la biota moderna.

Los contenidos de este núcleo contribuyen en dar continuidad al eje temático de conexiones antárticas y fueguinas.

9.1.4 La aventura antártica

Este núcleo narrativo se encuentra representado en los contenidos desarrollados en el capítulo 7 y 8 de este informe, no obstante, existe una fuerte articulación con el resto de los capítulos. La centralidad de este núcleo narrativo se encuentra en la llegada humana a la Antártida que permite la conexión con los contenidos desarrollados en los núcleos narrativos anteriores y posteriores a partir de la exploración y la investigación científica. Se trata de una especie más que llega continente. Comprende las primeras aproximaciones, loberos y

balleneros, exploradores, la situación actual de la Antártida, el desarrollo de la ciencia antártica argentina, entre otros.

La relación entre la Antártida y Tierra del Fuego se manifiesta con claridad en este núcleo.

9.1.5 La Antártida del futuro

Se trata de un núcleo narrativo que permite pensar en el futuro de la humanidad en función de problemáticas actuales que resulta necesario abordar, tal como el cambio climático. Los contenidos relacionados con este núcleo narrativo se encuentran especialmente tratados en los capítulos 5 y 8, aunque también se vinculan con los capítulos 4 y 7. Se plantea centrar la atención en la ciencia como puente al futuro entendiéndolo como tema articulador y motivador. El eje temático de este núcleo se conecta con Tierra del Fuego directamente al plantear la responsabilidad de reflexionar sobre las consecuencias que se evidencian en la Antártida en función de lo que hacemos fuera de ella. Este hecho destaca el rol de la puerta de entrada, entre otras posibilidades de vinculación entre ambos espacios.

9.1.6 Cuadro concluyente

A partir de los núcleos narrativos previamente descritos, se diseñó un guion para organizar el relato que se espera que el usuario se lleve de su visita por el CVA. Para ello se organizaron los contenidos temáticos en tres dimensiones: atmósfera, geósfera e hidrósfera. Estas permiten articular los cinco núcleos narrativos siguiendo un orden cronológico. El cuadro resultante (Figura 8.1) actuó de base para definir y construir las piezas comunicacionales que se desarrollan en el siguiente apartado de este informe.

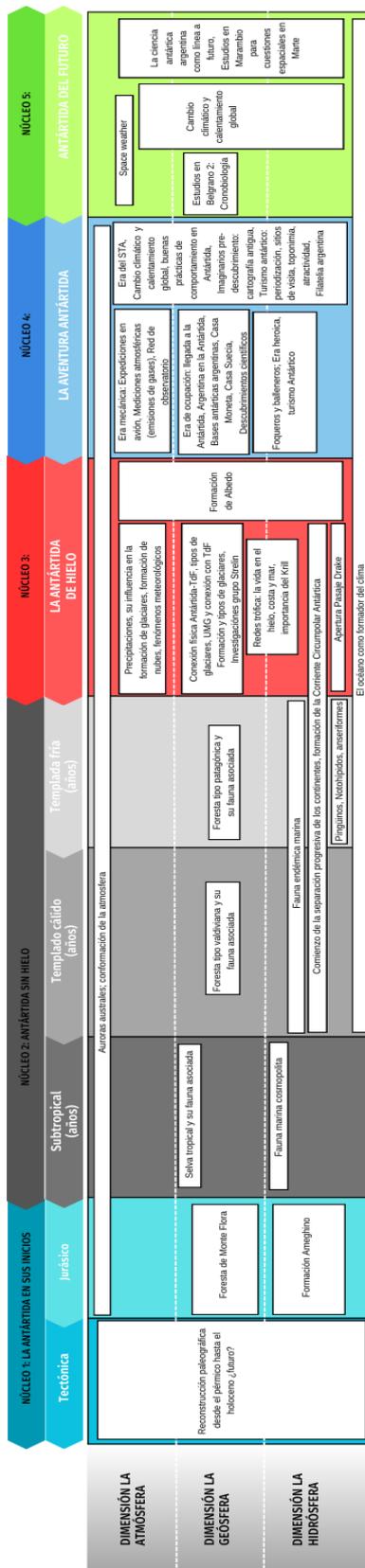


Figura 9.1. Núcleos narrativos y dimensiones.
Fuente: elaboración propia.

Capítulo 10

Propuesta de diseño de piezas comunicacionales y lineamientos educativos

10.1 Lineamientos generales

Como se mencionó anteriormente, para la comunicación de los contenidos definidos para cada núcleo narrativo, proponemos una organización a partir de las tres dimensiones: atmósfera, geósfera e hidrósfera (ver Figura 9.1). Para cada dimensión, sugerimos una pieza comunicacional central articulada con piezas comunicacionales complementarias (Figura 10.1).

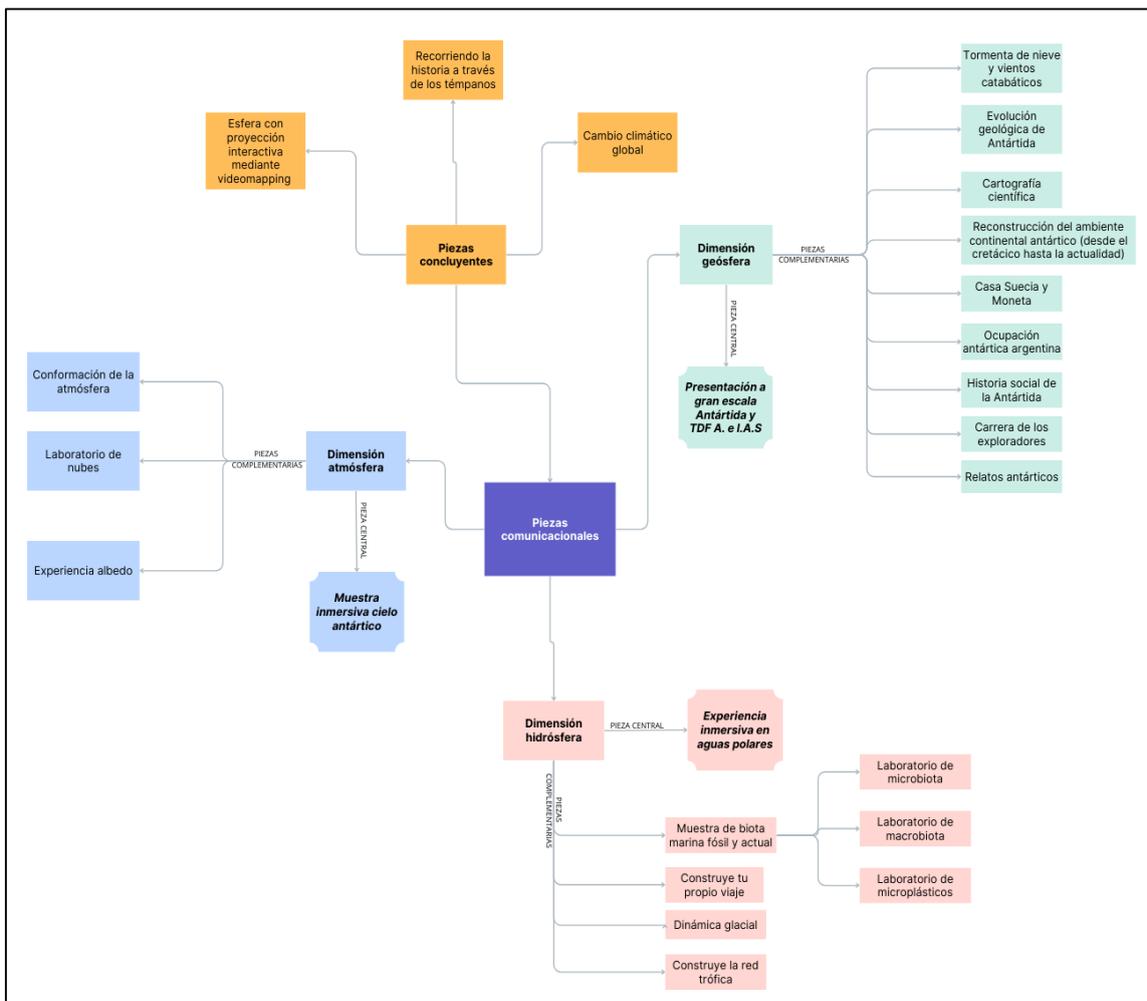


Figura 10.1. Esquema de piezas comunicacionales.
Fuente: elaboración propia.

Las piezas centrales están abocadas a la inmersión del/la visitante en cada dimensión, priorizando un acercamiento sensorial y experiencial. Las piezas complementarias, por su parte, se proponen como intervenciones que buscan construir, compartir y divulgar información y conocimiento. Presentan, entonces, un rol más ligado a la comunicación pública de la ciencia.

Como lineamientos generales para el desarrollo de las piezas se deberá tener en cuenta:

- El material visual puede tener prioritariamente tres orígenes: a) fotográfico, tanto de imagen fija como de imagen en movimiento. b) sintético, a partir de modelos tridimensionales, animación y texturizado siguiendo una estética fotorrealista. c) gráfico, a partir de piezas de diseño en comunicación visual fijas y en movimiento siempre siguiendo las normas de estilo pautadas para el centro.

- El material sonoro debe propiciar una experiencia inmersiva evitando la utilización de efectos o de música. De esta manera el componente principal de la banda sonora presente en el centro será sonido ambiente y sonidos de fauna propios del continente. El objetivo es representar diferentes paisajes sonoros (Schaffer, 1969) de la Antártida.

- Los desarrollos visuales y sonoros deben atenerse exclusivamente a los contenidos seleccionados y elaborados en este informe.

- Las interfaces gráficas y/o físicas diseñadas e implementadas para las propuestas de comunicación que involucren estrategias digitales interactivas deben conformar un sistema coherente a nivel estético y funcional (Scolari, 2018). Esto quiere decir que los mecanismos de interacción que sean similares deben funcionar a partir de los mismos mecanismos.

Las propuestas de intervención se plantean tomando como bases diversas estrategias audiovisuales que se fundamentan en la utilización de cartografías, *mapping*, realidad aumentada y virtual e interfaces originales.

En relación a la cartografía se busca aprovechar tipologías de representación que incluyan la interacción como variable para la transmisión de información. En este sentido, como plantean Gómez Moreno y Pérez Rodríguez (1993) se opta por trabajar con cartografía dinámica estática y cartografía dinámica animada.

La primera, permite visualizar en forma de imagen en movimiento la evolución o cambios de un fenómeno, esto se logra a partir de dos acciones: la superposición de representaciones en un mismo espacio físico y la sucesión continuada en el tiempo de dicho fenómeno. La cartografía dinámica animada,

por su parte, da la posibilidad de que generación de la representación implique una interacción directa o indirecta con el lector/usuario a través de la aplicación de diversos mecanismos.

A estas estrategias de representación cartográficas se le suma la cartografía basada en proyección aumentada 3D que permite aprovechar espacio y objetos físicos como superficie para la proyección. De esta manera, como expresan Villalobos et al. (2023) logra articular el mundo digital con el físico otorgando representaciones de la superficie terrestre y de los fenómenos que allí se desarrollan que van desde geosimulaciones hasta el mapeo participativo e interactivo. A partir de la combinación de diversas tecnologías es posible, entonces, generar y habilitar nuevas formas de interacción.

En este sentido, la cartografía como herramienta para transmitir y construir conocimiento no se propone como una estrategia aislada, sino que se cree y recree junto con las técnicas y estrategias audiovisuales como el *mapping*; realidad aumentada y virtual e interfaces.

Respecto de las estrategias audiovisuales, consideramos relevante definir estas tecnologías que serán mencionadas más adelante en este informe en el marco de diferentes propuestas de intervención.

Cuando hablamos de *videomapping* o *mapping* hacemos referencia a la adaptación de una proyección a una superficie volumétrica (no bidimensional o plana como una pantalla tradicional). Este tipo de técnicas posibilita la creación de entornos inmersivos a gran escala (Ustarroz, 2010). Para su realización se necesita equipamiento de proyección de altos niveles de luminosidad y rendimiento, así como un trabajo de adaptación e implementación de la proyección a la superficie destino.

La realidad virtual es una tecnología que posibilita introducir a un usuario/a a un entorno virtual. Podemos diferenciarla en dos grandes grupos: realidad virtual real y realidad virtual virtual (Gois Falanges y Porto Reno, 2022). La primera describe lo que comúnmente conocemos como video 360°. En estos casos lo que se visualiza es un video con una deformación particular en algún tipo de casco que permite seguir el movimiento de la cabeza. La segunda categoría, la realidad virtual virtual, o RV2, produce un sistema en el que el usuario/a visualiza un entorno tridimensional que puede recorrer, así como interactuar con objetos dentro del sistema. En líneas generales, el contenido de un sistema de realidad virtual real es un video con una deformación particular de reproducción lineal. En el otro caso, en la realidad virtual virtual, el contenido es un *software* (de manera similar a un videojuego en tres dimensiones) que despliega un espacio que se pueda recorrer en un casco. Las propuestas de realidad virtual mencionadas para el centro hacen referencia a este segundo grupo de tecnologías.

La realidad aumentada es una tecnología que posibilita fundir en un mismo dispositivo o pantalla contenido de origen fotográfico y contenido de origen digital o sintético. Un ejemplo de uso cotidiano de este tipo de software son los filtros de realidad aumentada de las plataformas sociales.

Finalmente, es importante contar con un diseño de interfaces exhaustivo para las piezas que requieran de las mismas. Cualquier contenido digital interactivo incorpora algún tipo de interfaz. Una interfaz es el punto de contacto entre el usuario/a y el contenido de la pieza (Manovich, 2005). Estas interfaces deben perseguir criterios de usabilidad y accesibilidad (Hassan Montero, 2015).

10.2 Desarrollo de una aplicación móvil para el centro

Debe diseñarse y desarrollarse una aplicación móvil del centro de visitantes. Su diseño debe considerar colores amigables con el daltonismo. Respecto de las funciones que debe cumplir, podemos agruparlas en cuatro tipos: 1) información general sobre el CVA; 2) vinculación con las piezas comunicacionales del centro y con lineamientos educativos; 3) propuesta de actividades fuera del CVA y 4) información y recursos referidas a la accesibilidad.

La primera función se concentra en brindar información relevante referida al funcionamiento del CVA. Se recomienda en esta función ofrecer información respecto a los siguientes aspectos:

- Acceso a QR
- Selección de idiomas oficiales del Sistema del Tratado Antártico (inglés, español, francés y ruso) y sumar chino, portugués y alemán.
- Acceso a videos grabados con subtítulos en los idiomas definidos para el CVA
- Días de visita para escuelas
- Propuesta de CVA en relación a personas neuro divergentes

La segunda función refiere a la relación de la aplicación con las diferentes propuestas de comunicación brindando visualización o escucha de contenido vinculado a esa intervención en particular. En este sentido, la aplicación debe funcionar como espacio de expansión de las piezas comunicacionales y recursos educativos y los contenidos presentes en ellos.

La tercera función corresponde a propuestas de intervención que se pueden utilizar fuera del CVA y sirve como espacio para incorporar también propuestas de trabajo que respondan a los lineamientos educativos fuera del espacio físico del centro.

Se propone para este apartado el desarrollo de:

- Trivia antártica

- Manual antártico de buenas prácticas: ¿Qué puedo hacer yo para proteger a la Antártida y vivir en un planeta mejor?

Ejemplo: folleto de Aportes a la promoción y concientización del cuidado del patrimonio paleontológico en el terreno antártico (presentado como IP 22 en la RCTA XLV, Helsinki, 2023)

-Filtro de realidad aumentada: Conviértete en un/a explorador/a

Finalmente, y no por ello menos importante, este recurso contempla cuestiones de accesibilidad en varios sentidos: por un lado, su desarrollo debe prever estrategias de accesibilidad, a su vez, debe brindar apoyo de accesibilidad a distintas piezas comunicacionales del CVA y, finalmente, debe brindar información sobre la accesibilidad y el diseño universal del CVA.

10.3 Desarrollo de piezas comunicacionales

10.3.1 Piezas comunicacionales de la dimensión atmósfera

10.3.1.1 Pieza comunicacional central: muestra inmersiva del cielo antártico

La pieza comunicacional central propone una muestra inmersiva del cielo antártico constante y dinámica. Se sugiere una proyección sobre el techo de la/s sala/s que lo cubra por completo con forma semiesférica. La proyección se compondrá de diferentes escenas: una aurora austral, cielos con diferentes niveles y tipos de nubosidad, un cielo nocturno estrellado y un cielo despejado (como mínimo) (Figura 10.2). La transición entre estas escenas se dará de forma aleatoria a partir de un montaje en tiempo real. El ambiente lumínico de la sala está definido por el cielo que está siendo proyectado. El material audiovisual será de origen fotográfico o producido a partir de imagen sintética con una estética fotorrealista. En alguna parte del espacio deben colocarse piezas gráficas que brinden información sobre cada una de las escenas representadas.



Figura 10.2. Boceto de la pieza central de la dimensión atmósfera.

10.3.1.2 Pieza comunicacional complementaria: conformación de la atmósfera

Esta experiencia plantea una introducción a las tres dimensiones vinculadas a su conformación. Esta propuesta comprende dos desarrollos asociados: un rompecabezas de interfaz física háptica que contemple la continuidad de la relación atmósfera-océano con énfasis en las diferentes capas de la atmósfera (Figura 10.3) y una pantalla ubicada como una mesa, de 260 cm de ancho y 130 cm de largo como mínimo. Al encastrar las piezas del rompecabezas sobre la pantalla se reproducirá contenido audiovisual correspondiente al estado de avance del rompecabezas, presentando información respecto a cada capa de la atmósfera y animación asociada a ella. El *trackeo* o revisión del estado de las piezas podrá realizarse a partir de elementos ubicados en la parte inferior de cada una (en caso de que se utilice una pantalla táctil) o un sensor externo a la pantalla. La producción de esta pieza por lo tanto incorpora: el desarrollo del *software* necesario (que chequee el estado de avance del rompecabezas y dispare el contenido audiovisual correspondiente), la instalación de los sensores o pantalla táctil, la producción de las piezas del rompecabezas que representan cada capa de la atmósfera y la producción del contenido audiovisual utilizando material de archivo o imágenes producidas mediante software para modelado 3D con una estética fotorrealista.

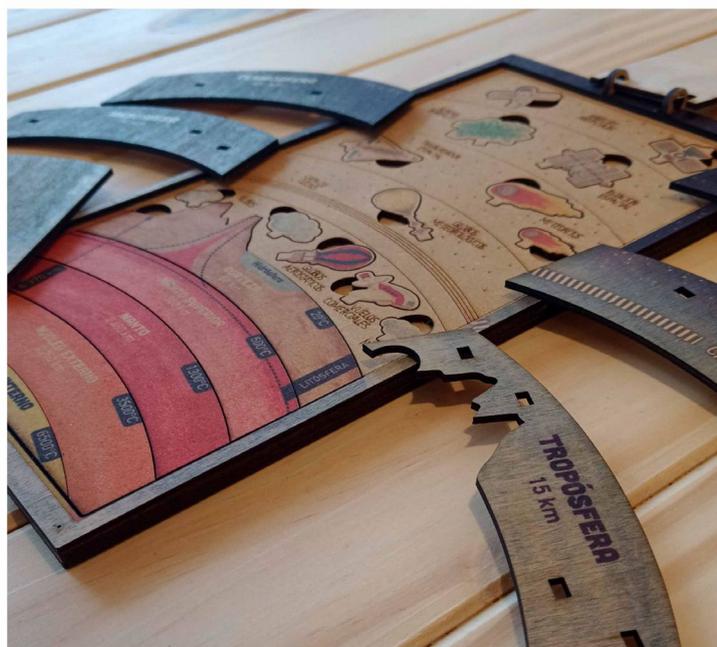


Figura 10.3. Rompecabezas con las distintas capas que conforman la geósfera y atmósfera, a modo de ejemplo. Tomado de <https://tesintesan.com/producto/planeta-tierra-en-capas/>

10.3.1.3 Pieza comunicacional complementaria: laboratorio de nubes

Esta experiencia contempla la conformación de una sala que contiene al menos dos estaciones compuestas de: una pantalla holográfica y una interfaz gráfica. En la pantalla holográfica se reproducen nubes típicas de las altas latitudes, como pueden ser las Estratosféricas polares (NEP), Lenticulares, etc., compuestas en tiempo real según las características introducidas por un usuario/a en la interfaz gráfica. El usuario/a le dará valores a los parámetros vinculados a la conformación de las mismas: humedad, presión, temperatura, otros y, se compondrán nubes correspondientes a cada una de esas combinaciones. Una vez que el usuario genere una nube en particular (lenticular, por ejemplo) se reproducirá un contenido audiovisual que describa ese tipo de formación y su presencia en el continente antártico (Figura 10.4).

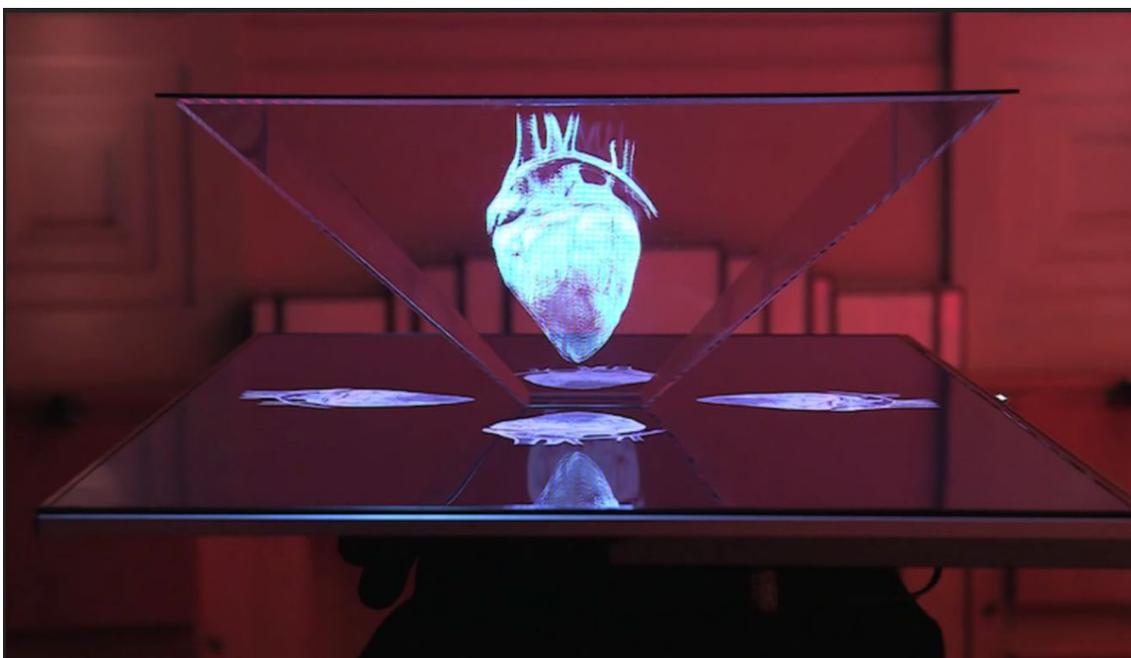


Figura 10.4. Producción de un holograma a partir de una pantalla y segmentos de acrílico. Recuperado de <https://hipertextual.com/2016/09/televisor-holografico>

Vinculado al laboratorio de nubes se propone el diseño y emplazamiento de piezas gráficas que explican y ejemplifican los distintos efectos ópticos generados por las nubes (ver Figura 10.5).

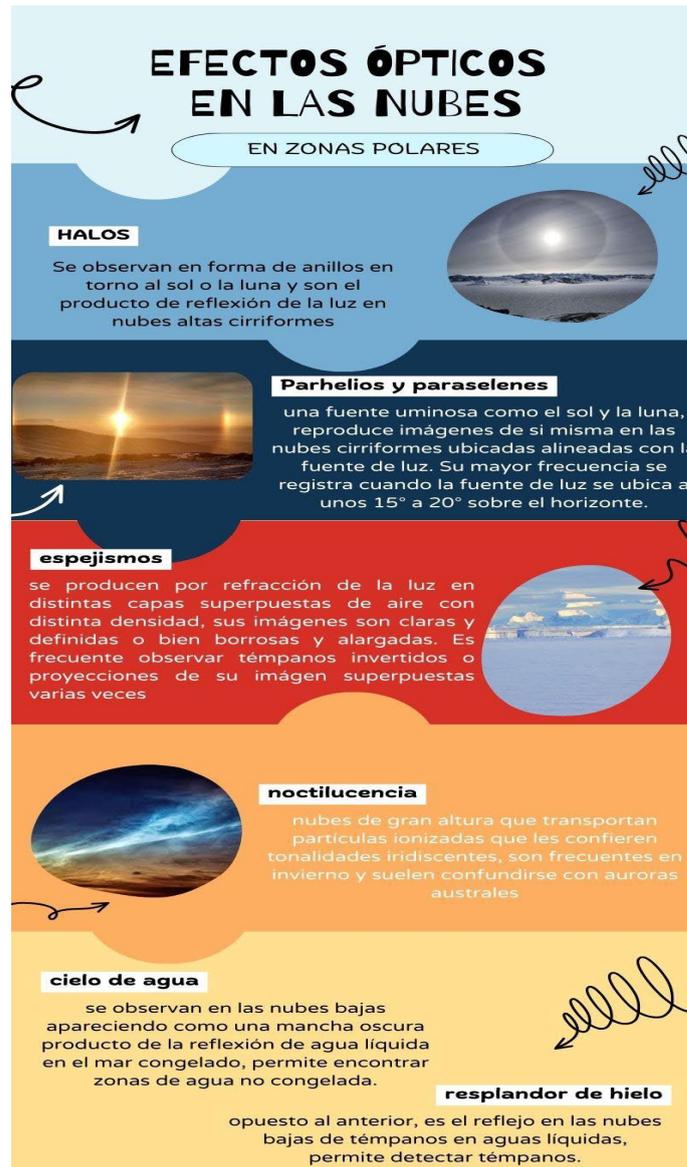


Figura 10.5. Infografía sobre efectos ópticos en las nubes.

10.3.1.4 Pieza comunicacional complementaria: experiencia albedo

Esta experiencia se compone de cuatro estaciones. En cada una de ellas el usuario deberá tomar un puntero láser (u algún objeto similar) y orientarlo hacia el objeto que tiene enfrente. Los objetos presentes se repartirán de la siguiente manera (a razón de uno por cada estación) un bloque de hielo, un bloque de agua, un bloque de suelo y un bloque de nieve. Cada estación tendrá una pantalla ubicada por encima del objeto que contiene. Al apuntar con el láser hacia el objeto se podrá visualizar cuál es el nivel de energía que absorbe y cuál es el nivel de energía que refleja o rebota. Para la interpretación completa de la experiencia deberá presentarse un contenido audiovisual que represente mediante gráfica animada el fenómeno de manera integral en relación con la desglaciación y cómo se altera este balance energético de radiación se ve

modificado por las construcciones y actividades humanas.

10.3.2 Piezas comunicacionales de la dimensión geósfera

10.3.2.1 Pieza comunicaciones central: representación a gran escala de la península Antártica y provincia de TDF, A e IAS

Instalación de una representación a gran escala (1.70 m de alto como mínimo) del sector antártico argentino y la provincia de Tierra del Fuego, A e IAS, con información de los puntos cardinales. El sector antártico argentino será representado de manera corpórea, mientras que las Islas Malvinas, Tierra del Fuego, las islas Georgias del Sur y Sandwich del Sur serán ploteadas en el piso del espacio (Figura 10.6). La pieza tendrá dos tipos de recorridos: a) recorrido por sobre la superficie de la península en la que podrán visualizarse las geoformas antárticas presentes en el área (como nunataks; circos glaciares, lenguas glaciares, entre otros), b) recorrido por los alrededores de la península. Este espacio permitirá observar un corte del continente antártico en el cual se manifieste una columna de hielo (con elementos como grietas, coloraciones, agujeros de crioconita como pequeños ecosistemas glaciares) y la capa terrestre. Cada visitante podrá hacer uso de una cartografía de la representación en su dispositivo móvil (dentro de la app propia del Centro o como un recurso en línea, según se considere). Esta cartografía contendrá los diferentes puntos y aspectos presentados en la instalación, los cuales podrán ser seleccionados para obtener más información sobre cada uno de ellos. Todo el espacio contará con una ambientación sonora que, a partir de una mezcla en tiempo real, dispare de manera aleatoria diferentes paisajes sonoros de la Antártida (fauna, atmosféricos y el quiebre de un glaciar).

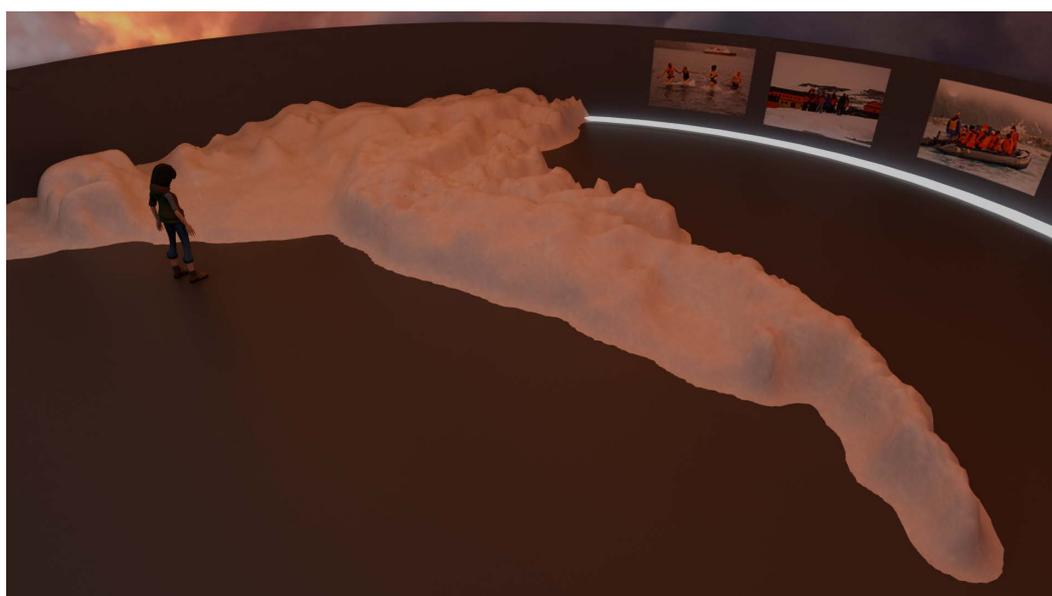


Figura 10.6. Boceto de la pieza central de la dimensión geósfera.

Asimismo, sobre esta representación podrán proyectarse distintos procesos como por ejemplo la velocidad de los hielos.

10.3.2.2 Pieza comunicacional complementaria: tormenta de nieve y vientos catabáticos

La experiencia plantea un espacio amplio (de aproximadamente 3 m²) que simula un cubo de hielo donde se representarán distintas inclemencias climáticas antárticas. El usuario deberá ponerse abrigo, guantes y gorro antes de ingresar al cubo. Habrá prendas disponibles de distintos momentos históricos, propiciando de esta manera acercarnos a la evolución de la vestimenta polar. Las paredes de la instalación deberán ser parcialmente translúcidas para que los visitantes que estén por fuera de la misma puedan observar la experiencia. En el cubo se proyectan imágenes de distintas bases antárticas, campamentos científicos y personas en actividad, de forma tal que el/la usuario/a pueda reconocer la importancia de los colores en relación con las condiciones climáticas de la Antártida.

La sala contará con un sensor que dispare la experiencia al ingresar un usuario. Una vez que esté dentro de la habitación se modificarán los valores de temperatura y viento, así como el tipo de precipitación. En el cubo el usuario podrá vivenciar desde una simple precipitación de nieve hasta una ventisca con intensas ráfagas de viento y bajas temperaturas, generando diferentes sensaciones corporales. Se sugiere, además, la instalación de instrumentos que permitan medir y mostrar, temperatura, intensidad de viento y presión (Figura 10.7).



Figura 10.7. Sala polar con temperatura y simulación de vientos del International Antarctic Center. Recuperado de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_storm_room_at_the_International_Antarctic_Centre.jpg

10.3.2.3 Pieza comunicacional complementaria: evolución geológica de la Antártida

Se propone una instalación a gran escala en la cual se representan los diferentes bloques continentales que conforman el supercontinente Pangea, previo a su desmembramiento (250 Ma aproximadamente). Los bloques que conforman la actual Antártida estarán representados con un color diferenciado. La representación de los bloques continentales será a partir de medios físicos. A partir de la utilización de varias interfaces (como manivelas) el usuario/a recreará el movimiento de los bloques continentales hasta llegar a la conformación actual. La presencia de varias interfaces posibilitará la utilización colectiva de la experiencia. Se complementará la experiencia con contenido audiovisual que presente información relativa al momento de la deriva continental que se está representando en la dimensión física.

10.3.2.4 Pieza comunicacional complementaria: cartografía científica

Se propone montar una pantalla de 260 cm de ancho y de 130 cm de largo como mínimo en la que se visualice un mapa del sector antártico argentino que sirva como interfaz gráfica (Figura 10.8). Cuando el/la usuario/a toca los puntos que indican la presencia de bases y campamentos se despliega información textual y visual en los sectores laterales de la pantalla. Cuenta con una base de datos con e los siguientes temas:

- **Actividades científicas:** ubicación de las distintas expediciones y campañas científicas e información relacionada a estas campañas.
- **Hallazgos paleontológicos relevantes:** distintos hallazgos paleontológicos vinculados a las campañas argentinas.
- **Filatelia:** colección de estampillas relacionadas con la Antártida argentina y Tierra del Fuego con información sobre cada una de ellas.
- **Áreas protegidas:** distintas áreas marinas protegidas, Zonas Antárticas Especialmente Protegidas (ZAEP) y Zonas Antárticas Especialmente Administradas (ZAEA) e información relevante de cada una de ellas.
- **Colonias de pingüinos:** distribución de las distintas colonias de pingüinos, sus características y serie de datos científicos.
- **Cambio climático:** influencia del cambio climático sobre la población de pingüinos, serie de datos de la temperatura del aire de la Base Orcadas, de la Base Carlini y líneas de retroceso del Glaciar Fourcade en Caleta Potter, recursos naturales no renovables (finitud del agua, relación entre hielo marino y vida marina), política antártica, CCRVMA.

La utilización de la experiencia debe poder realizarse de forma simultánea por al menos dos personas. Por este motivo, la ubicación de la información

relativa a cada base o punto con el que se haya interactuado debe ubicarse de manera que esto sea posible.



Figura 10.8. Pantalla interactiva de uso colectivo presente en el Museo Malvinas. Recuperado de <https://www.buenosairesparachicos.com/museomalvinas/>

10.3.2.5 Pieza comunicacional complementaria: reconstrucción del ambiente antártico en un periodo que abarca desde el Cretácico hasta la actualidad

Se propone un espacio que recree a modo de diorama y a tamaño real las tres forestas del pasado antártico (selva tropical, tipo valdiviana y tipo patagónica), de manera que e/la visitante pueda caminar a través de ellas e interactuar con las distintas especies que las conformaban y los animales que las habitaban. El recorrido por estas forestas debe permitir seguir un sentido determinado de manera de generar un relato o *storytelling* ordenado cronológicamente. De esta manera, se constituye un paseo por los sistemas continentales del pasado geológico antártico, desde un sistema representado por una selva tropical típica de la Antártida de los 90-86 Ma y su fauna continental asociada; pasando a una representación de la actual selva valdiviana y su fauna asociada (como anquilosaurios, hadrosaurios, titanosaurios, saurisquios, etc.); y, finalmente, la representación de un bosque semejante al actual bosque fueguino. Este recorrido deberá, además, contemplar que el/la visitante tenga sensaciones de cambios de temperatura, humedad, olores (como el petricor en la selva tropical), etc. (Figura 10.9).



Figura 10.9. Reproducción a tamaño real con materiales de bajo coste de un dinosaurio por el paleoartista y divulgador Santiago Reuil, quien trabajó durante años como técnico del Museo Paleontológico Egidio Feruglio
Recuperado de <https://www.elchubut.com.ar/sociedad/2023-9-14-17-31-0-un-paleoartista-que-reconstruye-dinosaurios-con-materiales-reciclables-se-suma-al-equipo-del-mef>

10.3.2.6 Pieza comunicacional complementaria: Casa Suecia y Casa Moneta

Se propone la recreación de las casas Suecia y Moneta en dos espacios diferenciados, uno por cada espacio histórico. La representación deberá contar con un sonido ambiente envolvente que colabore en la inmersión del visitante. Se propone la utilización de recursos distintos para cada caso (materiales y virtuales) y que se relacionen contenidos históricos y científicos diferentes con el objetivo de brindar experiencias singulares. La Casa Moneta representa la historia de presencia permanente argentina en la Antártida y, científicamente, se asocia al geomagnetismo, también se destaca por el registro meteorológico, ya que se cuenta con la serie más larga de datos de la Antártida. La Casa Suecia se vincula con la historia de la llamada era heroica y, a nivel científico, se puede relacionar con la geología y la paleontología de botánica e invertebrados.

Como propuesta, cada usuario/a deberá hacer uso de un dispositivo móvil (propio o proporcionado por el centro) con el cual podrá visualizar una experiencia de realidad aumentada a través de la aplicación del centro. Se realizará una selección de objetos que tendrá integrado un marcador (*tracker*) reconocible por la aplicación. Cuando el usuario encuadre con su dispositivo alguno de los objetos seleccionados podrá visualizar y/o escuchar contenido relativo a ese objeto en particular. Los objetos serán elementos con valor histórico que permitan relatar la historia de los primeros exploradores antárticos

(como ejemplo ver Figura 10.10).

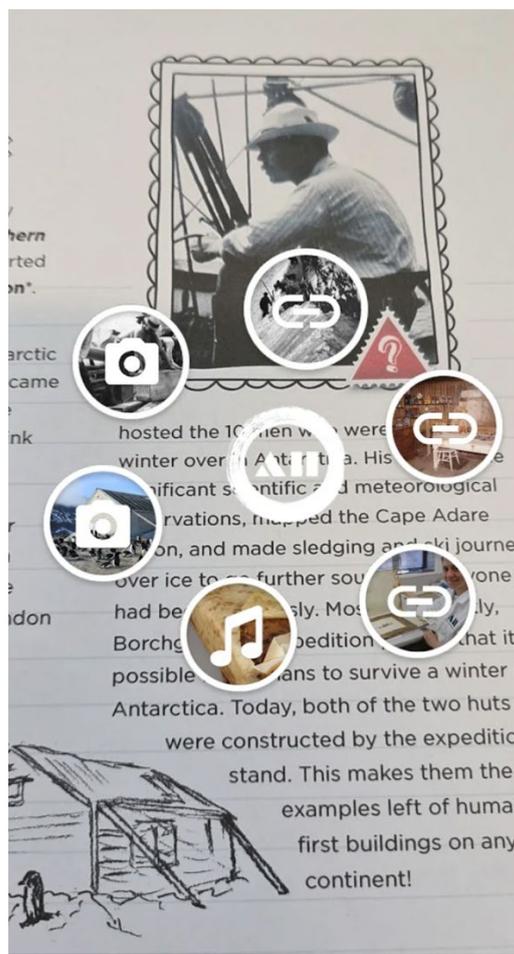


Figura 10.10. App de realidad aumentada para visualización de contenido histórico. Recuperado de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.StaplesVR.AntarcticHeritageTrustAR&pcampaignid=web_share

10.3.2.7 Pieza comunicacional complementaria: ocupación antártica argentina

Se propone la representación de diferentes exploradores argentinos del continente antártico a partir de personajes modelados, animados en 3D y operados a través de inteligencia artificial en tiempo real. La experiencia funciona a partir de la interacción de los/as visitantes con cada uno de estos personajes desde una interfaz que funcione como un canal de *chat*. Se entrenará cada uno de los personajes restringiendo las interacciones posibles a todo aquello relativo a su presencia en el continente (para ello ver el capítulo 7 de este informe). La información para entrenar cada modelo deberá provenir, principalmente, de los libros escritos por los expedicionarios en primera persona¹. La propuesta se resume en la selección de un personaje histórico, el entrenamiento de un chatbot

¹ Un ejemplo lo constituye la obra de Moneta, J. M. (1958). *Cuatro años en las Orcadas del Sur*. Ediciones Peuser.

a partir de fuentes documentales escritas en primera persona, el modelado tridimensional del personaje y la configuración de un sistema de animación a partir de inteligencia artificial. Cuando un usuario/a introduzca una pregunta en el sistema el personaje responderá a partir del modelo entramado y se producirá una animación correspondiente que simule que el mismo está hablando. Las respuestas de cada personaje se producirán de manera audiovisual.

10.3.2.8 Pieza comunicacional complementaria: historia social de la Antártida (balleneros y foqueros)

Se propone recrear la cubierta del barco ballenero al mando de Carl Anton Larsen ambientado con objetos y productos resultantes de las exploraciones a la Antártida como escenario para experimentar diferentes experiencias. En este sentido, se guiará y llevará adelante una teatralización periódica en la cual las/los visitantes podrán tomar el rol de un tripulante del barco ballenero. La puesta en escena contará con el vestuario y los elementos necesarios para que las/los visitantes puedan caracterizar los distintos personajes. Para ello, se dispondrán infografías que refieran a la vestimenta empleada en la época. En el entorno de la recreación se deberá emplazar contenido gráfico que describa con mayor detalle las actividades llevadas adelante por este tipo de tripulaciones como evidencias de primera actividad humana en la región y sobre aspectos relativos a la posterior protección de focas y ballenas.

10.3.2.9 Pieza comunicacional complementaria: carrera de exploradores

Se propone el diseño de un *escape room* en el cual se lleve adelante una narrativa ambientada en la exploración antártica de la era heroica (entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX). El objetivo del juego es sobrevivir a una exploración antártica ubicada en ese contexto histórico. Se podrá elegir entre diferentes roles basados en las condiciones particulares de la expedición sueca comandada por Otto Nordenskjöld con la participación del entonces Alférez José María Sobral.

10.3.2.10 Pieza comunicacional complementaria: relatos antárticos

Se propone el diseño e implementación de un punto de escucha. Este espacio deberá estar correctamente aislado y la iluminación será mínima (preferentemente tendrá las características de una cámara oscura). Se implementará la proyección de un contenido audiovisual que representa estrictamente los elementos sonoros presentes en el relato (Figura 10.11). El objetivo es que el resultado de la proyección no sea una pantalla bidimensional sino diferentes elementos presentes de manera aislada a lo largo de una superficie. En este punto de escucha se reproducen de manera aleatoria

diferentes narrativas sonoras producidas en base a relatos de origen documental. Relatos de este tipo pueden recuperarse del material generado en el marco del proyecto de investigación PICTO Malvinas 2021 a cargo del Dr. Pablo Fontana. Las narrativas sonoras deberán componerse tanto de las voces que llevan adelante el relato como de efectos, música y sonido ambiente según corresponda. Cada usuario/a podrá acomodarse en algún punto del espacio (en bancos o sillones diseñados para tal fin) para llevar adelante la escucha.

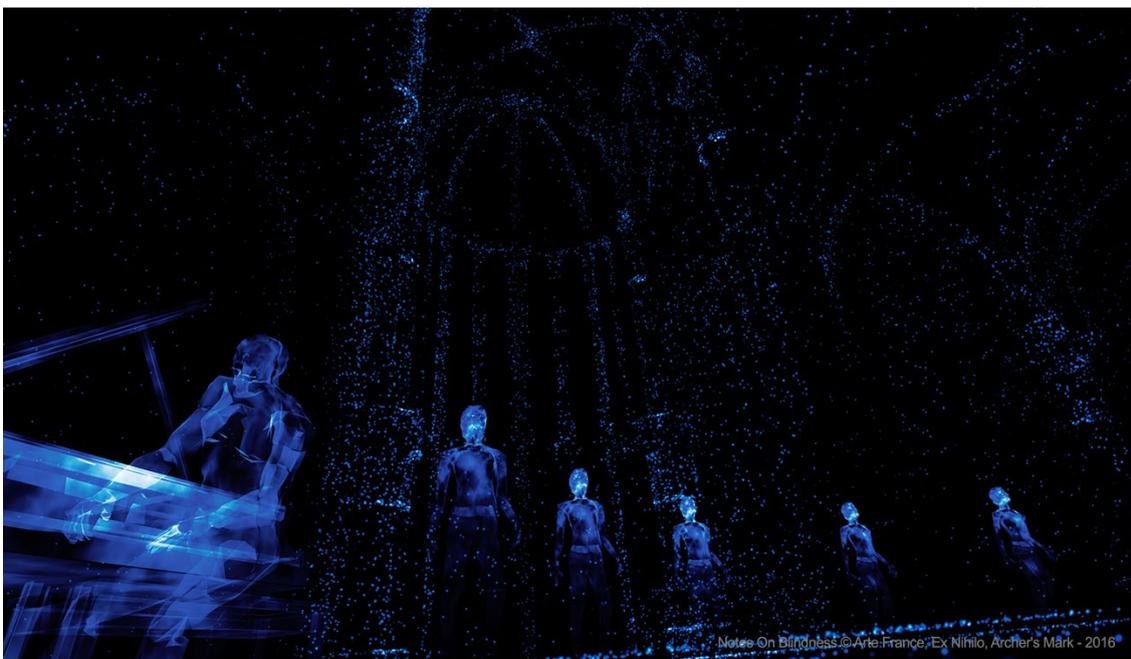


Figura 10.11. Visualización de elementos sonoros en la pieza *Notes on blindness*. Recuperado de <https://www.arte.tv/digitalproductions/en/notes-on-blindness/>

10.3.3 Piezas comunicacionales de la dimensión hidrósfera

10.3.3.1 Pieza comunicacional central: experiencia inmersiva en aguas polares

Se propone una experiencia inmersiva en aguas polares que ubica el punto de vista del espectador en el fondo del mar (Figura 10.12). Para ello, se requiere la construcción de un espacio que pueda ser recorrido por un usuario/a y que cuente con una retroproyección envolvente (tanto en las paredes como en el techo de la estructura). Este sistema puede tomar de referencia el funcionamiento de los dispositivos de realidad virtual del tipo CAVE.

El contenido audiovisual proyectado se compondrá de animaciones que representen distintos componentes de la biota marina desde el Jurásico hasta la actualidad; asimismo, la presencia de actividades humanas, desde los primeros navegantes hasta las problemáticas actuales (cambio climático y presencia de microplásticos). Es importante destacar que la presentación visual de estos contenidos siempre respetará el punto de vista descrito anteriormente.

Dado que interesa enfatizar en la evolución de la hidrósfera, es necesario que el visitante recorra un espacio en el que se vayan atravesando los distintos núcleos narrativos. El espacio deberá contar con una ambientación lumínica (la única luz del ambiente debe ser la de la proyección) y sonora. El contenido audiovisual será producido a partir de técnicas fotográficas o modelado y animación 3D fotorrealista.

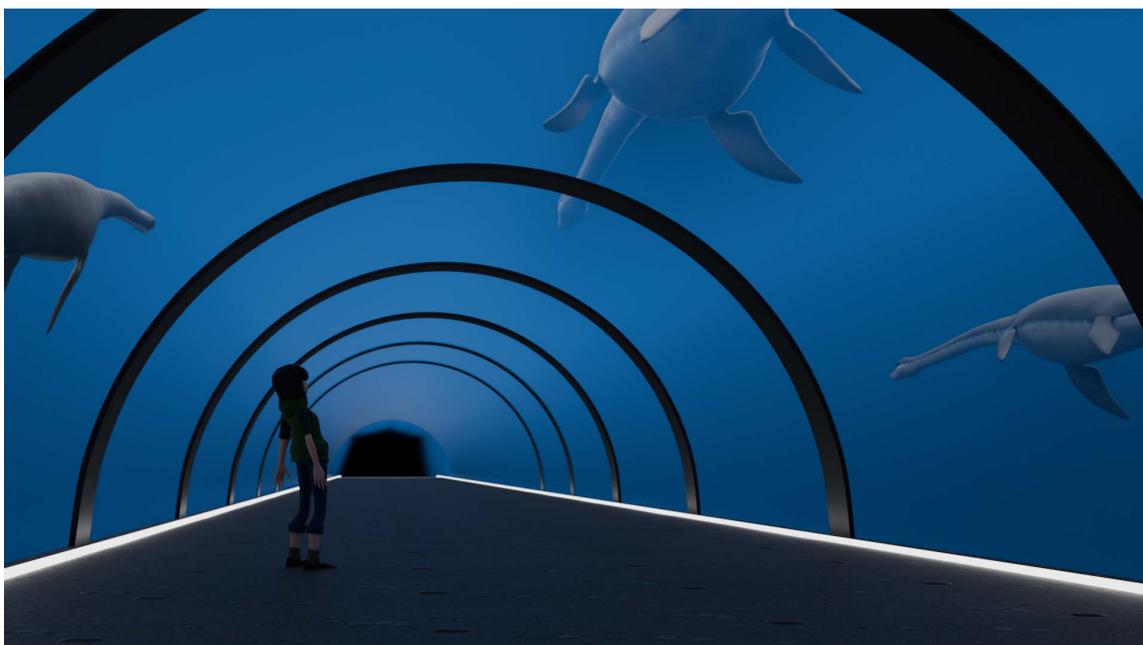


Figura 10.12. Boceto de la pieza central de la dimensión hidrósfera.

10.3.3.2 Pieza comunicacional complementaria: muestra biota marina fósil y actual

Este espacio busca explorar la biota marina y su contaminación a partir de tres laboratorios articulados: uno de microbiota, uno de macrobiota y uno de microplásticos. Cada uno de ellos tendrá disponible instrumental óptico conectado a una pantalla que proyecte lo observado para que la experiencia pueda ser visualizada por quienes se encuentren en el espacio. Se sumará un cuadernillo fijo al lado de cada instrumental con su muestra montada a observar con imágenes y textos explicativos de cada especie a disposición de forma tal que el/la usuario/a deba asociar lo que observa con la información provista en el cuadernillo a modo de clave dicotómica.

De manera complementaria se propone que la conexión entre un laboratorio y otro sea a través de un pasaje que simula un bosque de cachiyuyo.

Esta actividad requiere contar con asistentes que se encarguen de guiar la manipulación de muestras e instrumentos. En este sentido, sería una interesante oportunidad de generar prácticas profesionales y pasantías para

estudiantes de carreras de ciencias naturales de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, AelAS.

10.3.3.2.1 Laboratorio de microbiota

Este espacio aborda el trabajo con la comparación de microbiota fósil y actual de la península Antártica y Tierra del Fuego, como, por ejemplo, foraminíferos, diatomeas, dinoflagelados, nanoplancton calcáreo, granos de polen, esporas, etc. Cada usuario/a podrá seleccionar entre diferentes muestras provistas para observar bajo microscopio.

10.3.3.2.2 Laboratorio de macrobiota

Este espacio propone la instalación de una muestra comparativa de macrobiota fósil y actual de la península Antártica y Tierra del Fuego, como por ejemplo, huesos, bivalvos, gastrópodos, amonites, troncos y hojas, dientes, entre otros. Se requiere contar con ejemplares actuales, fósiles reales y sus réplicas, producidas mediante fotogrametría con impresión tridimensional (puede realizarse más de una copia). Cada ejemplar fósil se presenta para su visualización bajo lupa. Tanto los ejemplares actuales como las réplicas impresas estarán disponibles para la libre manipulación por parte de los/las visitantes, mientras que los fósiles deben ser resguardados en vitrinas.

10.3.3.2.3 Laboratorio microplásticos

Este espacio propone implementar una experiencia para concientizar a los/as visitantes sobre los microplásticos como contaminantes y su impacto en los ecosistemas. Para ello el usuario o la usuaria puede observar bajo microscopio distintos filtrados de agua de la península Antártica y la Isla Grande de Tierra del Fuego, como así también, filtrados de agua generados exclusivamente para esta experiencia a partir de acciones cotidianas como el lavado de ropa, etc. Así mismo, se recomienda que en el mismo espacio se expongan elementos de la vida cotidiana que generan microplásticos e infografía con los resultados de investigaciones científicas argentinas en la península Antártica y la Isla Grande de Tierra del Fuego.

10.3.3.3 Pieza comunicacional complementaria: dinámica glacial

Se propone la producción de una experiencia lúdica basada en la simulación de la dinámica glacial en diferentes puntos de la península antártica. La propuesta se compone del desarrollo de una pieza de software que, como en un videojuego de simulación, permite la manipulación de diferentes parámetros atmosféricos y oceánicos en una interfaz física (como temperatura del océano, nivel de precipitaciones, entre otras). La asignación de valores en cada una de

esas variables permite visualizar la dinámica glacial en una representación tridimensional de la península. La cámara virtual de la experiencia puede moverse pasando de una vista cenital completa del sector antártico argentino hasta un zoom que modifica la angulación de la cámara a una posición horizontal. La manipulación de los parámetros dispara diferentes etapas de la dinámica glacial y modifica las velocidades de la misma.

10.3.3.4 Pieza comunicacional complementaria: construye tu propio viaje

Se propone el desarrollo de un documental interactivo sobre el turismo antártico. El/la usuario/a debe seleccionar al comienzo de la experiencia las características del viaje que quiere realizar (tipo de crucero, actividades que más le interesan, sitios de visita en el recorrido, entre otras). La experiencia se realiza sobre una pantalla interactiva y, a partir de la información cargada por cada ejecutante, se marca una ruta visible en una cartografía (ver ejemplo en Figura 10.13). Cada hito del viaje (base o actividad a realizar) tiene un material audiovisual propio. El viaje puede reproducirse de manera automática (cada contenido se dispara de manera inmediata al anterior teniendo como resultado un audiovisual lineal que relata el viaje) o puede dispararse a partir de la selección por parte del/a usuario/a de los puntos de su itinerario que le interesen en la cartografía.

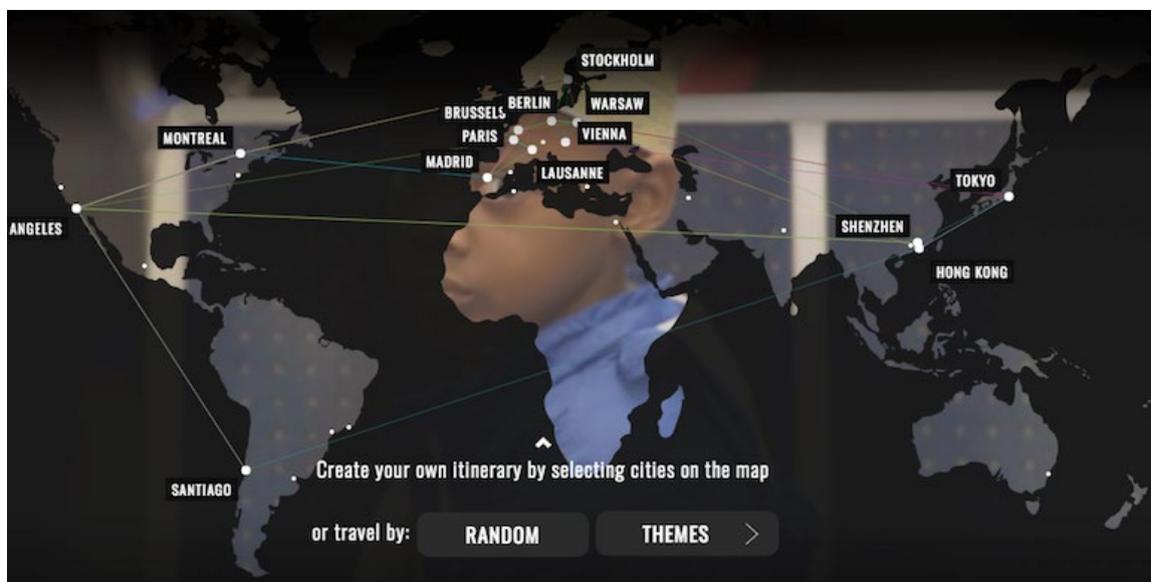


Figura 10.13. Interfaz gráfica del documental interactivo *Life underground*. Recuperado de <https://www.life-underground.com/es/map>

10.3.3.5 Pieza comunicacional complementaria: construye la red trófica antártica

Consiste en una sala en la cual se representa la red trófica antártica a través de un laberinto de cuerdas (Figura 10.14). Cada especie de la red tiene

una presentación volumétrica y su ubicación en el espacio respeta el hábito de vida correspondiente a cada especie. Esto significa que las aves están ubicadas “volando” en la parte superior de la sala, mientras que la fauna marina está situada en la parte inferior en un escenario que simula el ambiente marino. Las representaciones son réplicas en tres dimensiones con estética realista producidas a partir de impresión, pintado y texturizado u otras técnicas que permitan un nivel de representación similar. Cada modelo o especie tiene dos tipos de conexiones: *input* o entrada y *output* o salida. Estas conexiones sirven para representar las relaciones predador/presa (ejemplo: krill/ballena) a través del enganche específico de las cuerdas. De esta manera, hay especies que pueden tener más de un *input* o más de un *output*.

En la entrada de la sala se le dan las instrucciones de juego a cada visitante: debe conectar todas las especies de la red trófica haciendo uso de las entradas y salidas de cada modelo. La restricción de las conexiones, para que solo se realicen aquellas que responden a la red trófica existente, se da a partir del diseño de encastrados particulares para cada especie.



Figura 10.14. “Construye la red trófica antártica”. Actividad basada en la propuesta realizada por las y los asistentes al taller presencial del mes de julio de 2024 de este proyecto.

10.3.4 Piezas comunicacionales concluyentes

Se plantean piezas que engloban todas las dimensiones y núcleos narrativos a partir de una propuesta de intervención integral.

10.3.4.1 Piezas comunicacionales concluyentes: esfera con proyección interactiva mediante *video mapping*

Esta pieza funciona como propuesta de intervención para contenidos que

atraviesan diferentes núcleos narrativos y las tres dimensiones representadas. Los contenidos que se reproducen son, de manera tentativa, los siguientes:

- *Dimensión atmósfera*
 - La atmósfera como fuente de energía
 - Efecto invernadero
 - Dinámica de la capa de ozono mensualmente
 - Auroras australes
- *Dimensión geósfera*
 - Historia geológica
 - División de Antártida oriental y occidental
 - Variación en el balance de masa de los glaciares
 - Bases argentinas e investigaciones
- *Dimensión hidrósfera*
 - Distribución y comportamiento de las masas oceánicas y atmosféricas
 - La vida en la costa y los mares antárticos

La propuesta se compone de una esfera de aproximadamente 2 m de diámetro situada a una altura mínima de 1 m del suelo sobre la cual, mediante la utilización de proyectores para *video mapping*, se compone la totalidad de un globo terráqueo (Figura 10.15). Lo anterior se complementa con una pantalla táctil de aproximadamente 90 cm de ancho y 30 cm de largo ubicada frente al globo para que el/la visitante pueda seleccionar el contenido audiovisual a ser proyectado. Esta misma pantalla se utiliza, además, para desplegar información complementaria a aquello que se esté reproduciendo paralelamente sobre la esfera. Se deben contemplar diferentes estrategias comunicacionales para personas con disminución visual e hipoacúsicas.

10.3.4.2 Piezas comunicacionales concluyentes: recorriendo la historia a través de los témpanos

Se propone una sala que represente el mar de Weddell con témpanos flotando. Cada témpano es un nodo de información. Algunos nodos contienen una pantalla táctil en la cual se reproduce material gráfico y audiovisual (en todos estos casos el nodo cuenta con auriculares para la reproducción del contenido). La distribución de los nodos de información responde a una representación circular del tiempo. El punto central del círculo hace una breve referencia a la exploración inicial y los loberos, y luego con su borde en 1904 marca el cambio para pasar los témpanos. El último anillo representa la actualidad. De este modo, en un mismo anillo se pueden encontrar diferentes nodos (témpanos) con información

referida a eventos particulares o de tipo contextual que hayan sucedido en el mismo año (Figura 10.16). Las categorías de los nodos responden a los siguientes campos de información:

- Año Geofísico Internacional 1957/1958
- Sistema del Tratado Antártico
- Protocolo para la Preservación del medio Ambiente Antártico
- CCRVMA
- Creación del Instituto Antártico Argentino
- Evolución de los medios de comunicación (mojones, clave morse, telegramas, radio, comunicaciones telefónicas, Internet y celular)
- Ushuaia: puerta radial de América a la Antártida (1927)
- Evolución del transporte e inicios y evolución del turismo antártico
- Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida
- Toponimia
- Recursos naturales no renovables, teleconexiones (Dónde se produce el CO2 y el CFC y dónde impactan), cambio climático y cuidado del medio ambiente
- Áreas marinas protegidas

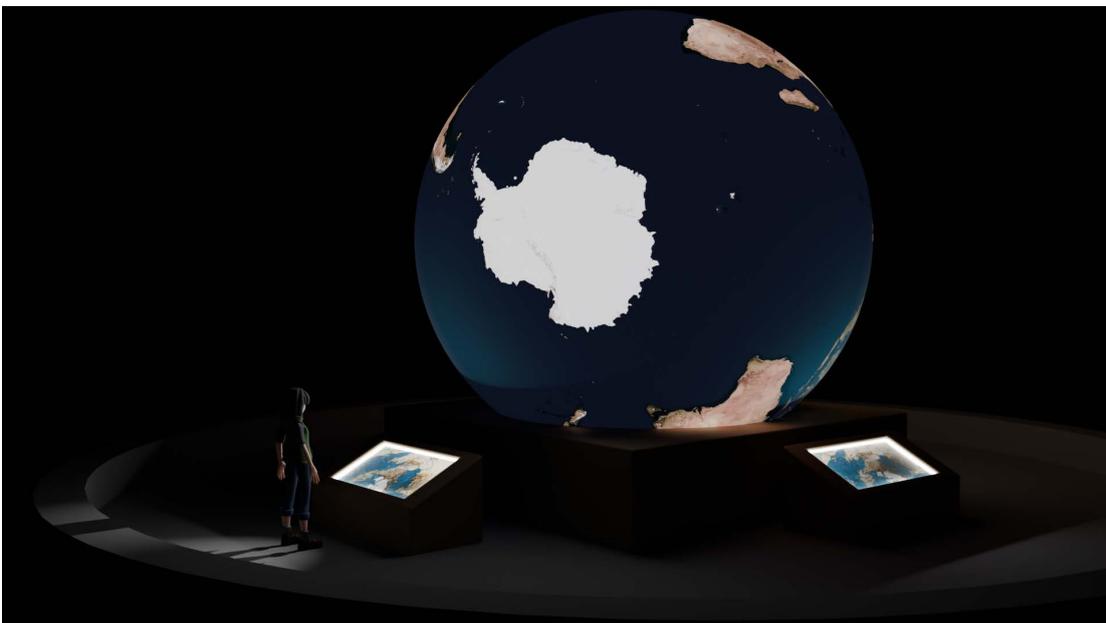


Figura 10.15. Boceto de la pieza concluyente esfera con *video mapping*.

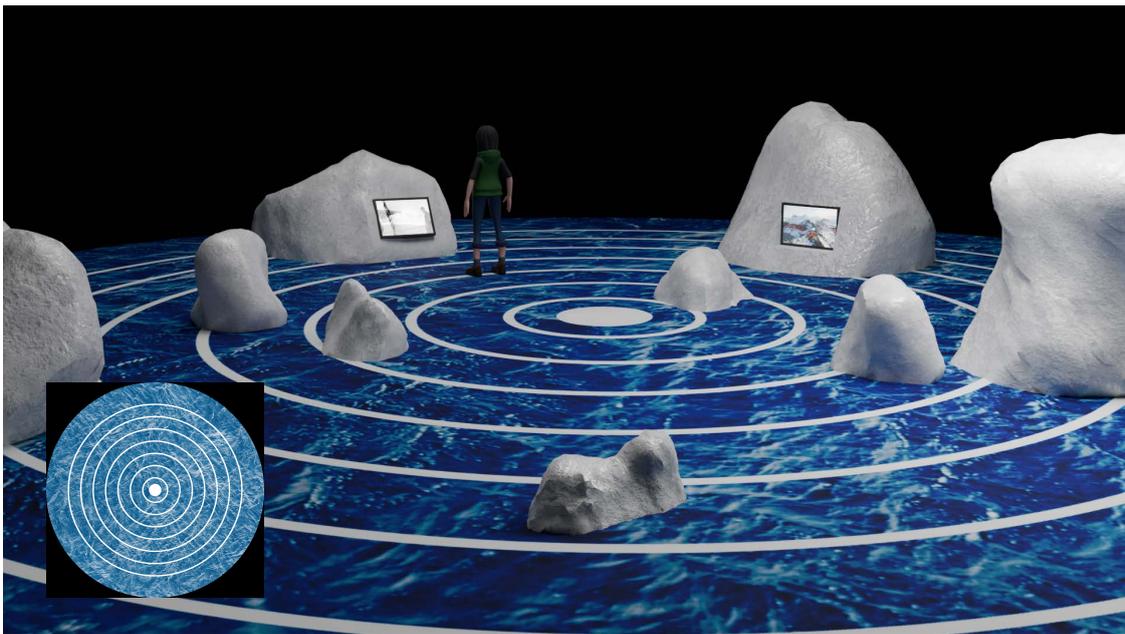


Figura 10.16. Boceto de la pieza concluyente Recorriendo la historia a través de los témpanos.

10.3.4.3 Piezas comunicacionales concluyentes: cambio climático global

Se propone el desarrollo de una aplicación ejecutable en una pantalla táctil (de aproximadamente 90 cm de ancho y 30 cm de alto) en la cual el/la usuario/a puede llevar adelante las siguientes acciones:

- **Contribución de CO2 por país:** selección de diferentes países y visibilización de la contribución per cápita de gases de efecto invernadero a la atmósfera en la actualidad y en los niveles históricos.
- **Simulación de la huella de carbono:** serie de preguntas vinculadas a la vida cotidiana. Al finalizar el cuestionario, se obtiene información respecto a cuál es su huella de carbono aproximada. Se propone un sistema de recompensa donde, si el/la usuario/a tiene una huella de carbono menor a un porcentaje predefinido obtiene un descuento para ser empleado en los servicios ofrecidos por el centro (cafetería, tienda de souvenirs, entre otros).
- **Simulación del cambio en el hielo marino y su efecto en la biota:** simulación interactiva que permita visualizar los cambios, tanto en glaciares como en hielo marino, demostrando el impacto sobre la fauna antártica (por ejemplo: colonia de pingüinos, ver capítulos 6 y 8).

10.4 Propuestas de espacios de esparcimiento

El centro de visitantes debe contar con espacios de esparcimiento y recreación que se complementen y articulen a los espacios destinados a las piezas comunicacionales. De esta manera, la estética comunicacional cumple un rol fundamental al permitir reflejar, en estos espacios, la continuidad temática. Se sugiere que algunos de ellos recreen bases y sitios o monumentos históricos antárticos con participación argentina, como por ejemplo la Casa Suecia, la Casa Moneta, etc. A continuación, se plantean algunas propuestas.

a. Biblioteca tradicional e interactiva: La misma puede brindar acceso a las investigaciones argentinas realizadas en la Antártida, así como también material vinculado al continente de carácter divulgativo para las infancias, jóvenes y adultos/as.

b. Biblioteca tradicional e interactiva: contar con un espacio para una mapoteca que permita contar con documentación cartográfica física y digital, la información que esté a resguardo de la mapoteca debe seguir la toponimia argentina. Se recomienda que la información presente se complemente con recursos con tecnología háptica y paletas amigables con el daltonismo. Asimismo, se propone contar con un espacio de ludoteca para resguardo de las propuestas educativas expuestas en este informe.

c. Biblioteca tradicional e interactiva: Se recomienda articular con pequeñas y medianas empresas a nivel provincial y/o nacional, propiciando la divulgación de los emprendimientos locales y autóctonos haciendo hincapié en productos relacionados con la Antártida, propuestas de productos propios del Centro de Visitante y aquellos que vinculen la conexión de la Antártida con Tierra del Fuego. En la etiqueta, empaque o mediante otro medio, se puede ofrecer información sobre la trazabilidad del producto para evidenciar e incentivar la industria local.

Algunos de los productos representativos podrían ser:

- Peluche de la mascota (tardígrado)
- Bitácora de viaje
- Pasaporte Antártico
- Guías de avistaje de fauna y flora de Tierra del Fuego y de la Antártida
- Juegos con temática antártica
- Libros

- Gorros, remeras, guantes, del CVA
- pines/parches/calcomanías
- Hesperidina como la bebida antártica.

d. Confitería / Restaurant in-out: Se debe poder acceder a los mismos a través del CVA o bien de forma independiente. Se propone que los mismos sean tematizados pudiendo retomar algunos de los núcleos narrativos propuestos o bien atravesarlos en una propuesta temática integral, dentro de su carta puede ofrecerse la Hesperidina como la bebida antártica. Asimismo, estos espacios pueden contar con reproducciones de periódicos armados con noticias de la Antártida y diarios de exploradores puestos a disposición de los usuarios.

e. Espacios de recreación / descanso in-out: Para estos espacios se espera que se aproveche la temática antártica empleando bancos y/o *puffs* con formas de diatomeas, radiolarios, tardígrados, entre otros, como estrategia que refleja la continuidad en el centro, pero también para identificar las formas de vida antártica que perduraron en el tiempo. En cuanto a las áreas de descanso, es imperante contemplar al menos un espacio agradable, con baja iluminación e intervenido con alguna temática antártica, que sea aislado acústicamente para que personas hipoacúsicas o con TGD puedan descansar del constante *input* visual y sonoro del recorrido. Es importante destacar que al lograr aislación absoluta de sonido se puede simular la singularidad de la Antártida por el silencio total.

f. Espacios de recreación / descanso in-out: Con un mínimo de capacidad acorde a la que posea el centro de visitantes, este espacio está pensado para el desarrollo de reuniones y conferencias, representaciones teatralizadas y producciones musicales (sinfónica, *operetta*, etc.).

g. Espacios de recreación / descanso in-out: En función del tamaño establecido el mismo puede indicar los espacios de estacionamiento siguiendo una tematización antártica y siguiendo la metodología *wayfinding* que facilite al usuario recordar en qué área dispuso su vehículo. Por ejemplo; identificación de los espacios en función a las bases antárticas argentinas.

h. Administración (gral/ UNTDF/IAA/CADIC): Un espacio físico que sea destinado como sala de reunión para los momentos que se requiera realizar consultas al Comité Académico Asesor

i. Centro de información: Ubicado al ingresar al CVA, el mismo tiene por

finalidad, además de brindar información referida al centro, asistir para la instalación de la aplicación y como espacio de consulta. Además, en este espacio se propone asesorar a personas con discapacidad sobre posibles recorridos según su tipo de discapacidad y/o brindar equipamiento necesario para la realización del mismo (por ejemplo, chalecos con tecnología háptica, auriculares con cancelación del ruido, etc)

j. Estafeta postal: Un espacio que permita brindar un servicio de sellado de pasaporte (que puede comprarse en el CVA o ser su propio pasaporte), tienda de filatelia antártica. Se recomienda generar un convenio con Correo Argentino. Sobre filatelia antártica argentina se recomienda consultar el capítulo 7, acápite 7.3.

10.5 Propuesta de concientización

Para promover prácticas sustentables, el centro debe ser ecológico y culturalmente sostenible, generando un gran potencial de impacto para el desarrollo local y la sostenibilidad a largo plazo. La influencia en el comportamiento de los visitantes es un aspecto clave y gestionar las prácticas de manera sostenible requiere tanto de una perspectiva a largo plazo como de una cuidadosa consideración de las muchas formas en que las actividades cotidianas y las interacciones con las comunidades y el medio ambiente se relacionan entre sí. En este sentido, se propone la utilización de energías limpias, para constituir un ejemplo de espacio ambientalmente sostenible. De esta manera, se pretende que, a lo largo del recorrido el visitante se vea inmerso en propuestas de alto impacto de educación ambiental y sustentable a través de pequeñas acciones que deba realizar. Para ello se proponen las siguientes intervenciones:

- a. Concientizar a los/as visitantes sobre el manejo de residuos a través de acciones dentro del CVA. Para ello se propone replicar la clasificación de residuos prevista dentro del Programa Antártico Argentino.
- b. El empleo de secadores de mano de aire frío
- c. Promover la eliminación de plásticos de un solo uso en el CVA.
- d. Promover el uso consciente del agua, por ejemplo, en los baños poner cartelería alusiva y vinculada a la gestión de este recurso en la Antártida.
- e. Decálogo para la protección de la Antártida y del planeta ¿Qué puedo hacer yo para vivir en un planeta mejor? A modo de ejemplo, se ofrece un listado generado por los/as especialistas:

- 1- Reducir el consumo de los bienes finitos, tales como, el agua, la energía
- 2- Reciclar todo lo reciclable, por ejemplo, hacer compost.
- 3- Pensar antes de comprar: ¿necesito realmente esto?
- 4- Reducir el uso de bienes descartables
- 5- Consumir preferentemente alimentos producidos en cercanía
- 6- Elegir productos no sujetos a obsolescencia programada
- 7- Priorizar el uso de energía limpia (renovable y sustentable)
- 8- Observar, conocer y aprender sobre el ambiente que nos rodea: no se ama lo que no se conoce.
- 9- Participar en la educación ambiental: Educate a ti mismo y a otros/as sobre la importancia de la conservación y las prácticas sostenibles. Participar en actividades y movimientos que promuevan la protección ambiental.
- 10- Apoyar políticas y legislaciones ambientales: Participar en la toma de decisiones ambientales a nivel local, nacional e internacional. Apoyar a los/as líderes y políticas que promuevan la sostenibilidad y la protección ambiental.

10.6 Otras propuestas de comunicación a considerar

- a. Portal antártico: se trata de un portal que conecte a través de una cámara en vivo 24hs, el CVA con una estación científica o base en la Antártida.
- b. Totem: en este tótem el visitante presiona un botón para que se active una cámara y, a partir de una pregunta disparadora (por ejemplo: ¿Qué significa la Antártida para usted?), el visitante deja plasmado su testimonio. Es una actividad planificada para que dure unos segundos. De esta manera, el visitante no solo se lleva la experiencia de haber recorrido el CVA sino que, además, deja un mensaje en el lugar. Se propone que al tiempo que se registra su mensaje se arme una nube de palabras en una pantalla en tiempo real donde se van sumando las palabras clave de los que ya visitaron el centro.
- c. Programa de comunicación radial que permita comunicarse con una base o campamento científico. Al momento de finalizar la actividad se puede brindar una tarjeta QSL a modo de recuerdo.

Referencias bibliográficas y fuentes

- Gois Falandes, Carolina, & Porto Renó, Denis. (2022). Narrativas inmersivas durante la pandemia de Covid-19: Un análisis de videos 360 grados en YouTube. *Revista panamericana de comunicación*, 4(1), 84-97. Epub 27 de junio de 2022. <https://doi.org/10.21555/rpc.v4i1.2554>
- Gómez Moreno, D. G. y Pérez Rodríguez D. M. (1993). Presentación de cartografía dinámica animada. Atlas electrónico interactivo del clima. *Serie geográfica*, 3, 111-124
- Hassan Montero, Yuef (2013). *Experiencia de usuario: Principios y métodos*. Recuperado de: <https://yusef.es/Experiencia de Usuario.pdf>
- Manovich, L. (2005). *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación*. Ed. Paidós.
- Moreno Montero, A. (2008). *Accesibilidad física*, Publicación: 4 diciembre 2008, Última actualización: 18 Marzo 2024, URL: <https://www.discapnet.es/accesibilidad/accesibilidad-fisica>
- Schaffer, M. R. (1969). *El nuevo paisaje sonoro*. BMI Canada Limited.
- Scolari, C. A. (2018). *Las leyes de la interfaz*. Publicado en: <https://hipermediaciones.com/2018/02/04/las-leyes-de-la-interfaz/>
- Ustarroz, C. (2010). *Teoría del Vjing. Realización y representación audiovisual a tiempo real*. Ediciones Libertarias.
- Villalobos, J. M. L.; Barranco Pérez, J. A.; Fisher, R.; Madrigal Gómez, J. M y Martínez González, R. (2023). *Manual de mapeo participativo con proyecciones aumentadas en 3D: Una metodología para innovar la creación de mapas con comunidades*. Universidad Autónoma de México

Capítulo 11

Diseño universal y comunicación inclusiva

11.1 Introducción

El CVA está pensado como un espacio en el que todas las personas, puedan disfrutar de una experiencia educativa, accesible e inclusiva. En ese sentido se establece la necesidad de pensar en un diseño universal en pos de brindar iguales condiciones de participación para todos los visitantes y garantizar que la Accesibilidad Cultural sea parte de la identidad del centro.

Se entiende por Accesibilidad al conjunto de características que debe disponer un entorno, producto o servicio para ser utilizable en condiciones de confort, seguridad e igualdad por todas las personas y, en particular, por aquellas que tengan alguna discapacidad (Rovira y Cuyás, 2003). De esta forma, es pertinente distinguir y respetar las distintas discapacidades, abordándolas en conjunto sin generar exclusiones que deriven en discriminación.

Por su parte, la Accesibilidad Cultural implica brindar iguales condiciones de participación a todas las personas que forman parte de una sociedad determinada a un hecho cultural, comprendiendo la sensibilidad social y la adaptación para el pleno uso de un espacio entendiéndolo como el lugar donde sucede el hecho cultural en todas sus dimensiones (Guía Práctica de Accesibilidad Cultural).

Según la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, de las Naciones Unidas, ratificada en Argentina por la Ley 26.378:

(...) las personas con discapacidad incluyen a aquellas que tengan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar con diversas barreras, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás.

En este sentido y en consonancia con el artículo 9 de esta Convención, se propone que el CVA intente asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con los demás visitantes. En este sentido, es necesario que se aborde el concepto de accesibilidad universal. La

Accesibilidad Universal es la cualidad que tienen los entornos, bienes, productos y servicios con el fin de hacerlos adecuados a las capacidades, necesidades y expectativas de todos sus potenciales usuarios, y que estos puedan ser utilizables por todas las personas de la forma más autónoma y natural posible.

Cuando se busca que todas las personas puedan tener las mismas oportunidades y beneficios y disfrutar de los mismos servicios, tanto la accesibilidad como el diseño universal son aspectos fundamentales que deben ser abordados de forma transversal y desde los inicios del proyecto a desarrollar. No es lo mismo adaptar un espacio que ya existe y volverlo inclusivo, que gestar un espacio con diseño universal desde el comienzo.

El diseño universal tiene su origen en la Declaración de los Derechos Humanos y pretende favorecer a toda la población, a partir del diseño de productos y entornos aptos para el uso del mayor número de personas sin necesidad de adaptaciones ni de un diseño especializado, buscando mejorar las condiciones de uso y la calidad de vida de todos los usuarios y no de un segmento de mercado concreto (Rovira y Cuyás, 2003; Fernández Alles, 2012). En este sentido, cuando se habla de diseño universal se piensa en diseñar un espacio que brinde accesibilidad no solo física, sino también sensorial y cognitiva. En 1997, el Centro para el Diseño Universal de la North Columbia State University estableció siete Principios del Diseño Universal:

1. IGUALDAD DE USO: el diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas, independientemente de sus capacidades y habilidades. Evita segregar a un tipo de usuario.

2. FLEXIBLE: el diseño se adapta a las necesidades y preferencias individuales según las capacidades individuales.

3. SIMPLE E INTUITIVO: el diseño debe ser fácil de entender independientemente de la experiencia, los conocimientos, las habilidades o el nivel de concentración del usuario.

4. INFORMACIÓN FÁCIL DE PERCIBIR: el diseño comunica la información necesaria al usuario, independientemente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del mismo. Utiliza distintos recursos para transmitir la información: gráfico, verbal, táctil, etc.

5. TOLERANCIA AL ERROR: el diseño debe minimizar las acciones accidentales o fortuitas que puedan tener consecuencias fatales o no deseadas.

6. ESCASO ESFUERZO FÍSICO: el diseño debe poder ser usado eficazmente y con el mínimo esfuerzo posible.

7. DIMENSIONES APROPIADAS: los tamaños y espacios deben ser apropiados para el alcance, manipulación y uso por parte del usuario, independientemente de su tamaño, posición y movilidad.

Para lograr que el CVA se inclusivo hay que tener en cuenta tres ejes fundamentales (guía práctica de accesibilidad cultural):

Comunicación y Contenido: lo que se quiera comunicar en el CVA debe ser de forma clara y sencilla. Se debe seleccionar las herramientas y recursos apropiados que contemplen los diversos lenguajes.

Infraestructura: se debe facilitar la mayor autonomía posible para quienes transiten por el CVA. Que todos los visitantes puedan aproximarse, acceder, usar y salir de cualquier espacio con independencia, facilidad y sin interrupciones.

Recursos Humanos: Las personas que vayan a estar en trato directo con el público visitante deben ser capaz de generar una comunicación fluida y acorde a las necesidades de todas las personas que concurran al centro de visitantes.

En este aspecto, el espacio físico en toda su dimensión y entorno debe estar adaptado para su pleno uso por parte del staff y de los visitantes, facilitando el disfrute de las experiencias para todas las personas bajo la concepción de diversidad funcional. A tal efecto, se propone que el CVA promueva el empleo de sistemas y tecnologías que faciliten la accesibilidad de la información y comunicación, y se enfatiza enérgicamente en abordar los contenidos de los núcleos narrativos propuestos de manera efectiva con un enfoque creativo, tecnológico y multisensorial. Las experiencias multisensoriales permiten llegar a un amplio público, permitiendo una vivencia antártica más auténtica y real, atravesando a todas las personas que forman parte de la comunidad del CVA.

11.1 Normativa

11.1.1 Legislación

a. Internacional

Convención Interamericana sobre la Protección de los Derechos Humanos de las Personas Mayores. Ley Nacional 27360 y 27700.

Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Ley Nacional 26378.

b. Nacional

Decreto reglamentario 914/97: Sistema de Protección Integral de los Discapacitados.

Ley N° 22431 y N° 24314: Sistema de Protección Integral de los Discapacitados. Directrices de Accesibilidad en Servicios Turísticos y Guía de Autoevaluación.

Plan Nacional de Accesibilidad

c. Provincial

Ley N° 48: Régimen de Equiparación de Oportunidades para Personas con Discapacidad y sus modificaciones (Ley N° 82, Ley N° 96, Ley N° 462, Ley N° 1368)

Ley N° 449: Poder Ejecutivo Provincial: Adhesión de la Provincia al Artículo 1° de la Ley Nacional N° 24.314, sobre Accesibilidad de Personas con Movilidad Reducida.

Ley N° 611: Turismo - Poder Ejecutivo Provincial: Adhesión a la Ley Nacional N° 25.643, sobre Sistema de Protección Integral de las Personas con Discapacidad.

d. Municipal

Digesto Provincial sobre Discapacidad

Ordenanza Número 497 - Registro Laboral para personas con discapacidad

Ordenanza Número 2549 - Reconocimiento lengua de señas

Ordenanza Número 2978 - Pasantías Laborales para personas con discapacidad

Ordenanza Número 3645 - Menús en braille

Ordenanza Número 3748 - Consejo Municipal de Discapacidad

Ordenanza Número 3928 - Adhesión Ley Nacional Número 25.280

Ordenanza Número 4373 - Atención Prioritaria para personas con discapacidad

Ordenanza Número 4415 - Adhesión Ley Nacional Número 26.653

Ordenanza Número 4677 - Turismo Accesible

Ordenanza Número 5070 - Adhesión Ley Provincial Número 48

Ordenanza Número 5105 - Actos Discriminatorios

Ordenanza Número 5479 - Aros Magnéticos

Ordenanza Número 3005 - Supresión de barreras físicas en los ámbitos urbanos y Arquitectónicos

11.1.2 Directrices y manuales de buenas prácticas

Guía de buenas prácticas de Accesibilidad Cognitiva

Manual de buenas prácticas de atención a la ciudadanía mayor y con discapacidad- Gobierno de Tierra del Fuego, 2023

Directrices de Accesibilidad para Espacios y Servicios Turísticos

11.2 Qué tener en cuenta en la interacción con personas hipoacúsicas

- Adaptar el contenido de los núcleos narrativos considerando el empleo de subtítulos y/o lenguaje de señas para cada video.

- Utilizar infografías dinámicas y atractivas para explicar fenómenos complejos de manera visual

- Desarrollar experiencias de Realidad Virtual y Realidad aumentada incorporando textos descriptivos y explicativos dentro de las experiencias.

- Tecnología háptica

- Audioguía en Lengua de Señas Argentina, LSA.

- En aquellas experiencias que recrean sonidos ambientales que representen diferentes escenarios climáticos, como tormentas, se recomienda además emplear chalecos que vibran al compás de las experiencias. <https://www.sciencefocus.com/futuretechnology/these-vibrating-vests-bring-music-to-life-for-deaf-giggoers>

- Es necesario que personal del centro sepa hablar en lenguaje de señas argentina e internacional,

- Contar con un espacio de descanso donde los decibeles sean bajos y se pueda descansar de la fatiga auditiva que pueda generar el recorrido del centro. Este espacio puede ser una biblioteca o sala de descanso aislada con puertas automáticas del recorrido del centro y será útil también para el descanso de personas y niños con trastorno generalizado del desarrollo.

- Utilizar colores que contrasten con las tonalidades de la piel para favorecer la correcta percepción de expresiones faciales y movimientos de las manos.

11.3 Qué tener en cuenta en la interacción con personas con discapacidad visual

- Desarrollar experiencias de Realidad Virtual y Realidad aumentada con tecnología háptica

- Vibraciones mediante chalecos que acompañen experiencias que muestran imágenes sonoras

- Cartografía tridimensional táctil, que hable a medida que el visitante lo toque.

- Cartelería con braille o letras en relieve. En este último caso la letra Sans Serif es la más recomendada

- Tecnología háptica que permita presenciar las experiencias utilizando otros sentidos.

- https://www.youtube.com/watch?v=Em0BOS6IO0&ab_channel=Charbox

- Señalética tacto-visual y recorridos adaptados con suelos podo táctiles

- Contemplar el empleo de colores y contrastes amigables para personas con distinto grado de daltonismo. Se profundiza más sobre este tema en siguiente apartado de este informe.

- Permitir el acceso de animales de compañía.

11.4 Qué tener en cuenta en la interacción con personas neurodivergentes (Brusilovsky Filer, 2014 y 2015; Varner, 2015)

- Contemplar un espacio de información donde se le entregue al visitante neurodivergente mapas y folletos sensoriales, auriculares *noise cancelling*

- Contemplar la posibilidad de tener un programa sensorial para niños, adolescentes y adultos neurodivergentes y sus familias en el que pueden visitar el Centro de Visitantes Antártico antes de su apertura o en algún día en particular, en los que puedan participar en actividades o explorar las experiencias de forma independiente a su propio ritmo. Así mismo, debe contemplarse proveer con anticipación un programa de la visita y posibles recorridos con experiencias que el visitante neurodivergente pueda disfrutar más.

- Disminuir el nivel de luz y proporcionar un espacio silencioso y de confort al que el visitante neurodivergente pueda acudir si lo necesitase.

- Ofrecer un folleto con imágenes o pictogramas que explique las distintas actividades o experiencias del Centro de Visitantes Antártico, con lenguaje concreto y claro.

- Capacitar al personal de CVA para saber cómo ayudar en diversas situaciones que puedan suceder con personas neurodivergentes, por ejemplo, acompañarlas hasta una habitación silenciosa con baja luminosidad personas en movimiento si advierten que pasan momentos difíciles con sobrecargas sensoriales.

- Diseño de entornos aptos para TEA, diseño *Wayfinding* (tiene en cuenta a la diversidad de las personas minimizando la necesidad de recursos cognitivos para mantenerse orientado y seguro)

11.5 Qué tener en cuenta en la interacción con personas con discapacidad motora (Moreno Montero, 2008; COPIDIS, 2015)

- Señalética accesible
- Evitar barreras físicas que dificulten o impidan el paso de personas con movilidad reducida, tales como:

- a. Rampas
- b. Ascensores y plataformas elevadoras
- c. Puertas automáticas

- Si se contempla proporcionar un medio de transporte desde el centro de la ciudad de Ushuaia hasta el CVA, este debe ser adaptado a personas con

movilidad reducida, hipoacúsicas y discapacidad visual.

- Sanitarios adaptados
- Ofrecer, de ser necesario, dispositivos de movilidad personal como sillas de ruedas o carritos eléctricos.

11.6 Otras consideraciones para tener en cuenta

11.6.1 Elementos de la señalética con accesibilidad cognitiva (Barrios et al., s/f)

Texto:

- a. Letra tipo “palo seco” es decir, sin serifa (ej. Arial, Calibri, Verdana)
- b. Utilización de la minúscula a excepción que se utilicen letras en altorrelieve
- c. El texto deberá contemplar recomendaciones de lectura fácil
- d. El tamaño dependerá de la distancia de observación
- e. Interlineado del 25 al 30 por ciento del tamaño de la fuente
- f. El texto debe estar acompañado de pictogramas

Pictogramas:

- a. Son imágenes gráficas (dibujos) que transmiten una información
- b. Se recomienda ubicarlos a la izquierda del texto
- c. Para garantizar la comprensión de este debería seguir las normas ISO 22727:2007
- d. Deben ser coherentes entre sí y con el espacio

Flechas:

- a. Se utilizan en la señalética que tiene como objetivo dirigir a las personas
- b. Debe tener la misma altura que el texto
- c. Se colocan a la izquierda del texto cuando indican dirección a la izquierda, arriba o abajo y se coloca a la derecha de este cuando oriente hacia la derecha

Color:

- a. Usar un color para el texto, flecha y pictograma y otro para el fondo, garantizando un buen nivel de contraste
- b. Es importante respetar el uso de colores con los significados de consenso social como el rojo para peligro / emergencia, verde para permiso, etc.

Soporte:

- a. La señalética debe estar sobre superficies opacas para evitar los encandilamientos

Referencias bibliográficas y fuentes

- Barrios, N., Boschetti, L. y Cukier, S. (s/f) Guía de buenas prácticas en Accesibilidad Cognitiva.
- Brusilovsky Filer B. L. (2014). Modelo para diseñar espacios accesibles. Espectro cognitivo. Colección Democratizando la Accesibilidad Vol. 1. La Ciudad Accesible
- Brusilovsky Filer, B. (2015). Accesibilidad cognitiva. Modelo para diseñar espacios accesibles. 2ª Edición. Colección Democratizando la Accesibilidad Vol. 6. La Ciudad Accesible 2015
- Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ministerio de Desarrollo Económico. COPIDIS (2015). Manual práctico de diseño universal. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Comisión para la plena Participación e Inclusión de las Personas con Discapacidad.
- Fernández Alles, M. T. (2012). El diseño universal: concepto y certificación. A fondo pp 4-11
- Moreno Montero, A. (2008). Accesibilidad física, Publicación: 4 diciembre 2008, Última actualización: 18 marzo 2024, Madrid, URL: <https://www.discapnet.es/accesibilidad/accesibilidad-fisica>
- Presidencia de la Nación. Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología (2018). Guía Práctica de Accesibilidad Cultural, Laboratorio de Innovación Cultural. Red de ciudades creativas.
- Rovira, E. y Cuyás, B. (2003). El libro blanco de la accesibilidad. Edicions UPC.
- Varner, R. (2015). Museums and Visitors with Autism: An Overview of Programs, Tesis. Rochester Institute of Technology.

Capítulo 12

Estética comunicacional

12.1 Paletas amigables con el daltonismo

Es imposible imaginarse un mundo sin color. La naturaleza que nos rodea es la fuente esencial de inspiración y registro de la amplia diversidad de colores que existen en el planeta tierra. Sin embargo, gran parte del tiempo no le damos importancia. Pasan desapercibidos a nuestra atención, pero producen, muchas veces de manera inconsciente, un impacto en nuestra forma de ver la vida. Generan emociones y sensaciones de lo más diversas. Porque el color es más que un efecto óptico, también es un efecto psicológico. No es lo mismo permanecer en una habitación de color rojo intenso, a una de azules pálidos. Nuestro registro será completamente diferente, aunque el contenido sea el mismo.

A lo largo de la historia del hombre y las culturas siempre se le ha atribuido significados y nombres a los colores y a sus reacciones emocionales. Aunque podemos decir que según la cultura un color puede variar su sentido, también hay sensaciones llamadas universales que se crean a base del contexto y la repetición.

El color es un aliado al momento de transmitir un mensaje; es un lenguaje y como tal cuenta con un vocabulario propio. Es en la forma en que se combinan estos colores donde encontramos el camino para dar el mensaje correcto. Pero ¿todos percibimos el color de la misma manera?

De acuerdo a lo planteado, la paleta seleccionada para el CVA tiene que incluir a todas las personas posibles de recorrerlo. Más de 350 millones de personas en el mundo tienen ceguera de color (daltonismo) o percepción del color en diferentes grados, esto representa, uno de cada doce hombres y una de cada doscientas mujeres.

De aquí deriva la necesidad de definir una paleta de colores que brinde una sensación de bienestar en los visitantes y que cumpla con los requerimientos prácticos para la señalización de recorridos, áreas, folletería, apps, etc.

Por eso, es menester detenerse en la investigación de una paleta de colores inclusiva, armoniosa y accesible.

12.2 Algunos datos a tener en cuenta

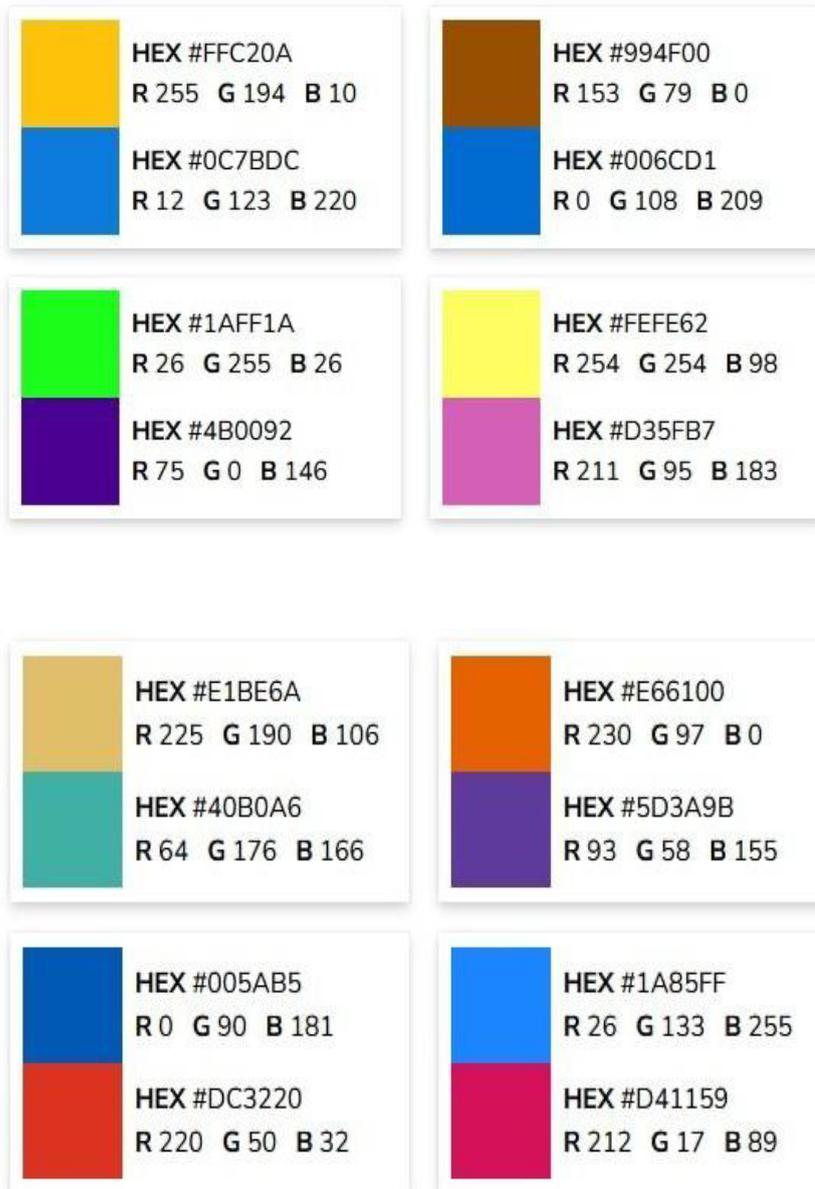
- Evitar los rojos, en especial combinados con verde. La incapacidad de ver el rojo es la forma más común de daltonismo (deuteranopia).

En caso de usar rojo, la mejor combinación sería con el azul o naranja.

- Utilizar paletas preexistentes seguras. Existen esquemas ya estudiados que funcionan para todo tipo de daltonismo.
- Utilizar en lo posible colores contrastantes.
- Se puede usar una aplicación llamada “Color Oracle” para verificar las paletas adecuadamente.
- Siempre corroborar en la práctica con diferentes personas que tengan alguna o todas las variantes de daltonismo.

12.3 Sugerencias





12.3. Enlaces de interés sobre paletas amigables con el daltonismo

<https://davidmathlogic.com/colorblind/#%23D81B60-%231E88E5-%23FFC107-%23004D40>

<https://www.nceas.ucsb.edu/sites/default/files/2022-06/Colorblind%20Safe%20Color%20Schemes.pdf>

<https://venngage.com/blog/color-blind-friendly-palette/>

<https://thenode.biologists.com/data-visualization-with-flying-colors/research/>

<https://cambiocteach.com/accessibility/colourchoice/>

<https://www.lyssna.com/blog/color-blind-friendly-palette/>

<https://www.tableau.com/blog/examining-data-viz-rules-dont-use-red-green-together> <https://www.colorblindguide.com/post/colorblind-friendly-design-3>

<https://jfly.uni-koeln.de/color/>

12.4 Una propuesta de “mascota” para el CVA

En función de las deliberaciones que tuvieron lugar en el primer taller presencial, se definió un tardígrado como animal distintivo para el CVA (Figuras 12.1 y 12.2). La selección de este animal, se debió a la necesidad de incorporar otros componentes de la fauna que no resultan emblemáticos hasta el momento, pero que, al utilizarlos de una manera didáctica, redefiniendo algunas de sus características para que resulte más carismático, especialmente entre el público infantil pueden generar un impacto positivo, permitiendo una identificación singular con el CVA. De esta manera, se considera que el tardígrado posee características de gran interés para despertar la curiosidad sobre fauna muy poco conocida. El tardígrado es una especie extremófila, un invertebrado microscópico afín a los artrópodos, de cuerpo redondeado cubierto por cutícula y cuatro pares de patas terminadas en uñas. Imágenes de esta especie, que se distribuye en la Antártida y fue encontrada también en Tierra del Fuego, pueden encontrarse en el en el capítulo 6. En la Figuras 12.1 y 12.2, se presentan ilustraciones recreadas de un tardígrado. Esta mascota ha sido especialmente diseñada para el CVA.

¿Por qué me eligieron como mascota del Centro de Visitantes Antártico?

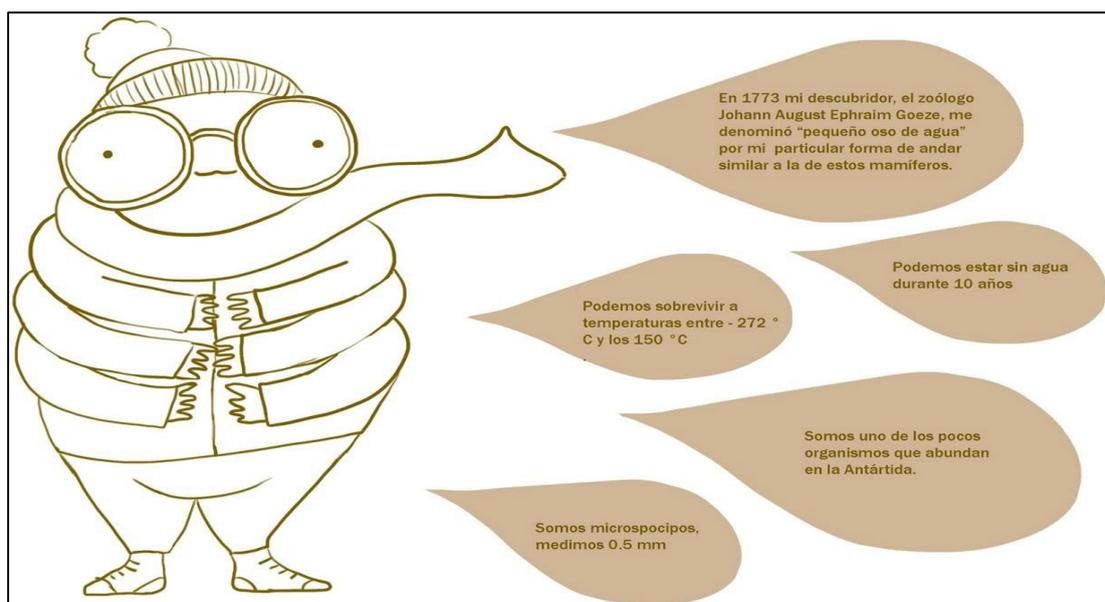


Figura 12.1. Ilustración de mascota para el CVA (tardígrado).



Figura 12.2. Mascota recreada con otros colores.

¡ATENCIÓN!

Una mascota extrema para un continente de extremos

El tardígrado es una especie que representa el eje temático propuesto para el CVA dado que ha estado presente en los distintos periodos que se recorren y, además, habita tanto en la Antártida como en Tierra del Fuego. De esta manera, constituye un testigo de la narrativa a desarrollar.

Capítulo 13

Propuesta de lineamientos educativos

El Proyecto de Centro de Visitantes Antártico de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, entre sus objetivos busca también “Proponer lineamientos para la implementación de un programa educativo para los distintos niveles de la educación formal con el fin que puedan ser utilizados en el CVA” a partir del trabajo interdisciplinario colaborativo entre especialistas en ciencias de la Tierra, de la atmósfera, de la vida, sociales y humanidades y de las áreas transversales de medios audiovisuales, comunicación, ilustración, cartografía y educación.

Para el logro de tal cometido, en primer lugar, se llevaron a cabo talleres híbridos con los especialistas en ciencias de la tierra, de la atmósfera, de la vida, sociales y humanidades en los que se definieron temas prioritarios. Posteriormente, se desarrolló una serie de talleres presenciales junto con las áreas transversales de medios audiovisuales, comunicación, ilustración, cartografía y programa educativo con el acompañamiento de las responsables de las áreas técnicas del In.Fue.Tur. En estos enriquecedores espacios, se organizó la información a partir de núcleos narrativos que posibilitaron identificar las temáticas más relevantes para abordar en términos comunicacionales desde las áreas transversales. Luego, se desarrollaron numerosas reuniones de trabajo semanal entre los especialistas de las áreas transversales en las cuales se generó conjuntamente un esquema con los contenidos para los cuales se propusieron piezas comunicacionales y se elaboraron los lineamientos educativos generales que se presentan a continuación.

En simultáneo, se avanzó en la recolección y exploración de los diseños curriculares de los distintos niveles educativos de la provincia de TDF: 1) Diseño curricular para el nivel inicial (3, 4 y 5 años), 2) la Resolución M.ED. N° 2587/2014 que aprueba el diseño curricular provincial de la educación primaria común y de las modalidades rural y especial, 3) la Resolución M.ED. N° 2796/2014 que aprueba los diseños curriculares del ciclo básico de las distintas modalidades de la educación secundaria obligatoria, 4) los diseños curriculares de las distintas modalidades del ciclo orientado de la educación secundaria aprobados mediante la Resolución M.ED. N° 2800/2014, 4.a) el diseño de la modalidad artística, 4.b.) el diseño de la secundaria superior de la modalidad técnico-profesional, 5) el

diseño curricular del Profesorado de Lengua (2012), 6) el diseño del Profesorado de Biología, 7) el diseño del Profesorado de Inglés (2012), 8) el diseño del Profesorado de Matemática (2013), 9) el diseño del Profesorado de Primaria (Resolución M.ED. N°1935/2014), 10) el diseño del Profesorado de Historia (Resolución M.ED. N° 352/2015), 11) el diseño del Profesorado de Geografía (Resolución M.ED. N° 335/2015), 12) el diseño del Profesorado de Educación Especial (2020), 13) el diseño de la Certificación Docente del Instituto Provincial de Educación Superior Paulo Freire y 14) el diseño de la Certificación Docente del Instituto Provincial de Educación Superior Florentino Ameghino. El material relevado se encuentra disponible en el drive compartido, carpeta "Diseños curriculares".

En función de lo anterior, se genera el presente informe para comunicar los resultados respecto al objetivo planteado en el proyecto del CVA en torno a los lineamientos para el desarrollo de un programa educativo que atienda a los distintos niveles de la educación formal en relación con la propuesta general del futuro CVA.

De la aproximación a los diseños curriculares, se desprende que se propone mayormente el abordaje de temáticas antárticas desde el campo de las ciencias naturales. En función de este sintético diagnóstico preliminar, se considera que, además de la profundización en estos campos del saber, una estrategia para promover desde el CVA la mayor presencia del tema antártico en los distintos niveles del sistema educativo es explotar su potencial para ser trabajado desde las áreas de conocimiento que no son las que tradicionalmente se han ocupado de él, como, por ejemplo, música, plástica, lengua y literatura, lenguas extranjeras.

En relación con lo anterior, se propone complementar las temáticas disciplinares con un abordaje creativo e innovador que potencie conexiones, articulaciones e integraciones entre las ciencias de la Tierra, de la atmósfera, de la vida, las ciencias sociales y humanas y el arte. Asimismo, las actividades deben apuntar a la generación de conciencia y responsabilidad en torno al impacto de las acciones cotidianas humanas sobre el medio ambiente (por ejemplo, contaminación, cambio climático, pesquería). Se busca dar protagonismo a los aprendices y usuarios, de manera tal que sean parte de la construcción del conocimiento territorial sobre la Antártida y las conexiones con Tierra del Fuego. Finalmente, se destaca el componente lúdico en esta propuesta con el propósito de revitalizar el placer de conocer a partir de la experiencia recreativa con las temáticas seleccionadas.

Se proponen recursos y actividades a desarrollar en el CVA que a la vez se complementen y completen con el trabajo en las instituciones educativas. A modo ejemplar a continuación se mencionan algunos de ellos.

13.1 Recursos para el nivel inicial

- Balde de dinosaurios de la Antártida de juguete
- Juegos de encastre con distintas formas de copos de nieve
- Juegos interactivos con paisajes, climas, animales antárticos
- Láminas de abecedario con motivos antárticos
- Libros de animales antárticos con divisiones que permiten intercambiar las partes y hacer descripciones orales (Ejemplo: *Animalario Universal del Profesor Revillod*: <https://imaginaria.com.ar/13/8/animalario.htm>)
- Libros de exploradores para pintar
- Libros *pop up* con los paisajes actuales de la Antártida (sábanas de hielo, glaciares, barreras de hielo)
- Muñecos de animales antárticos
- Regla medidora de altura con los distintos tipos de pingüino
- Rompecabezas de animales antárticos
- Taller de réplicas de plastilina de las forestas

Se pueden agrupar los recursos en valijas didácticas con la forma y denominación de *témpanos antárticos* que se pueden distribuir en los jardines (ejemplo: <https://museonavaldeplanacion.wordpress.com/valijas-didacticas/>).

13.2 Recursos para el nivel primario

13.2.1 Primer ciclo

- Diorama imprimible para armar ecosistemas antárticos (marino y continental)
- Dominó de fitoplancton
- Juego de la memoria con motivos de huellas: https://instagram.com/p/C0NTmUjMI7i/?locale=en&img_index=1
- Juego de láminas, cartas y audios de la Antártida para trabajar la escucha, la oralidad, la lectura y la escritura a partir de situaciones concretas y diversas que se desarrollan en la Antártida, abordando, de esta manera una amplia variedad de contenidos curriculares de Prácticas de Lenguaje e Inglés. La diversidad de situaciones se presenta en las láminas, mientras que las tarjetas y los audios abordan aspectos más específicos de las situaciones generales que se representan en las láminas y sirven para contextualizar las prácticas del lenguaje. Las láminas muestran situaciones de exploración, de trabajo científico, familiares, turísticas, escolares, recreativas; mientras que las tarjetas presentan imágenes de animales, exploradores, científicos, casas, bases, medios de transportes, comidas, clima y textos breves y

sencillos: cuentos, descripciones de animales antárticos, postales, pronóstico del tiempo. Por su parte, los audios dan cuenta de sonidos de animales, tormentas, comunicaciones, conversaciones de las distintas situaciones, música, radio. Ejemplo: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001216.pdf>

- Libros anillados con los cortes de las capas de la Tierra. Este material se articula con la pieza comunicativa descrita oportunamente.
- Libros *pop up* con los tipos de glaciares y paisajes de la Antártida
- Lotería de animales antárticos
- Rayuela para saltar por los continentes
- Rompecabezas de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

13.2.2 Segundo ciclo

- Comics de exploradores, foqueros y balleneros.
- Kit de redes tróficas: cuerdas con extremos de diferentes colores y tarjetas rígidas de distintos animales con ganchos para las cuerdas para construir colectivamente redes tróficas.
- Juego de láminas, cartas y audios de la Antártida II para trabajar oralidad, lectura y escritura en Prácticas de Lenguaje e Inglés a partir de distintos géneros discursivos y situaciones comunicativas. Las láminas representan una variedad de situaciones formales e informales, interiores y exteriores que se desarrollan en la Antártida con distintos participantes (distintos tipos de trabajo, educación, almuerzo/cena, salud, recreación, situaciones familiares), mientras que las tarjetas contienen imágenes más acotadas de paisajes, mapas, exploradores, científicos, casas, bases, clima, fenómenos meteorológicos, auroras, noticias de diarios, postales, folletos turísticos, tapas de diarios de exploradores, periódicos y revistas sobre la Antártida, fenómenos meteorológicos. Por su parte, los audios reproducen conversaciones de distintas situaciones comunicativas, comunicaciones de radio o teléfono, informes meteorológicos, música, canciones. Ejemplo: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001718.pdf>
- Juego de la memoria con motivos de huellas: https://instagram.com/p/C0NTmUjMI7i/?locale=en&img_index=1
- Juegos interactivos de las bases antárticas argentinas. Ejemplo: <https://www.aprenderexplorando.org/antartida-2/terra-australis-incognita>
- Galería virtual de fotografías de fósiles encontrados en la Antártida. Ejemplo: perfil de Instagram @galeriavirtualdf
- Mapa geológico que muestra los distintos tipos de rocas en Antártida y Tierra del Fuego
- Pingüinos de madera para pintar (Figura 11.1)



Figura 13.1. Experiencia de arte pingüino en una escuela de Ushuaia.

13.3 Recursos para el nivel secundario

13.3.1 Ciclo básico

- Comics/mangas en los que intervengan fenómenos naturales, como bomba biológica, frente polar, corriente circumpolar antártica, torbellinos ([https://www.whakoom.com/comics/2O2W6/relatos de la tierra del fue go/1](https://www.whakoom.com/comics/2O2W6/relatos%20de%20la%20tierra%20del%20fuego/1)
[https://www.whakoom.com/comics/62Obt/relatos de la tierra del fuego/2](https://www.whakoom.com/comics/62Obt/relatos%20de%20la%20tierra%20del%20fuego/2))
- Galería de fotografías con tipos de nubes y fenómenos climáticos. Este recurso se combina con el laboratorio de nubes que unos ítems más adelante y con las piezas comunicacionales del CVA ubicadas en la descripción de dichas piezas en el capítulo 9.
- Kit de láminas para distribuir en las escuelas (mapas, tipos de nubes)
- Juegos interactivos sobre cambio climático, pasaje de unidades de medida, trivía antártica que a medida que se va respondiendo correctamente la mascota del CVA avanza en el recorrido. Algunos ejemplos: <https://wordwall.net/es-cl/community/cambio-clim%C3%A1tico>
- Juegos interactivos sobre placas tectónicas. Ejemplo:

<https://wordwall.net/es-cl/community/cambio-clim%C3%A1tico>

- Laboratorio de nubes. Ejemplos: <https://www.youtube.com/watch?v=OmFmx8WY3Ts>, <https://docentesyeducacion.com/noticias/experimento-de-una-nube-en-clase/> Esta propuesta se articula directamente con la pieza comunicacional sobre el tema de referencia en el capítulo 9.
- Repositorio digital de diarios de viaje/expedición. Este recurso permite trabajar los géneros periodísticos partiendo de la información contenida en el material del repositorio. A su vez, la noticia puede ser remitida al periódico comunitario del CVA.
- Ruleta con los componentes de la atmósfera (gases trazas: nitrógeno, oxígeno). Ejemplos: <https://es.educaplay.com/recursos-educativos/7839247-la-atmosfera.html>, <https://wordwall.net/es-es/community/las-capas-de-la-atmosfera>
- Videos explicativos (placas tectónicas, microscopia, fenómenos atmosféricos, climáticos....)

12.3.2 Ciclo orientado

- Experiencias de científicos por un día
- Juego de la memoria con tipos de nubes (formato físico y digital)
- Juegos interactivos sobre meteorología, geografía: <https://www.aprenderexplorando.org/antartida-2/geografia/datos-meteorologicos>
- Galería de imágenes (fotografías, pinturas) de expediciones con escenas en las que se ponen en juego experiencias musicales para disparar la imaginación y la investigación sobre el tipo de música y danza que se representa y la cultura en la que se inscribe
- Plataforma para hacer entrevistas a exploradores y foqueros a quienes se le puedan hacer preguntas (se podría realizar la carga de los libros de Acuña, Maveroff, Moneta, Sobral)
- Recorrido virtual por la base antártica con plaquetas explicativas
- Rompecabezas Gondwana con pinches de hallazgos fósiles
- *Scape rooms* digitales con temática cambio climático (en el diseño de esta propuesta es necesario poner énfasis en la vinculación de las actividades humanas con su impacto en el ambiente, en ese sentido, es importante que se haga evidente que las decisiones que se toman en relación con el medio ambiente conducen a diferentes futuros)

13.4 Recursos para el nivel superior

- Bases de información (publicidades, folletería, cruceros, exploradores, foqueros y balleneros, bases antárticas, actividades científicas, información meteorológica...). Estas bases se nutren con materiales provistos por distintas investigaciones que se han realizado y se realizan en torno a la Antártida y paralelamente quedan abiertas a los aportes de los usuarios, que, por su parte, pueden nutrir los corpus para investigaciones futuras.
- Cortos.
- Enlaces a los repositorios preexistentes que cuentan con publicaciones sobre Antártida.
- Entrevistas a personas que estuvieron y están en la Antártida y cuentan sus experiencias allí / investigadores que cuentan sus resultados, avances. Galería virtual de fotografías, objetos antiguos, instrumentos de medición, vestimentas de los distintos momentos. Ejemplo: Perfil de Instagram @galeriavirtualtdf. Este recurso se relaciona con el desarrollo de App del CVA, ya que desde ella se pondría a disposición.
- Colección de sellos postales
- Historias de vida en la Antártida (es importante atender a la inclusión de mujeres). Ejemplo: <https://www.youtube.com/watch?v=taripR6bS1Y&t=1s>
- Mapoteca con toponimia argentina
- Recopilación de literatura y expresiones artísticas sobre la Antártida
- Repositorio de publicaciones sobre la Antártida
- Videos rápidos que muestran cómo se mueve la nieve (descarga en valle, descarga para todos lados...), el ciclo de vida de un glaciar, su dinámica. Se complementa con modelos físicos que muestran cómo se mueven los glaciares, al respecto ver capítulo 9.

Se sugiere poner especial énfasis en brindar material sobre la Antártida desde disciplinas en las que no se aborda frecuentemente esta temática para invitar, motivar, inspirar al abordaje de la Antártida desde la multiplicidad de disciplinas.

13.5 Actividades del CVA con la comunidad educativa

Cartonería de dinosaurios antárticos

- Se propone un espacio creativo para armar distintos tipos de animales antárticos de diferentes tamaños en cartón y decorarlos, mientras se conversa sobre las características propias de cada especie. La idea es generar una adaptación de paleoarte para realizar en el CVA. <https://plazacielotierra.org/paleoarte-el-arte-de-reconstruir-el-pasado/>

Chocolateada antártica

- Jornada en la que se invita a alguna figura relevante de la Antártida a conversar con estudiantes compartiendo una chocolatada. Estas actividades pueden abordar distintas temáticas, efemérides planteando una agenda para las distintas edades. Ejemplo: <https://www.ungs.edu.ar/cultura/imaginario-museo-interactivo/mateadas-cientificas>

Comunicación con la escuela antártica

- Organización de una jornada en la que se invita a docentes y estudiantes para la comunicación con la escuela antártica a partir del trabajo previo en el que se prepara en guión de conversación. A su vez, se guardarán las grabaciones de estas interacciones para ponerlas a disposición de los usuarios.

Concursos

- Literarios sobre historias en/de la Antártida. Ejemplos: <https://www.elfueguino.com.ar/la-untdf-lanza-el-concurso-de-cuentos-vidas-urbanas-en-tierra-del-fuego/> - <https://www.imaginaria.com.ar/08/1/riogrande.htm>
- Arte correo (combina arte, turismo, idioma y significados de la Antártida) Ejemplo: <https://www.youtube.com/watch?v=mWy1uFUD2yU>, catálogos digitales: Catálogos digitales: https://drive.google.com/file/d/1UE1kV052q-j5DCU5cvy_NBAyEcQeAszZ/view, <https://drive.google.com/file/d/1tpviBHDZ5NyN8I0MFVUqIzaB-l6gWzXT/view>
- Pinturas sobre la Antártida. Ejemplo: <https://www.imaginaria.com.ar/16/1/pinte-la-antartida.htm>
- Fotografías para calendarios anuales con imágenes de la Antártida. Ejemplos: <https://www.ushuaia.gob.ar/eventos/bases-y-condiciones-del-concurso-de-fotografia>, <https://www.mdzol.com/sociedad/2021/12/1/hermosa-fotografia-de-la-antartida-argentina-entre-las-mejores-del-mundo-205333.html>

Esta actividad se puede articular para llevar adelante de manera conjunta con los polivalentes de arte de la provincia.

Experiencias de científicos por un día

El desarrollo de estas experiencias requiere contar con instrumentos de

medición y observación para replicar actividades de investigación que se llevan a cabo en la Antártida, pero diseñadas y controladas en los espacios del CVA. Se requiere contar con un abanico de experiencias de distintas disciplinas que pueden ir variando.

Formación continua para docentes

El espacio del laboratorio educativo del CVA se puede aprovechar para impartir cursos y charlas de actualización docente sobre diversos aspectos de la Antártida. Estas actividades se pueden llevar adelante de manera articulada con la Universidad Nacional de Tierra del Fuego, AelIAS y el CADIC.

Las investigaciones educativas destacan como prioritaria la formación continua de los docentes, aunque las políticas que se implementan no suelen atender a ello. En ese sentido, generar desde el CVA planes anuales para fortalecer la formación continua de docentes y directivos de distintas áreas y niveles en relación a temáticas antárticas redundará en el fortalecimiento del abordaje de la Antártida en las diversas aulas del sistema educativo, por lo que es una importante estrategia a la vez que poco costosa en relación con el impacto de los resultados que augura.

Periódico comunitario

Compilación de artículos periodísticos sobre actividades antárticas argentinas. Convocatoria anual para la presentación de noticias, entrevistas, resultados de investigación, publicidades, curiosidades, relatos de viajes a la Antártida para la publicación de un periódico anual del CVA.

Esta actividad se puede articular con las escuelas secundarias con orientación en comunicación para llevarla adelante de manera conjunta.

Taller de origami de animales antárticos

Esta actividad se puede desarrollar en el Centro y también llevar a las escuelas.

Ejemplo:

<https://www.spri.cam.ac.uk/museum/learningresources/archives/category/craft-activity/>

Recreación de la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (RCTA)

De acuerdo con lo establecido en el Tratado Antártico, se desarrollan reuniones consultivas periódicas en las que participan las Partes Consultivas, las Partes No Consultivas, los observadores y expertos invitados para intercambiar información, realizar consultas sobre cuestiones de interés acerca de la Antártida y formular recomendaciones que apuntan a promover

los principios y los objetivos del Tratado Antártico.

Se propone llevar a cabo anualmente una recreación de la reunión consultiva para fomentar entre los estudiantes el conocimiento e involucramiento en los debates y las problemáticas antárticas.

Semana de la Ciencia

Desde el CVA sería importante ofrecer actividades para difundir las actividades científicas que se desarrollan en la Antártida durante la Semana de la Ciencia que se desarrolla anualmente.

Una noche en la Antártida

Se propone una experiencia especial de recorrida nocturna del CVA con actividades tanto en el interior como en el exterior del Centro. Ejemplo:

<https://casanata.sarmiento.cultura.Gob.ar/actividad/una-noche-en-el-museo-2/>

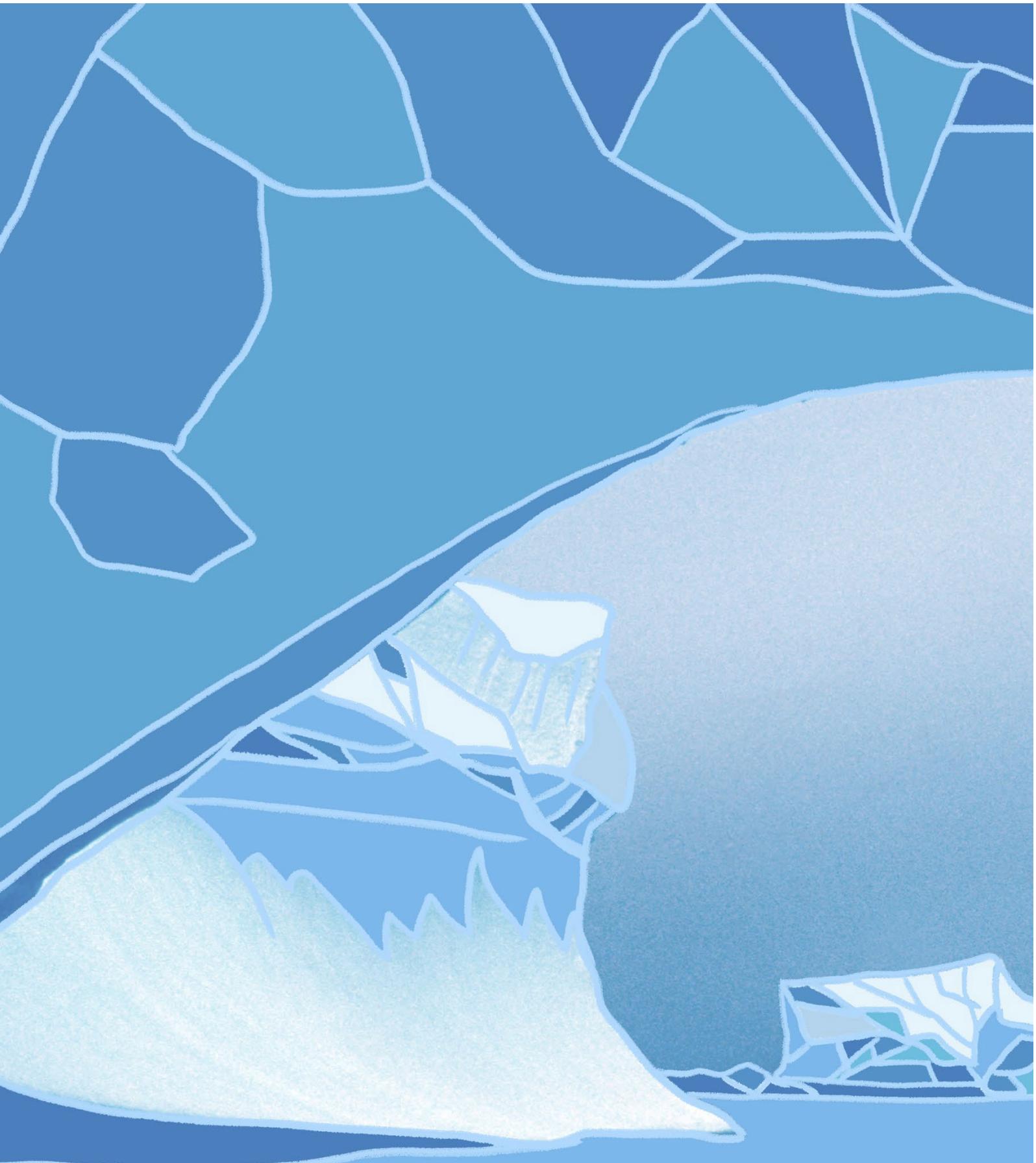


Figura 13.2. Grupo de expertos desarrollando la actividad de armado de pingüino mediante la técnica de origami.

Comunicación permanente con la comunidad educativa

- Blog para compartir diversidad de materiales sobre la Antártida: fotos, escritos, estampillas
- Grupo de Facebook para docentes en el que se compartan propuestas para el trabajo de temas antárticos en los distintos niveles educativos y las diferentes asignaturas y propuestas que integren distintas áreas de conocimiento
- Elaboración de materiales didácticos de manera conjunta con docentes e instituciones educativas

Se espera que la multiplicidad de recursos para utilizar dentro del CVA y las instituciones educativas junto con las variadas actividades permitan una diversidad de experiencias de aprendizaje que despierten el placer por el conocimiento, vocaciones científicas, intereses turísticos, sentido de soberanía a la vez que una mayor integración de la Antártida como parte de nuestra provincia y nuestro país en el imaginario colectivo.



PARTE IV

PROGRAMA DE NECESIDADES Y RECOMENDACIONES

Capítulo 14

Programa de necesidades y recomendaciones

14.1 Introducción

El presente capítulo presenta el programa de necesidades del CVA para el desarrollo del proyecto arquitectónico en una próxima etapa. Para su elaboración, el departamento de Arquitectura de la Dirección de Planificación y Desarrollo Turístico del In.Fue.Tur participó en jornadas dedicadas tanto a la exposición del trabajo del grupo interdisciplinario de expertos y de las áreas transversales, como a mesas de trabajo para la generación de contenidos del CVA y la elaboración de directrices generales del mismo. Además, se participó en reuniones específicas de las áreas transversales, enfocadas en el diseño de las piezas comunicacionales y lineamientos educativos. Esta participación se considera enriquecedora para que el desarrollo de los contenidos y del proyecto arquitectónico avance de manera integrada y sinérgica.

Durante una de las reuniones de las áreas transversales se presentó un diagrama del programa de necesidades para su discusión. Este diagrama se desarrolló tras analizar casos relevantes, considerar ideas surgidas de las jornadas y evaluar respuestas de una encuesta que se realizó en la que participaron todos los integrantes del proyecto. A partir de la devolución recibida y del segundo informe de avance, se ajustó el programa de necesidades, que fue nuevamente presentado en el taller presencial del mes de julio.

Se estima que la superficie del centro sea de aproximadamente de 10.000 m². Esta estimación será ajustada posteriormente según la capacidad de carga deseada para cada espacio, considerando el número de visitantes durante el período de mayor afluencia turística, que coincide con aquellos visitantes para quienes el centro representa el inicio de su experiencia antártica.

El capítulo se divide en seis apartados. El siguiente apartado (2) aborda los diagramas del programa de necesidades, proporcionando una visión general de las zonas y espacios del CVA. Los apartados siguientes amplían esta información con especificaciones básicas de cada espacio. Es importante mencionar que se asume que estos espacios cumplirán con los requerimientos de la normativa vigente, por lo que en lo que no se detallan en los requerimientos de cada espacio (por ejemplo, accesibilidad). Las especificaciones presentadas son preliminares y están sujetas a modificaciones conforme avance el proyecto

arquitectónico. En este sentido, se contempla la incorporación de especificaciones complementarias al programa arquitectónico propuesto en este capítulo.

14.2 Diagrama del programa de necesidades

Para la presentación del programa de necesidades se elabora un diagrama. Este diagrama se concibe como una herramienta abstracta cuya función es definir los componentes del programa arquitectónico y sus relaciones. No establece dimensiones, formas ni ubicaciones específicas de los componentes, dejando estos aspectos sujetos a las siguientes etapas de diseño. Asimismo, el presente programa no incluye los espacios de servicio del CVA, como la sala de máquinas, las circulaciones horizontales y verticales y cualquier otro espacio de servicio asociado a los espacios presentados.

El primer diagrama (Figura 14.1) representa las zonas que conforman el CVA, entendidas como áreas que agrupan varios espacios con funciones relacionadas o complementarias. La definición de estas zonas facilita la organización y segmentación del diseño, optimizando el uso del espacio. Las zonas se diferencian por color, con las áreas interiores representadas en colores sólidos y las exteriores con contornos de línea punteada. Las relaciones de cada zona con el exterior y con las demás zonas se indican mediante flechas de diferente grosor, siendo mayor el grosor para relaciones más públicas.

En el diagrama, se identifican cinco zonas: recepción y servicios al visitante, instalaciones educativas y recreación, exposición interactiva, administración y logística de cruceros. Todas las zonas requieren un acceso al exterior, variando según su grado de privacidad. Los accesos públicos se limitan a la zona de recepción y servicios al visitante, y la zona de instalaciones educativas y recreativas. La zona de exposición interactiva, y la zona de logística de cruceros tienen un acceso semiprivado, permitiendo la entrada a organismos relacionados, como empresas de cruceros o entidades organizadoras de muestras, pero no a visitantes. La zona de administración tiene un acceso privado, reservado exclusivamente para el personal del CVA. En cuanto a relaciones interiores, la zona de recepción y servicios al visitante actúa como punto de articulación entre las demás zonas, siendo la única vinculada a todas.

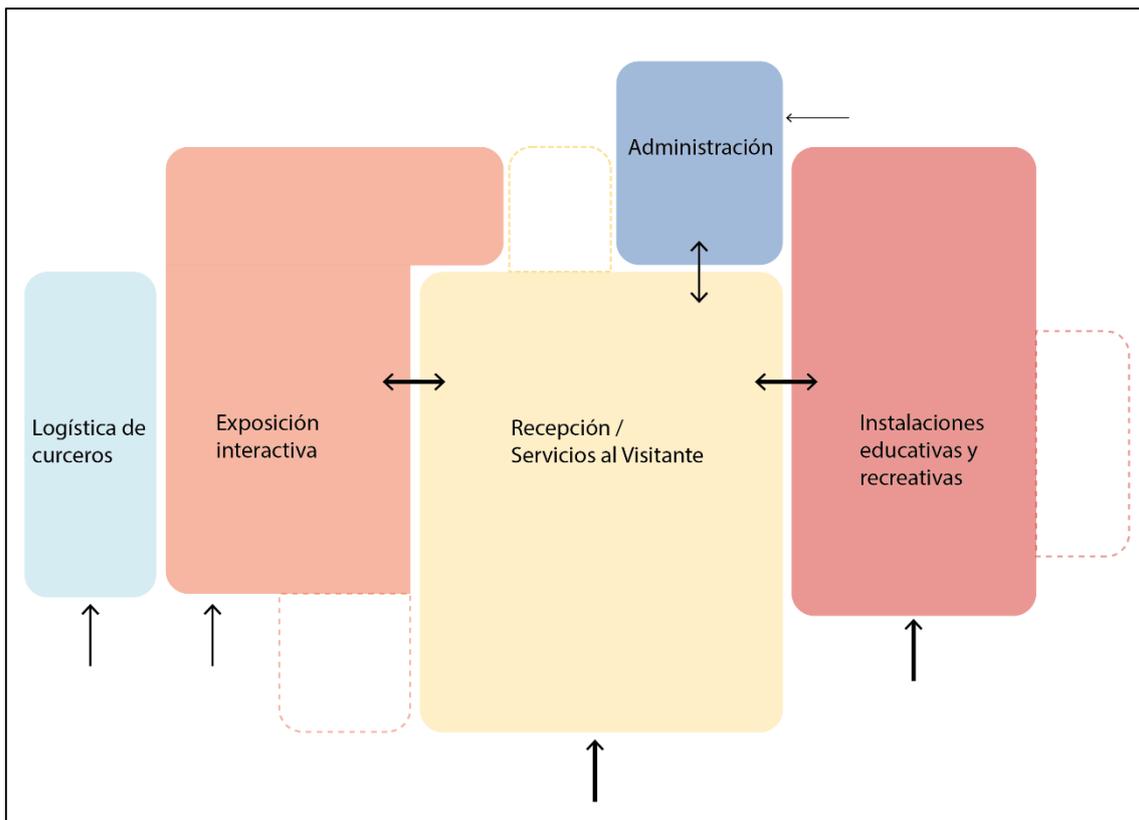


Figura 14.1. Diagrama de programa de necesidades: zonas y conexiones.
Fuente: Elaboración propia.

El segundo diagrama (Figura 14.2) detalla los espacios que conforman cada zona, cuya información es ampliada en los apartados siguientes, con la excepción de la zona de logística de cruceros, la cual no se desarrolla en esta instancia. No obstante, se reconoce su importancia como posible servicio complementario para el centro de visitantes, actuando como un nodo de conexión para los operadores turísticos de cruceros. Se entiende por “espacio” a una unidad con una función definida y particular.

Para facilitar la comprensión del diagrama, se utilizan los mismos colores del primer diagrama, aumentando la intensidad del color para cada espacio específico. Todos los espacios se encuentran contenidos dentro de “subcajas” dentro de la caja de la zona, con la excepción de aquellos espacios que funcionan como acceso a otros espacios (ej. hall de acceso a administración) o los contienen (ej. hall de entrada central). Al igual que en el primer diagrama, en el segundo también se indican las expansiones de las zonas, y se señala que algunos espacios, como los gastronómicos, pueden tener expansión exterior también. Por último, las flechas definen las relaciones entre zonas, indicando por medio de qué espacios se llevan a cabo estas conexiones.

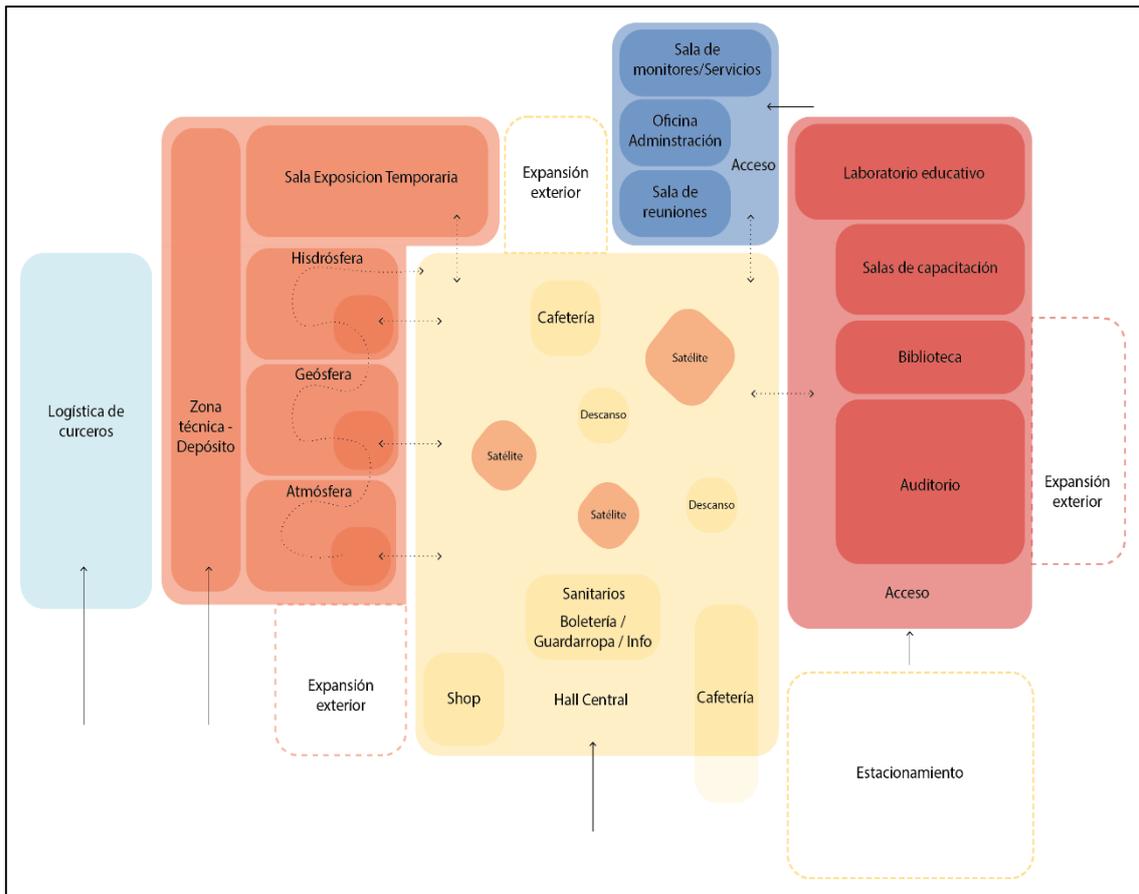


Figura 14.2. Diagrama de programa de necesidades: espacios y conexiones.
Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar, es importante recordar que estos diagramas no definen una disposición ni morfología específica, las cuales surgirán en etapas posteriores del diseño. Por lo tanto, los diagramas pueden adoptar diversas configuraciones, como un recorrido lineal para la exposición (a modo de ejemplo se puede mencionar el Museo Nacional de Qatar de Jean Nouvel¹ en Qatar, Qatar), un diseño con un hall central y un recorrido radial estructurado por salas (por ejemplo, Guggenheim de Frank Lloyd Wright² de Nueva York, Estados Unidos) o por plataformas abiertas de exposición (otro ejemplo es el Museo de Mercedes Benz de UNSTUDIO³ en Stuttgart, Alemania), o un conjunto de espacios cerrados sin una jerarquía aparente para las funciones del centro como en el Museo contemporáneo de arte del Siglo XXI de SANAA⁴ en Kanazawa, Japón.

¹ <https://nmoq.org.qa/en/>

² https://www.guggenheim.org/about-us/architecture/frank-lloyd-wright-and-the-guggenheim?gad_source=1&gclid=ds

³ <https://www.mercedes-benz.com/en/art-and-culture/museum/>

⁴ <https://www.kanazawa21.jp/>

14.3 Zona de recepción y servicios al visitante

Corresponde a la zona más pública del centro, funcionando como articulador entre la ciudad y el centro, y albergando servicios que permiten y mejoran la experiencia del visitante. Se destaca que los servicios detallados no son excluyentes, pudiendo incluirse otros servicios siempre que no comprometan la función original del CVA.

A continuación, se detallan el objetivo, las conexiones con otros espacios y los requerimientos de cada uno de los espacios que componen esta zona.

14.3.1 Hall de entrada central

Objetivo: Atraer al visitante y comunicar la misión del centro. Por esta razón es esencial que desde este punto se explicita la conexión entre Antártida y la Isla Grande de Tierra del Fuego. Este espacio sirve como el acceso principal al centro, debiendo ofrecer al visitante una vista panorámica del conjunto. Funciona simultáneamente como zona de tránsito, descanso y contemplación del paisaje. Además, puede albergar o tener en sus cercanías a los servicios que le permiten y mejoran la experiencia al visitante convirtiéndolo en una plaza pública interior. Sus funciones de acceso y distribución/descanso pueden integrarse en un único espacio continuo o bien diferenciarse a través de los espacios que contiene, como un hall de entrada y un hall central.

Conexiones: Debe tener acceso directo al exterior y estar cercano al estacionamiento. Además, al actuar como punto de regreso al finalizar cualquier recorrido, se debe conectar con todas las demás zonas (a excepción de la zona de logística que se evaluará su necesidad en próximas etapas). En el caso de las exposiciones, se conecta de manera particular con cada una de ellas. Para la zona de instalaciones educativas y la administración, cada zona cuenta con un hall de acceso dedicado que sirve de conexión con el hall central.

Requerimientos: Debe ser un espacio amplio y abierto que incluya un vestíbulo (hall frío) como único acceso público. Se debe asegurar la conexión visual con el exterior (Canal Beagle y bosque fueguino) y la iluminación natural. Además, debe contar con señalética e información interactiva adecuada para facilitar los recorridos de los visitantes y mobiliario para el descanso. Por último, debe contemplar un espacio dedicado para testimonios de los visitantes.

14.3.2 Boletería

Objetivo: Espacio en donde los visitantes pueden adquirir las entradas para toda actividad que se realice dentro del CVA.

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa. Puede formar parte de un mismo conjunto con el guardarropa, el centro

de información y los servicios sanitarios. En caso de no asociarse con alguno de estos espacios, debe estar próximo a ellos.

Requerimientos: Debe ser un espacio abierto, destacado por su iluminación y/o señalética. Debe contar con las instalaciones eléctricas necesarias para su equipamiento informático y pantallas que facilitan la comunicación. El mostrador debe ser accesible para todos.

14.3.3 Guardarropa / Guardaequipaje

Objetivo: Espacio destinado al almacenaje temporal de pertenencias de los visitantes, incluyendo almacenamiento de equipaje. Su objetivo es hacer más cómoda la visita como también garantizar la seguridad de los ambientes de exposición. Puede ser gestionado por el personal del centro o ser autogestionable.

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa. Puede formar parte de un mismo conjunto con la boletería, el centro de información y los servicios sanitarios. En caso de no asociarse con alguno de estos espacios, debe estar próximo a ellos.

Requerimientos: Debe contar con un sistema de control de acceso en cualquier sistema de gestión.

14.3.4 Centro de Información

Objetivo: Espacio con personal a cargo de proporcionar información sobre el CVA para orientar y mejorar la experiencia de los visitantes. Este espacio complementa la información interactiva del hall central y la aplicación móvil. Además, proporciona los elementos necesarios para personas con discapacidad (auriculares, chalecos sensoriales, sillas de ruedas, etc.).

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa. Puede formar parte de un mismo conjunto con la boletería, el guardarropa y los servicios sanitarios. En caso de no asociarse con alguno de estos espacios, debe estar próximo a ellos.

Requerimientos: Debe ser un espacio abierto, destacado por su iluminación y/o señalética. Debe contar con las instalaciones eléctricas necesarias para su equipamiento informático y un sistema de sonido para comunicar información relevante a los visitantes. El mostrador debe ser accesible para todos.

14.3.5 Servicios sanitarios

Objetivo: Proveer de instalaciones sanitarias adecuadas a todo visitante del centro.

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa, en uno o varios puntos estratégicos del edificio. Puede formar parte de un mismo conjunto con la boletería, el guardarropa y los servicios sanitarios.

Requerimientos: Debe contar con instalaciones diferenciadas para hombres, mujeres y personas con discapacidad. La señalización debe ser clara y visible, y contar con sistemas de ventilación adecuados y espacios para cambiadores de bebés en todas las instalaciones.

14.3.6 Cafetería

Objetivo: Espacio/s para el consumo de bebidas y comidas dentro del centro. Al menos uno de los establecimientos debe ofrecer una carta que permita a los visitantes pasar una jornada completa dentro del centro. Todos los espacios deben estar ambientados con la temática del CVA para expandir la experiencia antártica. Se contempla la posibilidad de áreas exteriores adicionales.

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa. Debe tener acceso desde el exterior y estar conectado al menos uno de los espacios con las instalaciones educativas para ser utilizados fuera del horario habitual de apertura de la zona de exposición interactiva.

Requerimientos: Deben contar con todas las instalaciones necesarias. Dependiendo de su tamaño, puede ser necesario incluir servicios sanitarios, aunque no es obligatorio para los stands gastronómicos.

14.3.7 Shop / Tienda de souvenirs

Objetivo: Espacio destinado a la venta de artículos relacionados con Antártida con el fin de potenciar y expandir la narrativa expositiva. La conceptualización y los artículos a la venta deben estar alineados con los valores del centro.

Su horario de funcionamiento puede ser diferente al de la zona de exposición interactiva, con el objetivo de acompañar las propuestas de las instalaciones educativas y recreativas.

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa.

Requerimientos: Se debe contar con las instalaciones adecuadas y sistemas de seguridad para los artículos de venta.

14.3.8 Salas de descanso

Objetivo: Espacio/s cerrados destinados al descanso de visitantes hipoacúsicas, con TGD, o cualquier otro visitante que lo necesite.

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa.

Requerimientos: Deben contar con aislamiento acústico del exterior y con iluminación tenue para crear un ambiente tranquilo y relajante.

14.3.9 Expansión exterior

Objetivo: Espacio exterior destinado al descanso y la contemplación del paisaje fueguino y su conexión con Antártida.

Conexiones: Acceso directo desde el hall central.

Requerimientos: Debe contar con mobiliario adecuado para el descanso y una iluminación exterior apropiada para su uso durante el día y la noche. Su ubicación y diseño deben destacar la conexión con la Antártida, y debe incluir señalización informativa que lo explicita.

14.3.10 Estacionamiento

Objetivo: Espacio diseñado para que puedan aparcar los visitantes, los operadores turísticos y el personal del establecimiento. Puede consistir en un único espacio o en varias áreas diferenciadas.

Conexiones: Debe estar próximo al acceso del hall central, de la zona de instalaciones educativas y de recreación y la zona de administración.

Requerimientos: Los aparcamientos deben estar debidamente diferenciados (ej. Áreas específicas para colectivos turísticos, vehículos particulares y personal). Además, debe contar con señalización clara. En caso de ser un estacionamiento exterior, se sugiere que el suelo sea absorbente o semiabsorbente, manteniendo la capacidad de absorción del suelo en un porcentaje adecuado para gestionar el drenaje de las aguas pluviales.

14.4 Zona de instalaciones educativas y de recreación

Con el objetivo de que el CVA supere la instancia de visita esporádica, se plantean una serie de espacios que complementan la zona de exposición interactiva, centrándose en generar una zona para la divulgación, difusión y apropiación de conocimiento. A continuación, se detallan el objetivo, las conexiones con otros espacios y los requerimientos de cada uno de los espacios que componen esta zona.

14.4.1 Hall de acceso

Objetivo: Espacio diseñado para el acceso independiente a las instalaciones educativas y de recreación.

Conexiones: Debe ofrecer acceso directo al exterior y conectar de manera directa con el Auditorio, permitiendo también el acceso a los demás espacios de la zona y estableciendo una conexión con el hall central.

Requerimientos: Debe ser un espacio amplio y abierto que incluya un vestíbulo (hall frío) como único acceso público. Se debe asegurar la conexión visual con el exterior (Canal Beagle/bosque fueguino) y aprovechar la iluminación natural.

14.4.2 Auditorio

Objetivo: Espacio divisible diseñado para conferencias, seminarios, proyecciones, debates, presentaciones y eventos especiales, con un enfoque prioritario en temas relacionados con Antártida. Se espera que pueda albergar eventos de gran magnitud, aprovechando su capacidad única en la ciudad (1000 personas).

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se debe permitir su acceso desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Debe ser un espacio versátil y funcional que cumpla con los estándares exigidos en todas sus configuraciones. Debe contar con alguna conexión visual preferentemente con el Canal Beagle, integrando el entorno natural en la experiencia del evento según sea necesario. Además, debe ser diseñado con la flexibilidad para adaptarse a diversos tipos de eventos, audiencias y capacidades de asistencia.

Por otro lado, debe asegurar un nivel sonoro óptimo en todas las áreas del auditorio, garantizando una experiencia auditiva clara y envolvente. Para facilitar presentaciones y eventos dinámicos, el auditorio debe estar equipado con tecnología audiovisual avanzada, incluyendo proyectores de alta definición y sistemas de sonido profesional. También se deben proporcionar conexiones adecuadas para transmisiones en directo, asegurando la conectividad necesaria para eventos virtuales o difusiones en tiempo real. Por último, debe contar con un acceso desde el exterior para el acceso de equipamiento de gran porte.

14.4.3 Biblioteca tradicional e interactiva

Objetivo: Espacio que ofrece material educativo, folletos, mapas y libros sobre Antártida, para todas las edades, disponibles para préstamo. Su objetivo es la preservación y divulgación de todo el material vinculado, incluyendo el conocimiento científico generado. Combina un enfoque tanto tradicional como interactivo, y busca ser un espacio no solo de consulta sino también adaptable

para lectura y eventos como cafés literarios, fomentando encuentros para discutir sobre Antártida.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se debe permitir su acceso desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Debe tener conexión visual con el exterior y disponer de espacio exterior para actividades relacionadas. Debe haber un área designada para una mapoteca interactiva donde los mapas no solo se almacenen, sino que se puedan ver y manipular, incluyendo opciones con tecnología háptica o interactiva.

14.4.4 Salas de capacitación

Objetivo: Sala divisible diseñada para ofrecer flexibilidad y adaptarse a diferentes tamaños de grupos y necesidades de capacitación (sala de 400 personas de capacidad hasta cuatro salas de 100 personas de capacidad). Está/n orientada específicamente a la formación de tutores y profesores en temas relacionados con la Antártida. Además, podrá/n utilizarse para la impartición de talleres de formación sobre temas específicos.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se debe permitir su acceso desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Debe contar con equipamiento audiovisual, incluyendo sistemas de sonido profesional y pantallas de proyección adecuadas para presentaciones y capacitaciones. Además, debe tener conexiones adecuadas para transmisiones en directo y acceso a internet facilitando la participación virtual. El mobiliario debe ser flexible para permitir diversas configuraciones según el tipo de evento o capacitación, y la iluminación ajustable para adaptarse a diferentes tipos de presentaciones y actividades formativas.

14.4.5 Laboratorio educativo

Objetivo: Espacio interactivo donde los visitantes construyen conocimiento mediante la experimentación práctica. El laboratorio está diseñado para promover el aprendizaje activo, proporcionando herramientas y recursos adecuados para realizar experimentos que exploran temas científicos relacionados con Antártida. Aquí es donde los visitantes pueden experimentar parte de los lineamientos educativos presentados por las áreas transversales.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se

debe permitir su acceso desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Debe contar con equipos y materiales adecuados para experimentación científica y educativa. Se requiere una distribución del espacio que facilite el trabajo colaborativo y la realización de experimentos prácticos. La iluminación debe ser ajustable para diferentes necesidades experimentales. Se debe garantizar acceso a internet y conexiones eléctricas suficientes para equipos especializados. Debe contar con espacio de almacenamiento de los elementos de actividades educativas propuestas.

14.4.6 Expansión exterior

Objetivo: Espacio diseñado para ampliar las actividades de la biblioteca, funcionando tanto como área de lectura adicional como para la presentación independiente de obras. Se contempla la posibilidad de incluir gradas para actividades colectivas.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y puede estar conectado con la biblioteca y el auditorio.

Requerimientos: Debe contar con mobiliario adecuado según la propuesta que se plantea y una iluminación exterior apropiada para su uso durante el día y la noche. Su ubicación y diseño deben destacar la conexión con la Antártida, y debe incluir señalización informativa que lo explicita.

14.5 Zona de exposición interactiva

Esta área exhibe las piezas comunicacionales desarrolladas por las áreas transversales, diseñadas para transmitir el conocimiento mediante experiencias interactivas. Se enfatiza la interactividad para facilitar el diálogo entre el conocimiento y el visitante. A continuación, se detallan el objetivo, las conexiones con otros espacios y los requerimientos de cada uno de los espacios que componen esta zona.

14.5.1 Sala de exhibición permanente

Objetivo: Espacio destinado para el contenido principal del CVA, organizado en tres dimensiones interconectadas: Atmósfera, Geósfera e Hidrósfera. Cada dimensión incluye una pieza comunicacional central y espacio para las piezas complementarias.

Conexiones: Debe estar vinculada con el hall central por medio de cada pieza comunicacional central. Asimismo, cada dimensión debe estar conectada entre sí según el diagrama.

Requerimientos: Debe incluir áreas de descanso estratégicamente ubicadas a lo largo del recorrido. Dado el carácter dinámico de este espacio, debe ser configurado de manera flexible para adaptarse a diversas necesidades futuras. Además, las entradas de luz deben ser tamizadas para controlar adecuadamente la iluminación.

Es necesario que haya control de temperatura, humedad, iluminación y seguridad. También el espacio debe tener las condiciones técnicas y tecnológicas para garantizar el funcionamiento y preservación de la muestra. Se debe asegurar que las paredes puedan soportar la instalación de varias piezas, utilizando por ejemplo doble emplacado de Durlock, y que los elementos de lucha contra incendios estén estratégicamente ubicados para no obstruir las paredes de exposición. Por último, se deben considerar los requerimientos que surjan de las piezas comunicacionales propuestas.

14.5.2 Sala de exhibición temporaria

Objetivo: Espacio versátil para adaptarse a diferentes circunstancias, facilitando exposiciones con períodos cortos de duración.

Conexiones: Debe estar vinculada con el hall central por medio de al menos un acceso directo.

Requerimientos: Dado el carácter dinámico de este espacio, debe ser configurado de manera flexible para adaptarse a diversas necesidades futuras. Además, las entradas de luz deben ser tamizadas para controlar adecuadamente la iluminación.

Es necesario que haya control de temperatura, humedad, iluminación y seguridad. También el espacio debe tener las condiciones técnicas y tecnológicas para garantizar el funcionamiento y preservación de la muestra. Se debe asegurar que las paredes puedan soportar la instalación de varias piezas, utilizando por ejemplo doble emplacado de Durlock, y que los elementos de lucha contra incendios estén estratégicamente ubicados para no obstruir las paredes de exposición.

14.5.3 Salas satélite

Objetivo: Espacios que albergan las piezas comunicacionales concluyentes que corresponden a propuestas de intervención integral que abarcan todas las dimensiones y núcleos narrativos.

Conexiones: Puede estar contenido dentro del Hall central o en relación directa.

Requerimientos: Dado el carácter dinámico de este espacio, debe ser configurado de manera flexible para adaptarse a diversas necesidades futuras.

Es necesario que haya control de temperatura, humedad, iluminación y seguridad. También el espacio debe tener las condiciones técnicas y tecnológicas para garantizar el funcionamiento y preservación de la muestra. Se debe asegurar que las paredes puedan soportar la instalación de varias piezas, utilizando por ejemplo doble emplacado de Durlock, y que los elementos de lucha contra incendios estén estratégicamente ubicados para no obstruir las paredes de exposición. Por último, se deben considerar los requerimientos que surjan de las piezas comunicacionales propuestas.

14.5.4 Expansión exterior

Objetivo: Espacio diseñado para la exhibición de esculturas u otras instalaciones artísticas relacionadas con la temática del CVA. Este espacio puede ampliar tanto las exhibiciones permanentes como temporarias, así como estar vinculado al hall de entrada principal. En caso de estar vinculado al acceso al centro, podría funcionar como un espacio de muestra temporal similar a la explanada del Museo de Arte Latinoamericano de Buenos Aires (MALBA).

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall central y/o desde las salas de exhibición.

Requerimientos: Debe contar con las instalaciones necesarias para la exhibición de obras artísticas y una iluminación exterior que permita su apreciación diurna y nocturna.

14.5.5 Depósito y Área técnica

Objetivo: Espacio destinado a alojar las piezas comunicacionales en refacción/modificación o fuera de exposición momentánea, piezas de muestras temporales y el área técnica para el control de las muestras.

Conexiones: Se debe poder acceder desde el exterior por medio de un acceso restringido. En el interior el acceso debe ser desde el hall central y desde las salas de exhibición.

Requerimientos: Fácil acceso, espacio amplio y libre de obstáculos, control medioambiental, medidas de seguridad adecuadas y condiciones técnicas para la correcta conservación y manejo de las piezas.

14.6 Zona de administración

Corresponde a la zona de carácter privado del centro que comprende los espacios destinados a la gestión administrativa. A continuación, se detallan el

objetivo, las conexiones con otros espacios y los requerimientos de cada uno de los espacios que componen esta zona.

14.6.1 Hall de acceso

Objetivo: Espacio privado diseñado para el acceso independiente a la zona de administración.

Conexiones: Debe ofrecer acceso directo al exterior y conectar con todos los espacios de la zona de administración. También debe contar con un acceso al hall central.

Requerimientos: Debe ser un espacio abierto que incluya un vestíbulo (hall frío) como único acceso público.

14.6.2 Sala de reuniones

Objetivo: Espacio para coordinar actividades, Debe estar disponible para el Comité Académico Asesor, proporcionando un lugar de trabajo en caso de modificaciones sobre el contenido expuesto o a exponer.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se debe permitir su acceso, de manera restringida, desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Debe estar equipada con un sistema de videoconferencia y proyección.

14.6.3 Sala de monitores

Objetivo: Espacio destinado para el uso de monitores que trabajan en los turnos de atención al público. Debe contar con un área de descanso y servir como espacio de capacitación.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se debe permitir su acceso, de manera restringida, desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Debe contar con espacio de guardado particular para el personal.

14.6.4 Oficina administrativa

Objetivo: Espacio multifuncional para la dirección, organización y promoción del CVA. Debe proponer un área colaborativa tipo cowork para el equipo administrativo, así como una oficina privada para el director o el administrativo superior.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se debe permitir su acceso, de manera restringida, desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Debe incluir áreas de trabajo colaborativo y privado, así como espacio de almacenamiento para documentos y materiales. También debe contar con equipamiento tecnológico adecuado. Es necesario que el espacio tenga buena iluminación natural y artificial y muebles ergonómicos para asegurar un ambiente de trabajo cómodo.

14.6.5 Servicios

Objetivo: Dar los servicios esenciales necesarios para el área administrativa del CVA, incluyendo servicios sanitarios y una kitchenette con espacio para comedor.

Conexiones: Debe ser accesible desde el hall de acceso de esta zona y estar ubicada en proximidad con los demás espacios de la misma. Además, se debe permitir su acceso, de manera restringida, desde el hall central a través del hall de acceso de esta zona u otra circulación.

Requerimientos: Contar con servicios sanitarios suficientes, incluyendo baño universal. Contar con kitchenette con la instalación adecuada para la instalación de los electrodomésticos básicos.

Recomendaciones

A lo largo de todo el proceso transitado para llevar adelante este proyecto, se fueron generando una serie de ideas que se sintetizan en este acápite a modo de recomendaciones para considerar en la creación del futuro CVA.

Entendiendo el valor de la Antártida como regulador del clima mundial como así también por la unicidad de su riqueza ambiental tanto terrestre como marina y por su conexión con Tierra del Fuego, el CVA cuenta con una posibilidad singular de ofrecer un espacio de reflexión y conocimiento para su cuidado y conservación.

Asimismo, en virtud de que Argentina es miembro signatario original y activa Parte Consultiva del Tratado Antártico y debido a su tradición como país antártico, el CVA debería promover los principios de investigación científica y cooperación. En este caso, se cuenta con relevantes resultados de investigación de la ciencia argentina.

Teniendo en cuenta la importancia de los centros de visitantes como agentes de divulgación de los valores de la sociedad, se considera fundamental que desde el CVA se contribuya para la toma de conciencia de la sociedad y, de esta manera, desarrollar prácticas más sustentables y amigables con el ambiente.

A) Recomendaciones respecto de la conducta ambiental

En primer lugar, el CVA debería ser construido siguiendo criterios de sustentabilidad, contribuyendo a la implementación de medidas relevantes para reducir la huella de carbono. Debería prestar especial atención al uso racional de la energía y el agua, la separación de residuos y el reciclado de materiales, entre otros. Asimismo, es importante promover el uso de materiales que no sean descartables ni de plástico dado que, incluso los biodegradables, requieren condiciones específicas para su degradación que no se dan en Ushuaia.

Garantizar que las actividades que se lleven adelante en el centro generen responsabilidad y conciencia sobre el quehacer cotidiano y el impacto de las actividades humanas. En consecuencia, sería de interés que el centro se convirtiera en un espacio de referencia en términos de desarrollo sustentable.

B) Recomendaciones respecto de la accesibilidad

Si bien se ha dedicado un capítulo a la accesibilidad, nos interesa destacar que el diseño del centro debería garantizar las posibilidades de participación en igual medida para todos los usuarios independientemente de su condición.

C) Recomendaciones respecto de la vinculación con establecimientos educativos

El centro debería generar vinculaciones con los establecimientos educativos de la provincia, promoviendo y garantizando el libre acceso de estudiantes y educadores. Además, debería desarrollar actividades de distinta índole para que el centro sea reconocido como un espacio óptimo para despertar inquietudes y posibilitar el acercamiento al conocimiento de la Antártida.

D) Recomendaciones respecto de la vinculación con la comunidad local

Contar con un CVA debería promover la visita de los residentes de la localidad y de la provincia como una forma de conocer el espacio donde se vive. En este sentido, sería oportuno que el centro brindara programas especiales de vinculación con los residentes, por ejemplo, mediante prácticas culturales de proximidad, que permitan despertar el interés por el cuidado de uno mismo y de la comunidad.

A partir de una oferta variada en las propuestas, el centro podría convertirse en un lugar de visita recurrente para la población residente. De esta manera, el CVA funcionaría como una expansión de la Antártida, integrándola a la vida cotidiana de los ciudadanos. Con el objeto de impulsar la visita periódica, se sugiere trabajar en distintas muestras y/o diferentes actividades que contemplen la relación entre el arte y la ciencia.

Por otro lado, sería importante que el centro contratara para su construcción como así también para la provisión de bienes y servicios a mano de obra y emprendedores locales. En este sentido, resultaría de interés que los productos que se comercialicen en el CVA cuenten con una etiqueta que indique su trazabilidad para incentivar la industria local y también como una forma de promoción de la misma.

E) Recomendaciones respecto de la gestión del centro

En primer lugar, se recomienda la conformación de un Comité Académico Asesor integrado por los miembros que elaboraron el presente proyecto y que provienen del ámbito de la UNTDF, IAA y CONICET. Este Comité velará por los contenidos y las estrategias comunicacionales para su implementación. Además, garantizará que se sostengan los valores fundacionales del CVA y evaluar los cambios que se pretendan realizar.

En segundo lugar, se debería llamar a un concurso para presentación de propuestas para la creación del CVA. El jurado evaluador tendría que estar integrado por miembros del Comité Académico Asesor, además de los especialistas de las distintas disciplinas requeridas para su evaluación.

Se considera de suma importancia la locación del edificio, es fundamental que se pueda construir desde un lugar con vistas hacia el Canal Beagle y así integrar el ambiente marino que permita establecer las conexiones de la Antártida con Tierra del Fuego.

Con el fin de incluir las distintas nacionalidades en la totalidad de la propuesta que se lleve adelante, se recomienda contar como idiomas de base el español y el inglés y luego proveer mediante algún tipo de dispositivo electrónico el relato en distintos idiomas, dando prioridad a los siguientes (de acuerdo a las nacionalidades mayoritarias que nos visitan): portugués, chino, alemán, francés, italiano, entre otros.

Para los espacios comunes que ofrezcan algún servicio como tiendas de recuerdos, cafetería, etc., se sugiere su ambientación siguiendo la estética de las instalaciones antárticas.

Por último, sería conveniente contar con la habilitación para montar una estafeta postal que, además de cumplir su función de correo, también desempeñe el rol de tienda filatélica dado que esta práctica es muy común entre los visitantes antárticos. Asimismo, podría despertar la inquietud del coleccionista entre los neófitos en el tema, más allá de vincular a los coleccionistas locales con los extranjeros.

A modo de ejemplo se presenta una lista de ítems para considerar como un decálogo de buenas prácticas:

- 1- Reducir el consumo de los bienes finitos, tales como, el agua, la energía (explicar cuánto hay y para cuánto tiempo duraría)
- 2- Reciclar todo lo reciclable; haga compost
- 3- Pensar antes de comprar: ¿necesito realmente esto?

- 4- Reducir el uso de bienes descartables (agregar el tiempo que permanece en el ambiente antes de degradarse)
- 5- Consumir preferentemente alimentos producidos en cercanía
- 6- Elegir productos no sujetos a obsolescencia programada
- 7- Priorizar el uso de energía limpia (renovable y sustentable)
- 8- Observar, conocer y aprender sobre el ambiente que me rodea: no se ama lo que no se conoce
- 9- Participar en la educación ambiental: Educarse a uno mismo y a otros sobre la importancia de la conservación y las prácticas sostenibles. Participar en actividades y movimientos que promuevan la protección ambiental.
- 10- Apoyar políticas y legislaciones ambientales: Participar en la toma de decisiones ambientales a nivel local, nacional e internacional.

ANEXO TALLERES

Taller híbrido 11-dic-2023	436
Minuta	
Invitación	
Mail de convocatoria para la participación	
Lista de participantes	
Fotos	
Gacetilla de prensa	
Taller presencial 18, 19 y 20-abr-2024	443
Minuta	
Invitación	
Mail de convocatoria para la participación	
Lista de participantes	
Fotos	
Gacetilla de prensa	
Taller presencial 4, 5 y 6-abr-2024	457
Minuta	
Invitación	
Mail de convocatoria para la participación	
Lista de participantes	
Fotos	
Gacetilla de prensa	

Taller híbrido “Centro de Visitantes Antártico” 11 de diciembre de 2023 Ushuaia

Minuta

La reunión se llevó a cabo el día 11 de diciembre de 2023 a las 09:00 y tuvo una duración de dos horas. El lugar de encuentro fue la UNTDF, en un salón ubicado en el primer piso del edificio que cuenta con conexión a internet y cañón para poder realizar la conexión remota con los expertos residentes en Buenos Aires. Se preparó una invitación y se enviaron mails para convenir una fecha en la que todos pudiesen participar. Se prepararon materiales impresos con el esquema de trabajo propuesto y un cronograma tentativo para la planificación a lo largo de la duración del proyecto. También se organizó una mesa de café.

Participaron de la reunión la totalidad de los involucrados en el proyecto (ver lista adjunta). Se propuso el eje de la reunión que fue planificado por la coordinadora general y el co-coordinador del proyecto según se presenta en la Tabla 1. Cabe destacar la presencia de dos representantes del INFUETUR en el Taller. Se adjunta un powerpoint de presentación general del proyecto.

Se adquirió una licencia de zoom para poder grabar el Taller. La grabación del mismo se subió a un drive que se comparte con la totalidad de los participantes y con las representantes del INFUETUR. Se incluyen imágenes del Taller y de la gacetilla de prensa en formato Instagram.

En principio, se presentó el esquema de trabajo para el Taller (se adjunta a continuación). En función de ello, se comenzó con la discusión sobre el eje temático para la organización de los contenidos, cada experto de las diferentes áreas temáticas expresó las cuestiones centrales vinculadas con su tema de trabajo, de esta manera y luego de una primera ronda de intervención, se identificó como eje articulador las conexiones entre la Antártida y Tierra del Fuego que se consensuó entre todos. Seguidamente, se integraron las áreas transversales planteando dudas sobre los contenidos centrales que fueron despejadas por los expertos.

El Taller continuó mediante la presentación de distintas ideas para pensar en cómo comunicar los contenidos. Se recordó que en el drive compartido se encuentran distintos ejemplos y carpetas con contenidos desarrollados para otros centros, también se propuso sumar carpetas con literatura específica de cada tema. Se destaca el interés en la participación como así también la gran experiencia de todos los involucrados que han nutrido de manera significativa los intercambios.

Con posterioridad, el Taller se centró en cuestiones de tipo organizacionales, se consensuó el cronograma de trabajo y se definió la fecha del siguiente Taller de carácter presencial. Para ello se convino que la fecha debía ser a comienzos del mes de abril dado que algunos expertos estarán en la campaña antártica de verano. Además, se confirmó el interés de mantener las reuniones periódicas virtuales para compartir los avances de los trabajos, así como dudas, propuestas, etc.

Por otra parte, se preparó un documento con el esquema de organización del primer informe de avance.

Centro de Visitantes Antártico

Taller híbrido

Diciembre 2023

Organización

1. Presentación de los participantes
2. Objetivo del encuentro:
 - Identificar un eje temático para articular los contenidos de las cuatro áreas temáticas a desarrollar
 - a. Ciencias de la Tierra (geología y glaciología)
 - b. Ciencias de la Atmósfera
 - c. Ciencias de la Vida (bioecología y cambio climático)
 - d. Ciencias Sociales y Humanidades (historia y política, aspectos sociales)

Resultado esperado del Taller (tarea 1): documento con el resumen de la información y de las contribuciones realizadas por los expertos.

Esquema sintético de uso interno del equipo de trabajo.

3. Presentación del cronograma de trabajo
4. Identificación del eje temático para el ordenamiento y organización de los contenidos
5. Definición del esquema para la presentación del informe
6. Consensuar mecanismos de trabajo (periodicidad de las reuniones, formas de comunicación, fecha del siguiente taller, etc.)
7. Preguntas

Invitación cursada a los participantes



INVITACIÓN

Taller híbrido

Proyecto
Centro de Visitantes Antártico

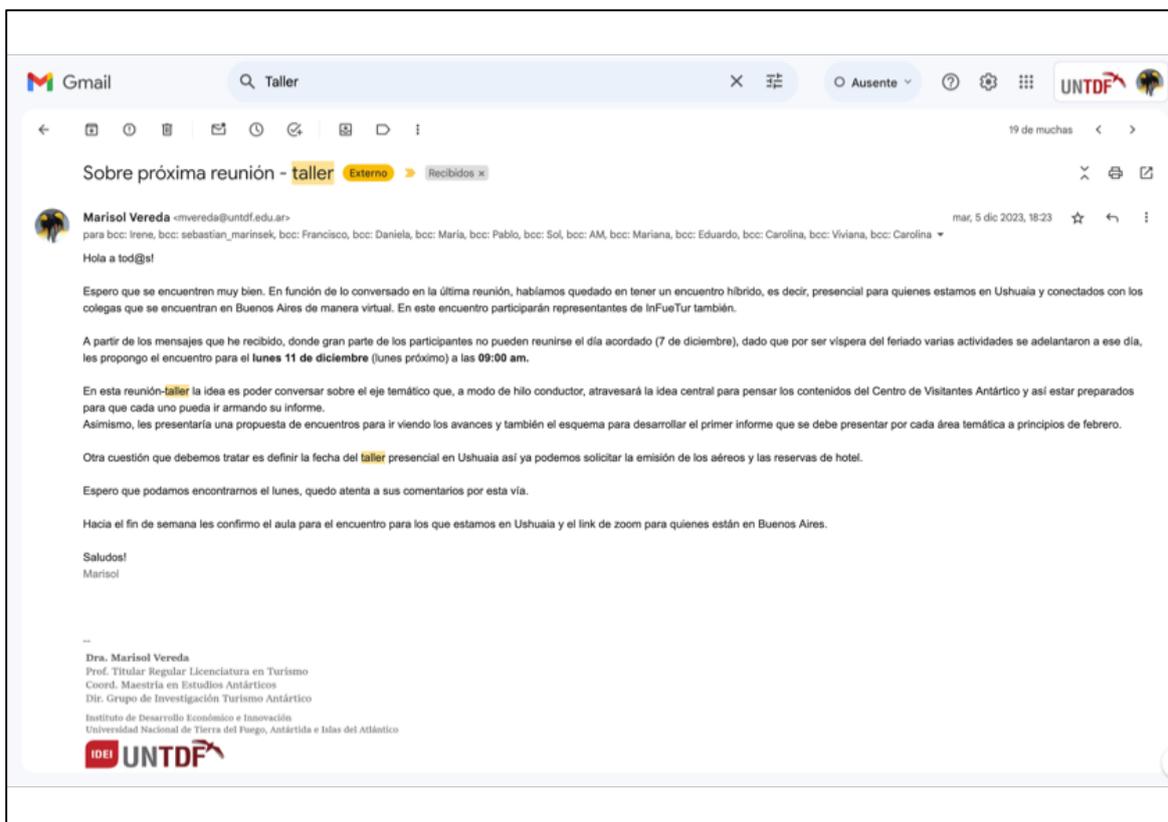
INFUETUR - UNTDF - CFI

11 de diciembre de 2023

09:30 horas en el campus de la UNTDF
(Yrigoyen 879), primer piso

¡Los esperamos!

Mail enviado a los participantes para la convocatoria al taller



Gmail Taller Ausente UNTDF

19 de muchas

Sobre próxima reunión - taller Externo Recibidos x

Marisol Vereda <mvereda@untdf.edu.ar> para bcc: Irene, bcc: sebastian_marinsek, bcc: Francisco, bcc: Daniela, bcc: María, bcc: Pablo, bcc: Sol, bcc: AM, bcc: Mariana, bcc: Eduardo, bcc: Carolina, bcc: Viviana, bcc: Carolina mar, 5 dic 2023, 18:23

Hola a tod@s!

Espero que se encuentren muy bien. En función de lo conversado en la última reunión, hablamos quedado en tener un encuentro híbrido, es decir, presencial para quienes estamos en Ushuaia y conectados con los colegas que se encuentran en Buenos Aires de manera virtual. En este encuentro participarán representantes de InFueTur también.

A partir de los mensajes que he recibido, donde gran parte de los participantes no pueden reunirse el día acordado (7 de diciembre), dado que por ser víspera del feriado varias actividades se adelantaron a ese día, les propongo el encuentro para el **lunes 11 de diciembre** (lunes próximo) a las **09:00 am**.

En esta reunión-**taller** la idea es poder conversar sobre el eje temático que, a modo de hilo conductor, atravesará la idea central para pensar los contenidos del Centro de Visitantes Antártico y así estar preparados para que cada uno pueda ir armando su informe.

Asimismo, les presentaría una propuesta de encuentros para ir viendo los avances y también el esquema para desarrollar el primer informe que se debe presentar por cada área temática a principios de febrero.

Otra cuestión que debemos tratar es definir la fecha del **taller** presencial en Ushuaia así ya podemos solicitar la emisión de los aéreos y las reservas de hotel.

Espero que podamos encontrarnos el lunes, quedo atenta a sus comentarios por esta vía.

Hacia el fin de semana les confirmo el aula para el encuentro para los que estamos en Ushuaia y el link de zoom para quienes están en Buenos Aires.

Saludos!
Marisol

...
Dra. Marisol Vereda
Prof. Titular Regular Licenciatura en Turismo
Coord. Maestría en Estudios Antárticos
Dir. Grupo de Investigación Turismo Antártico
Instituto de Desarrollo Económico e Innovación
Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico

UNDF

Taller híbrido

Lista de participantes

Marisol Vereda
Coordinadora general
Presencial

Pablo G. Fontana
Co-Coordinador
Presencial

Áreas temáticas

Eduardo Olivero
Experto Ciencias de la Tierra (Geología)
Presencial

Sebastián Marinsek
Experto Ciencias de la Tierra (Glaciología)
Remoto

Adriana María Gulisano
Ciencias de la Atmósfera
Remoto

Viviana Alder
Ciencias de la Vida (Bioecología)
Remoto

Irene Schloss
Ciencias de la Vida (Cambio Climático)
Presencial

Mariana Morgavi
Ciencias Sociales y Humanidades
Presencial

Áreas transversales

Carolina Cohen
Cartografía
Presencial

Sol Cófreces
Ilustradora
Presencial

Francisco González
Medios audiovisuales
Presencial

Daniela Stagnaro
Lineamientos educativos
Presencial

María Eugenia Raffi
Vinculación Ciencia-Comunicación
Presencial

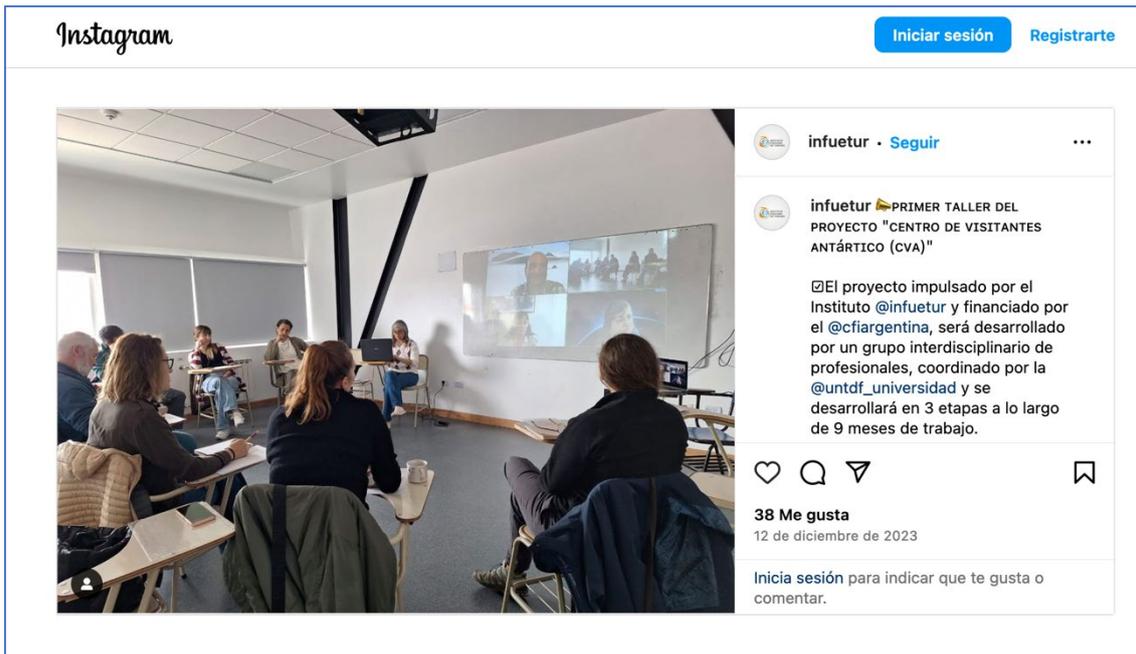
INFUETUR

María Victoria Ojeda
Carolina Ojeda

Fotos taller híbrido



Gacetilla de prensa publicada sobre el taller híbrido realizado



PRIMER TALLER DEL PROYECTO "CENTRO DE VISITANTES ANTÁRTICO (CVA)"

El proyecto impulsado por el Instituto [@infuetur](#) y financiado por el [@cfiargentina](#), será desarrollado por un grupo interdisciplinario de profesionales, coordinado por la [@untdf universidad](#) y se desarrollará en 3 etapas a lo largo de 9 meses de trabajo.

Personal de la Dirección de Planificación y Desarrollo Turístico del Instituto participó del primer taller híbrido (presencial-virtual) junto con la [@untdf universidad](#)

La propuesta surge como respuesta a la necesidad de interpretar los temas relacionados con la Antártida desde distintas dimensiones (natural, histórica, social, simbólica, política) y, a su vez, vincularlos con Tierra del Fuego destacando su rol como puerta de entrada del turismo marítimo.

Esta posibilidad permitirá poner en valor las actuaciones de nuestro país sobre la Antártida destacando su liderazgo en la investigación científica y la cooperación, contribuyendo con los principios del Tratado Antártico, del cual es signatario original.

La creación del CVA en Ushuaia, se encuentra contemplada en el Plan Estratégico de Turismo Sustentable 2025 y será planteada en futuras instancias, trabajando en la primera etapa en el contenido y herramientas.

Desde el Instituto destacaron el inicio de este trabajo para el turismo antártico desde el rol que cumple en Ushuaia como puerta de entrada a la Antártida.

Taller presencial "Centro de Visitantes Antártico"

18, 19 y 20 de abril de 2024 Ushuaia

Minuta

El taller presencial “Centro de Visitantes Antártico” se realizó los días 18, 19 y 20 de abril en el Salón de Usos Múltiples del In.Fue.Tur. Las facilidades para la realización del Taller fueron provistas por el In.Fue.Tur y la organización por los coordinadores generales.

El taller fue de trabajo intensivo, permaneciendo en el espacio del encuentro a lo largo de las jornadas previstas en las que participaron la totalidad de expertos y coordinadores junto con personal del In.Fue.Tur.

Cada experto realizó una presentación de su tema haciendo énfasis en lo que se quiere comunicar como idea/s central/es. Las presentaciones fueron muy claras, con gran profusión de imágenes, pretendiendo ser lo más claras posible para facilitar la interpretación y así posibilitar el desarrollo de las estrategias más oportunas para ser comunicadas.

Las presentaciones de cada área temática tomaron aproximadamente 45 minutos cada una, seguidas de una ronda de intervenciones, donde tuvieron lugar preguntas, intercambio de ideas, reflexiones, etc.

Se trabajó en los núcleos narrativos que habían sido definidos en encuentros anteriores. A lo largo de su exposición cada experto fue destacando en qué núcleo/s narrativo/s se ubica su tema y su propuesta y con cuál/es otro/s se vincula.

Los núcleos narrativos trabajados en reuniones anteriores fueron los siguientes:

Núcleo narrativo 1: Jurásico 160/170 millones de años. A modo introductorio.

Núcleo narrativo 2: Pre-condición actual, 3 forestas bien definidas:

-Subtropical (90 a 80 Ma)

-Templada cálida (80 a 40 Ma)

-Templada fría (40-34 Ma) (similitudes bióticas, foresta fósil del Paleógeno de la Antártida y el bosque andino patagónico actual)

Núcleo narrativo 3: La Antártida y el hielo

Núcleo narrativo 4: La llegada de los humanos a la Antártida llegada

Núcleo narrativo 5: La Antártida del futuro

De todas maneras, a partir de las ideas desarrolladas en el taller, se agregó como tema “tectónica de placas” para incorporar en el primer núcleo narrativo que, además, atravesará el resto de los núcleos. También se propusieron nuevos nombres para cada núcleo, tal como resulta en el informe presentado oportunamente y en este informe final.

Una vez finalizadas las presentaciones de los expertos de las áreas temáticas, los expertos de las áreas transversales compartieron percepciones, ideas y propuestas *a priori*. Luego, en otro momento de reunión plenaria, se compartieron las notas de los expertos de

las áreas transversales, definiendo tres dimensiones para el tratamiento y articulación de los núcleos temáticos: Atmósfera, Geósfera e Hidrósfera.

**Centro de Visitantes Antártico
Taller presencial I
Abril 2024**

Organización

Jueves por la tarde

14:00 a 17:00

Presentaciones de las áreas temáticas de Geología y Glaciología.

Viernes por la mañana

09:00 a 12:00

Presentaciones de las áreas temáticas de Ciencias de la Atmósfera y Bioecología.

Viernes por la tarde

13:00 a 17:00

Presentaciones de las áreas temáticas de Cambio Climático y Ciencias Sociales y Humanidades.
Trabajo entre áreas para definir las mejores maneras de comunicar lo planteado en cada núcleo narrativo, formas de relación entre los núcleos, etc.

Sábado por la mañana:

09:00 a 12:00

Trabajo entre áreas y en plenario y también espacio de consultas.

Recapitulación de lo abordado en las jornadas anteriores.

Presentación de las notas tomadas y trabajadas por las áreas transversales.

Organización para la elaboración del siguiente informe.

Invitación cursada a los participantes del I taller presencial

INVITACIÓN

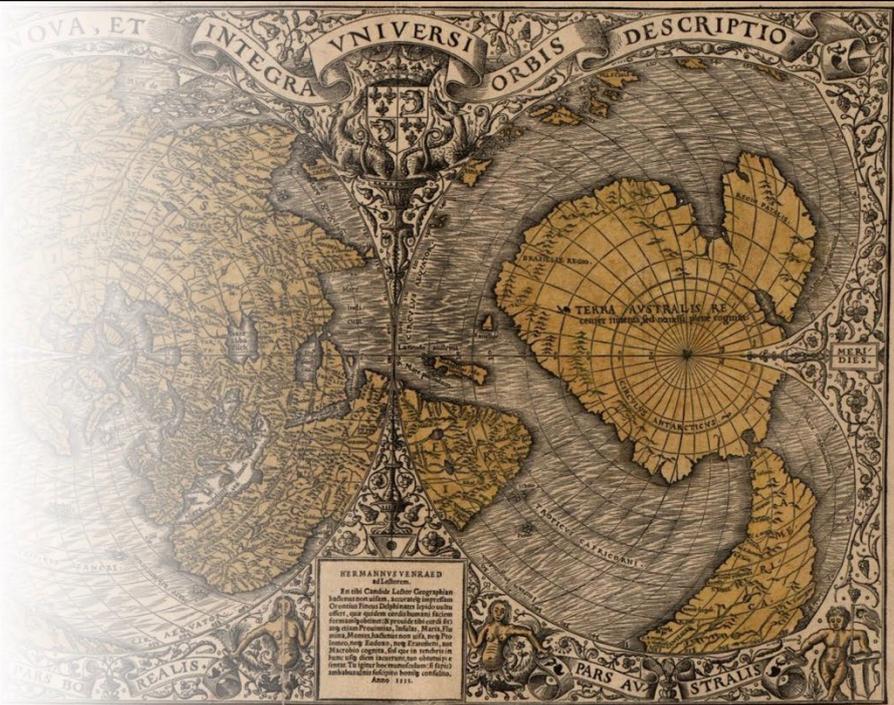
TALLER PRESENCIAL

Proyecto Centro de Visitantes Antártico

Jueves 18 abril: 14 a 17 hs.
Viernes 19 abril: 09 a 17 hs.
Sábado 20 abril: 09 a 12 hs.

Auditorio INFUETUR
H. Yrigoyen y Paseo de la Mujer
Ushuaia

INFUETUR - UNTDF - CFI



Mail enviado a los participantes para la convocatoria al I taller presencial

Invitación taller presencial Externo Recibidos x

 **Marisol Vereda** <mvereda@untdf.edu.ar> dom, 14 abr, 18:23

para Irene, Sebastián, Francisco, Daniela, María, Pablo, Sol, AM, Mariana, Eduardo, Carolina, Viviana, Victoria, arquitectura.infuetu

Estimados expertos:

Les envío la **invitación** para el taller presencial que tendrá lugar próximamente, entre los días 18, 19 y 20 de abril.

El documento con la organización del taller se encuentra en el drive en el que trabajamos y fue enviado por esta vía la semana pasada.

Esperando nuestra reunión para continuar trabajando, los saludamos muy atentamente,

Pablo y Marisol

INVITACIÓN

TALLER PRESENCIAL

Proyecto Centro de Visitantes Antártico

Jueves 18 abril: 14 a 17 hs.
Viernes 19 abril: 09 a 17 hs.
Sábado 20 abril: 09 a 12 hs.

Auditorio INFUETUR
H. Yrigoyen y Paseo de la Mujer
Ushuaia

INFUETUR - UNTDF - CFI



Taller presencial I

Lista de participantes

Marisol Vereda
Coordinadora general
Presencial

Pablo G. Fontana
Co-Coordinador
Presencial

Áreas temáticas

Eduardo Olivero
Experto Ciencias de la Tierra (Geología)
Presencial

Sebastián Marinsek
Experto Ciencias de la Tierra (Glaciología)
Remoto

Adriana María Gulisano
Ciencias de la Atmósfera
Remoto

Viviana Alder
Ciencias de la Vida (Bioecología)
Remoto

Irene Schloss
Ciencias de la Vida (Cambio Climático)
Presencial

Mariana Morgavi
Ciencias Sociales y Humanidades
Presencial

Áreas transversales

Carolina Cohen
Cartografía
Presencial

Sol Cófreces
Ilustradora
Presencial

Francisco González
Medios audiovisuales
Presencial

Daniela Stagnaro
Lineamientos educativos
Presencial

María Eugenia Raffi
Vinculación Ciencia-Comunicación
Presencial

INFUETUR

María Victoria Ojeda
Carolina Ojeda
Griselda Mastropierro
María Julia Chiesa

Fotos I taller presencial





Gacetilla de prensa del I taller presencial realizado



Universidad Nacional de Tierra del Fuego,
Antártida e Islas del Atlántico Sur

SIU GUARANI | Intranet

f i t y u

Institucional | Institutos | Estudiantes | Ingresantes | Carreras | Posgrado | Extensión | Investigación

- USHUAIA - | - RÍO GRANDE -

Sábado 03 de Agosto de 2024
18:22 horas

TODAS LAS NOTICIAS

24 de abril de 2024

Un equipo de expertos crea los contenidos para el proyecto Centro de Visitantes Antártico



Tierra del Fuego cuenta con una posición relevante como centro turístico nacional e internacional. En particular, destaca su papel como puerta de entrada al Continente Blanco. Con el objetivo de seguir capitalizando esta situación, el Instituto Fueguino de Turismo promueve la creación del Centro de Visitantes Antártico (CVA), contando con el apoyo de distintas instituciones. Este proyecto es financiado por el Consejo Federal de Inversiones (CFI) con el objetivo común de dar a conocer el involucramiento y compromiso de nuestro país respecto del sector antártico.

Desde el 18 al 20 de abril se celebró un taller que reunió expertos en temáticas antárticas y de áreas audiovisuales y educativas con el fin de continuar trabajando en el proyecto de generación de contenidos para un Centro de Visitantes Antártico.

El desarrollo de este Centro de Visitantes Antártico se encuentra contemplado en el Plan Estratégico de Turismo Sustentable 2025; por tal motivo, InfueTur convocó a la UNTDF para llevar adelante un proyecto cuya finalidad es la elaboración de propuestas de contenidos y estrategias comunicacionales para diseñar actividades que redunden en experiencias significativas que sirvan de base para la futura creación de este Centro.

Desde el mes de diciembre de 2023, un equipo multidisciplinar conformado por expertos que cubren distintas áreas temáticas y transversales, de la UNTDF y del Instituto Antártico Argentino, se encuentran trabajando aportando su conocimiento y experiencia.

Durante el trabajo en el Taller se presentaron temas centrales para desarrollar, se jerarizaron contenidos y se definió el eje temático. Asimismo, se deliberó sobre las estrategias más oportunas con el objeto de alcanzar una efectiva comunicación y experiencias significativas, poniendo en relieve las conexiones existentes entre Tierra del Fuego y la Antártida desde distintas perspectivas. El proyecto finalizará en el mes de agosto con la presentación al INFUETUR de una propuesta novedosa y atractiva basada en los resultados que proporciona la investigación científica y los medios audiovisuales como estrategia creativa para contribuir con la difusión y educación de visitantes y población residente.

AGENDA

- DESTACADA -

11

» 11 de DICIEMBRE
Constitución de mesas exámenes finales

CALENDARIO ACADÉMICO

20 25

» 20 al 25 FEBRERO
Constitución de mesas de exámenes finales 2° llamado turno febrero

13 15

» 13 al 15 FEBRERO
Inscripción exámenes finales libres, regulares y complementarios 2° llamado turno febrero

IR AL CALENDARIO

Seguinos en Facebook



Universidad Nacional de Tierra del Fuego,
Antártida e Islas del Atlántico Sur

RÍO GRANDE - Thorne 302 | CP 9420 | +54 2964 433-928 | Campus Río Grande
USHUAIA - Fuegia Basket 251 | CP 9410 | +54 2901 437864 - 437874- 432403 | Rectorado
Yngoyen 879 | CP 9410 | +54 2901 440-853 | Campus Ushuaia

f i t y u

Taller presencial “Centro de Visitantes Antártico” 4, 5 y 6 de julio de 2024 Ushuaia

Minuta

Una vez presentado el segundo informe de avance con el diseño de piezas comunicacionales y de lineamientos educativos en el mes de junio, los participantes del grupo de trabajo de las áreas transversales continuaron con las reuniones presenciales para presentar lo volcado en el informe de avance 2 en el taller presencial.

En el mes de julio, durante 3 jornadas, se llevó adelante el taller presencial. Este taller fue organizado por los coordinadores del proyecto contando con el apoyo del In.Fue.Tur para la facilitación del espacio, la provisión del equipamiento necesario (cañón, pantalla, notebook, rotafolios) y la contratación del servicio de *catering*.

Del taller participaron todos los expertos tanto los de las áreas temáticas como los de las áreas transversales quienes, junto con los encargados de la coordinación y con las representantes del In.Fue.Tur., contribuyeron con el intercambio de ideas respecto de las presentaciones de las piezas comunicacionales y los lineamientos educativos.

Cabe destacar que con este taller se cumple con la “Etapa IV, Tarea 6 Taller presencial de integración de contenidos y propuesta de piezas comunicacionales y lineamientos educativos”.

En primer lugar, cada experto de las áreas transversales expuso mediante una presentación *powerpoint* su tema, haciendo énfasis en las ideas y mensajes centrales que se consideraban prioritarios para comunicar (ver las presentaciones en el drive compartido, carpeta “Presentación taller presencial julio”). A medida que se realizaban las presentaciones se intervenía para aclarar conceptos, proponer ideas, discutir formas de comunicación, etc. Durante dos días se trabajó en plenario y los expertos de las áreas transversales propusieron distintas actividades para realizar entre todos los participantes y así probar su viabilidad. Luego de las presentaciones, se trabajó en pequeños grupos para decidir qué temas había que revisar y/o agregar. Asimismo, se evaluó la pertinencia de las piezas comunicacionales propuestas y su relación con los contenidos considerados preeminentes presentados en el informe de avance 1.

En el marco del taller fueron invitadas autoridades del In.Fue.Tur y de la UNTDF. Se realizó una actividad donde cada experto expuso su parecer sobre la experiencia en la participación de este proyecto, así como también su opinión respecto de la importancia de la creación del CVA. Las autoridades manifestaron su interés en el trabajo realizado por los expertos, considerando que se trata de un aporte relevante para la futura concreción de este espacio.

Una vez concluido el taller, todas las áreas revisaron los trabajos realizados y se incorporaron nuevos acápite en función de las necesidades que se detectaron en esta

última instancia de encuentro. De esta manera, surge el informe final que se presenta donde se recopila el trabajo completo y revisado de este proyecto compilado en un solo volumen.

Centro de Visitantes Antártico
Taller presencial II
Julio 2024

Organización

Jueves por la tarde

14:00 a 17:00

Bienvenida a los participantes.

Comunicación de la organización del Taller.

Presentación de las propuestas de diseño de piezas comunicacionales y lineamientos educativos. Los expertos de las áreas transversales realizarán una presentación de las propuestas haciendo énfasis en el tipo de propuesta en virtud de los contenidos oportunamente seleccionados, jerarquizados y organizados en tres dimensiones: atmósfera, hidrósfera y geósfera. Para esta actividad se contará con toda la tarde del jueves para poder presentar con todo detalle las propuestas de diseño de piezas comunicacionales y de los lineamientos educativos. Asimismo, los participantes de las otras áreas podrán intervenir a medida que se avanza con la presentación para hacer consultas.

Se trabajará en la ubicación de los contenidos abordados en el informe de avance I.

Viernes por la mañana

09:00 a 12:00

Espacio para que las áreas temáticas discutan sobre la inclusión de otros contenidos para trabajarlos junto con las áreas transversales.

Viernes por la tarde

13:00 a 17:00

Durante la primera parte de la tarde se trabajará en el diseño de la estructura del informe final que se debe presentar a fines del mes de julio.

Posteriormente, el equipo de arquitectura del In.Fue.Tur presentará la propuesta que realizaron en función a las necesidades planteadas en los encuentros anteriores.

Sábado por la mañana

09:00 a 13:00

Se pasará en limpio lo trabajado en las jornadas previas.

Redactaremos las recomendaciones que se incorporarán al informe.

Se contará con la presencia del Presidente del InFueTur y del Rector de la UNTDF a los efectos de interiorizarse de los avances del grupo de trabajo y de establecer un diálogo con los expertos participantes del proyecto.

Asimismo, habrá un espacio para conocer la propuesta realizada por el equipo de trabajo de Francisco González de Medios Audiovisuales de la UNTDF sobre realidad virtual.

Invitación cursada a los participantes del II taller presencial



INVITACIÓN

TALLER PRESENCIAL

Proyecto Centro de Visitantes Antártico

Jueves 4 de julio: 14 a 17 hs.
Viernes 5 de julio: 09 a 17 hs.
Sábado 6 de julio: 09 a 12 hs.

Auditorio INFUETUR
H. Yrigoyen y Paseo de la Mujer

INFUETUR - UNTDF - CFI

Mail enviado a los participantes para la convocatoria al I taller presencial

Próximas actividades Externo Recibidos x

 **Marisol Vereda** <mvereda@untdf.edu.ar> 11 jun 2024, 14:15

para Irene, Sebastián, Francisco, Daniela, María, Pablo, Sol, AM, Mariana, Eduardo, Carolina, Viviana, Carolina

¡Hola a todos! Espero que se encuentren muy bien.

Le escribo a todo el grupo para comentarles que ya se presentó el segundo informe de avance correspondiente a las propuestas realizadas por el eje transversal. El envío se realizó en tiempo y forma de acuerdo a lo previsto. Lo van a poder ver en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1mUZhSzs62taRHVn0On7X7XUjPVUjP_Shn?usp=drive_link
¡Felicitaciones por un gran trabajo!

Nuestras actividades continúan tal cual las teníamos previstas en el cronograma del grupo. En este sentido, vamos a tener un próximo encuentro presencial los días jueves 4, viernes 5 y sábado 6 de julio, siguiendo la misma mecánica que en el taller anterior. Mañana miércoles escribiré al CFI solicitando los pasajes de los expertos de Buenos Aires (Vivi, Adri, Seba y Pablo).

Al InFueTur le vamos a solicitar el espacio, las noches de alojamiento y el catering.

La idea de trabajo para el taller es la siguiente:

- Los expertos del eje transversal realizarán las presentaciones sobre lo trabajado e informado en el archivo que se presentó al CFI.
- Asimismo, haremos aportes en función de lo presentado en el segundo informe de avance y de lo que surja durante el encuentro.
- Resultado esperado del taller: cerrar el proyecto. En esta reunión tendremos la oportunidad de incorporar y/o modificar lo que consideremos conveniente. Contamos con una excelente posibilidad de terminar esta etapa de trabajo que debemos presentar como informe final a fines del mes de julio. Entonces, sugiero que vayamos tomando nota de lo que pensemos que podamos agregar, modificar, etc., para ya tenerlo previsto al momento del taller.

Para los que nos son del eje transversal (a ellos ya se los compartí), les envío un enlace donde subí material de un lugar que acabo de visitar en Estocolmo, creo que tiene ideas interesantes que podemos tomar aunque me resultó un poco estática y tradicional la forma en que está presentado. Hay bastante material sobre cambio climático. Advertiré que las fotos y videos son super caseras..., solamente para ver algunas cuestiones. Enlace: https://drive.google.com/drive/folders/10vOHFAAUkXnIMtub4lbvjhTcnV3o_Trd?usp=drive_link

Les mando un gran saludo a todos y esperamos seguir trabajando en este proyecto que nos inspira tanto!

Cariños
Marisol

Taller presencial II

Lista de participantes

Marisol Vereda
Coordinadora general
Presencial

Pablo G. Fontana
Co-Coordinador
Presencial

Áreas temáticas

Eduardo Olivero
Experto Ciencias de la Tierra (Geología)
Presencial

Sebastián Marinsek
Experto Ciencias de la Tierra (Glaciología)
Remoto

Adriana María Gulisano
Ciencias de la Atmósfera
Remoto

Viviana Alder
Ciencias de la Vida (Bioecología)
Remoto

Irene Schloss
Ciencias de la Vida (Cambio Climático)
Presencial

Mariana Morgavi
Ciencias Sociales y Humanidades
Presencial

Áreas transversales

Carolina Cohen
Cartografía
Presencial

Sol Cófreces
Ilustradora
Presencial

Francisco González
Medios audiovisuales
Presencial

Daniela Stagnaro
Lineamientos educativos
Presencial

María Eugenia Raffi
Vinculación Ciencia-Comunicación
Presencial

INFUETUR

María Victoria Ojeda
Carolina Ojeda
Griselda Mastropierro
María Julia Chiesa

Fotos del II taller presencial



Foto tomada durante una de las jornadas de trabajo



Foto tomada durante la realización de actividades propuestas por los expertos de ejes transversales



Foto tomada durante la visita de las autoridades del In.Fue.Tur y de la UNTDF



Grupo completo de expertos y participantes del In.Fue.Tur.

Gacetillas de prensa

Se realizaron dos comunicaciones institucionales sobre el II taller presencial. Por un lado, la UNTDF preparó un video que se publicó en las redes (se adjunta captura de pantalla y enlace para su visualización). Por otro lado, el In.Fue.Tur. publicó una noticia que se comparte debajo, junto con su texto completo.



Captura de pantalla del video comunicacional de la UNTDF en canal de youtube de la universidad

Enlace:<https://www.youtube.com/watch?v=YP8cMsXWOAU>



Publicación In.Fue.Tur. (captura de pantalla de la noticia (arriba) y texto completo (debajo)).

[infuetur](#)

2 sem

📍 Taller Presencial Proyecto "Centro de Visitantes Antárticos (CVA)"

👉 El [@infuetur](#) concretó el segundo Taller presencial que reunió a los expertos en temáticas antárticas y de áreas audiovisuales y educativas con el objetivo de darle un cierre a la primera etapa que corresponde a la generación de contenidos para CVA.

☑ El mismo es financiado por el [@cfiargentina](#) y coordinado por la [@untdf_universidad](#) para la elaboración de propuestas de contenidos y estrategias comunicacionales para diseñar actividades que redunden en experiencias significativas en este Centro.

👉 Participaron en este encuentro el Rector de la [@untdf_universidad](#) Daniel Fernández y el Presidente del [@infuetur](#) Dante Querciali.

🗣 Al respecto el Presidente del Instituto destacó el trabajo que se viene desarrollando para la elaboración del CVA "ya que posibilitará tener una base sólida de lo que se quiere transmitir en este Centro".

☑ El Proyecto finaliza con la presentación de una propuesta basada en los resultados que proporciona la investigación científica y las posibilidades de los medios audiovisuales para brindarle al visitante y residente una información que sea atractiva.

[#TierraDelFuego](#) [#FinDelMundo](#)