

CIEE

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS ESTRATEGICOS
ANEPE

ISSN 0719-4110

CUADERNO DE TRABAJO N°1-2021



**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ANTÁRTICA
CHILENA, SU ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA**





CUADERNOS DE TRABAJO es una publicación orientada a abordar temas vinculados a la Seguridad y Defensa a fin de contribuir a la formación de opinión en estas materias.

Los cuadernos están principalmente dirigidos a tomadores de decisiones y asesores del ámbito de la Defensa, altos oficiales de las Fuerzas Armadas, académicos y personas relacionadas con la comunidad de defensa en general.

Estos cuadernos son elaborados por investigadores del CIEE de la ANEPE, pero sus páginas se encuentran abiertas a todos quienes quieran contribuir al pensamiento y debate de estos temas.



Antes de imprimir este Cuaderno, piense en el medio ambiente.

CUADERNO DE TRABAJO DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS ESTRATÉGICOS es una publicación electrónica del Centro de Investigaciones y Estudios Estratégicos de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos y está registrada bajo el **ISSN 0719-4110 Cuad. Trab., - Cent. Estud. Estratég.**

Dirección postal: Avda. Eliodoro Yáñez 2760, Providencia, Santiago, Chile.

Sitio Web www.anepe.cl. Teléfonos (+56 2) 2598 1000, correo electrónico ciee@anepe.cl

Todos los artículos son de responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión de la Academia.

Autorizada su reproducción mencionando el Cuaderno de Trabajo y el autor.

DIRECCIÓN DEL CUADERNO

DIRECTOR

Miguel Navarro Meza

Abogado, Cientista Político. Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Chile. Magíster en Derecho Administrativo, Universidad de Chile, Mphil. In War Studies, King's College London.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4127-8442>

CONSEJO EDITORIAL

Fulvio Queirolo Pellerano

Magíster en Ciencia Política, Seguridad y Defensa de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos. Doctorando en Seguridad Internacional en la Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, España.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6837-0962>

Guillermo Bravo Acevedo

Doctor en Historia de América por la Universidad Complutense de Madrid, España.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5284-6794>

Alejandro Salas Maturana

Magíster en Administración Militar de la Academia de Guerra Aérea, Chile, Magíster en Seguridad y Defensa mención Gestión Político Estratégica.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6881-2158>

Bernardita Alarcón Carvajal

Magíster en Ciencia Política, Seguridad y Defensa de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos. Historiadora y Cientista Político de la Universidad Gabriela Mistral, Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7958-1842>

Consejero Externo

Luis Rothkegel Santiago

Doctor en Estudios Americanos con especialidad en "Historia", de la Universidad de Santiago, Chile. Magíster en Análisis Político Estratégico; Magíster en Historia con mención en "Historia de Chile".

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8836-3364>

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ANTÁRTICA CHILENA, SU ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA

Abril, 2021
Cristian Barria L.*

Resumen

El cambio climático es un fenómeno que hay que entender en todas sus dimensiones, vale decir, comprender que es un ciclo normal de la tierra que genera variabilidad climática, pero también es un problema que nace producto de la industrialización ocasionada por el hombre. La generación de gases de efecto invernadero ha aumentado, provocando el calentamiento de la superficie del planeta, causando con ello que la variabilidad cíclica del clima se transforme en manifestaciones climáticas extremas que afectan al propio ser humano, la biodiversidad y los ecosistemas, dentro de los cuales se encuentra el continente Antártico. Este páramo yermo que pareciera sin vida, acumula más del 80% de las reservas de agua dulce las cuales ingresan en cantidades descomunales al océano producto de la sobre temperatura del globo, ocasionando cambios a la fauna marina, provocando que los vientos antárticos generen tele conexiones con el continente causando estrepitosas lluvias o prolongadas sequías. Por otra parte, el Estado de Chile mantiene su interés y reclamos de soberanía sobre un sector de la Antártica y es participante activo en materias de investigación y colaboración a través del Instituto Nacional Antártico, y que durante el año 2017 logró crear un Plan Nacional de Cambio Climático. No obstante, los números son alarmantes y se requiere entender el efecto del cambio climático sobre la Antártica y cómo enfrentar esta situación mundial, de la cual, sino no se toman acciones prontamente, podría provocar un retroceso fuerte sobre los intentos de dejar atrás la pobreza y el desarrollo de la nación.

Palabras clave: Cambio climático – Continente antártico – biodiversidad – Reserva de agua – Presencia antártica..

* Coronel de la Fuerza Aérea de Chile, Ingeniero Politécnico Militar en Electrónica, especialista en Estado Mayor, profesor de la Academia Politécnica Aeronáutica. Diplomado en Gestión Educacional de la Academia Politécnica Militar, Diplomado en Administración Institucional de la Universidad Andrés Bello, Magíster en Administración de Empresas, mención Marketing Internacional de la Universidad Arturo Prat, Magíster en Ciencias Navales y Marítimas, mención Operaciones Navales de la Academia de Guerra Naval. Actualmente se encuentra cursando el segundo año del Magíster en Relaciones Internacionales, Seguridad y Defensa de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos (ANEPE).

Abstract

Climate change is a phenomenon that must be understood in all its dimensions, that is, to understand that it is a normal cycle of the earth that generates climate variability, but it is also a problem that arises as a result of industrialization caused by man. The generation of greenhouse gases has increased, causing the planet's surface to warm, thereby causing the cyclical variability of the climate to transform into extreme climatic manifestations that affect the human being, biodiversity and ecosystems, within the which is the Antarctic continent. This barren wasteland that seems lifeless, accumulates more than 80% of the fresh water reserves which enter the ocean in huge quantities as a result of the over-temperature of the globe, causing changes to the marine fauna, causing the Antarctic winds to generate remote connections. with the mainland causing heavy rains or prolonged droughts. On the other hand, the State of Chile maintains its interest and claims of sovereignty over a sector of Antarctica and is an active participant in matters of research and collaboration through the National Antarctic Institute, and that during 2017 it managed to create a National Plan of Climate change. However, the numbers are alarming and it is necessary to understand the effect of climate change on Antarctica and how to face this global situation, which, if no action is taken promptly, could cause a strong setback on attempts to leave poverty behind and the development of the nation.

Key Words: Climate change - Antarctic continent - biodiversity - Water reserve - Antarctic presence

A.-REALIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Existe una gran cantidad de fenómenos que inciden en el comportamiento del clima terrestre. Estos pueden estar asociados al movimiento orbital de la tierra, a cambios extraterrestres como las variaciones en la actividad solar, en la liberación de energía desde el interior de la tierra a través de erupciones volcánicas o variaciones en la atmósfera y la química que la compone. Estas variaciones son propias de la vida del planeta, pero esta variabilidad no se llama cambio climático¹.

El cambio climático está definido por las Naciones Unidas como “Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”².

Es interesante, por tanto, hacer presente que existen dos formas de impactar el clima; una que es debido a los procesos cíclicos naturales que tiene el planeta y otra atribuible a la actividad humana.

¹ POLEO, Daniel. ¿Cambio climático o variabilidad climática? Historia, ciencia y política en el clima mesoamericano. En: Revista de Ciencias Ambientales. 2016. pp. 25-39.

² VIVANCO, Enrique. Conceptos de cambio climático. Valparaíso: BCN, 2019. p. 2.

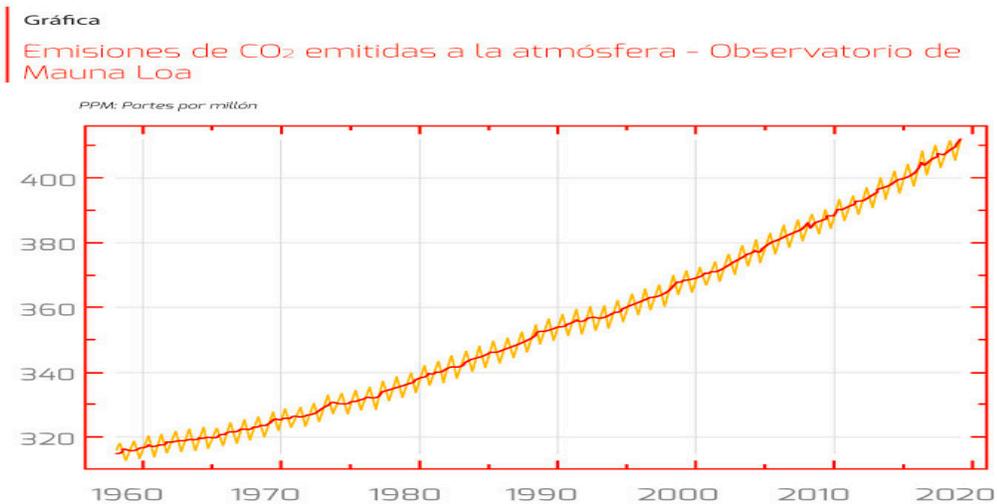
Si caben dudas al respecto, de 24.210 estudios relativos al cambio climático entre 2013 y 2014, solo 4 rechazaron la hipótesis que el calentamiento global sea causado por el hombre³. Por tanto, es una realidad que se expresa en cifras y en monitoreo del clima lo que demuestra que el gran culpable del cambio climático y, por ende, el calentamiento global es el aumento de dióxido de carbono (CO₂), el cual es el principal gas que genera el efecto invernadero⁴.

Pero no todo es malo con estos gases de efecto invernadero, ya que sin ellos, tampoco se podría

habitar la tierra. Lo anterior se explica porque estos gases (CO₂), Metano (CH₄) y vapor de agua, son generados en forma natural por el planeta y se mantienen en la atmósfera. El calor del sol traspasa esta capa formada por los gases y son estos mismos los que impiden que el calor se escape hacia el espacio, manteniendo una temperatura propicia para la vida⁵.

No obstante, la industrialización y la deforestación han causado que estos gases aumenten tal como se muestra en el gráfico N°1⁶:

Gráfico N° 1: Emisiones de CO₂ emanadas a la atmósfera – Observatorio de Manual Loa



Fuente: NOAA. . En: Los gases de efecto invernadero y el calentamiento global. [en línea] Disponible en: <https://noticias.eltiempo.es/gases-de-efecto-invernadero-y-calentamiento-global/>

³ INACH. Cambio climático en cifras, Instituto Antártico Chileno. Santiago: Ograma, 2019. p.18.

⁴ *Ibid.* p.24.

⁵ Op. Cit VIVANCO. p.3.

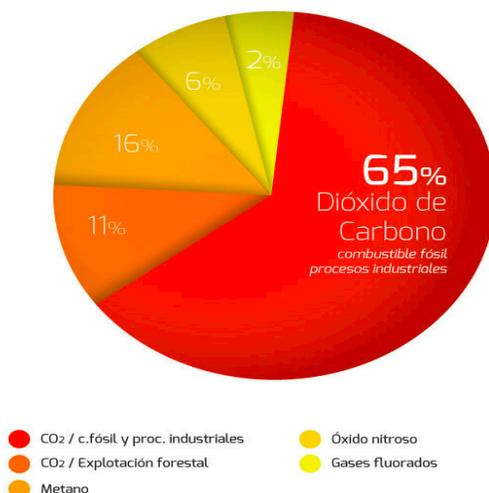
⁶ EL TIEMPO. Los gases de efecto invernadero y el calentamiento global. El Tiempo Pelmorex Weather Networks. s/f. [En línea] [fecha de consulta 6 de junio de 2020] Disponible en: <https://noticias.eltiempo.es/gases-de-efecto-invernadero-y-calentamiento-global/>

El gráfico N° 2 muestra que el mayor aporte de CO2 liberado a la atmósfera, proviene de la

quema del combustible fósil y de los procesos industriales⁷.

Gráfico N° 2: Efecto invernadero ocasionado por la emisión de gas.

Gráfica
Efecto invernadero provocado por la emisión de gas



Fuente: IPCC (2014) EXIT basado en las emisiones globales desde 2010 . [En línea] Los gases de efecto invernadero y el calentamiento global. [en línea] Disponible en: <https://noticias.eltiempo.es/gases-de-efecto-invernadero-y-calentamiento-global/>

En este sentido, el calentamiento global, consecuencia del cambio climático ocasionado por los gases de efecto invernadero (GEI)⁸, han provocado desequilibrios y daños no solo al ecosistema terrestre, sino que también a la población. Estos impactos son considerados como potenciadores de riesgo⁹ y como tal deben ser considerados, observados y prever su mitigación. Por tanto, como consecuencia inmediata de este fenómeno, se tienen los siguientes principales episodios descritos en el informe La Rábida del año 2018¹⁰:

- ◆ Disminución de las precipitaciones hasta en un 22% para el año 2100.
- ◆ Subida progresiva del nivel del mar entre 45 a 82 cm para el año 2100, incluso algunos estudios pronostican una subida de hasta 1,5 metros.
- ◆ Aumento de 2,4 veces de los fenómenos climáticos extremos tales como huracanes, ciclones, lluvias torrenciales y sequías extremas.
- ◆ Aumento de sequías implica mayor riesgo de incendio sobre bosques y vegetación

⁷ Ibíd.

⁸ NACIONES UNIDAS. Cambio Climático. Naciones Unidas. [En línea] [fecha de consulta 6 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

⁹ OJEDA, Carlos. Amenazas Multidimensionales: Una realidad en Suramérica. Colección de Investigación ANEPE N°30. Santiago: 2013. p.100.

¹⁰ MARTÍN, Laura., RIVERA, Julio y CASTIZO, Rosa. Cambio climático y Desarrollo sostenible en Iberoamérica. Huelva: s.n., 2018. pp.21-27.

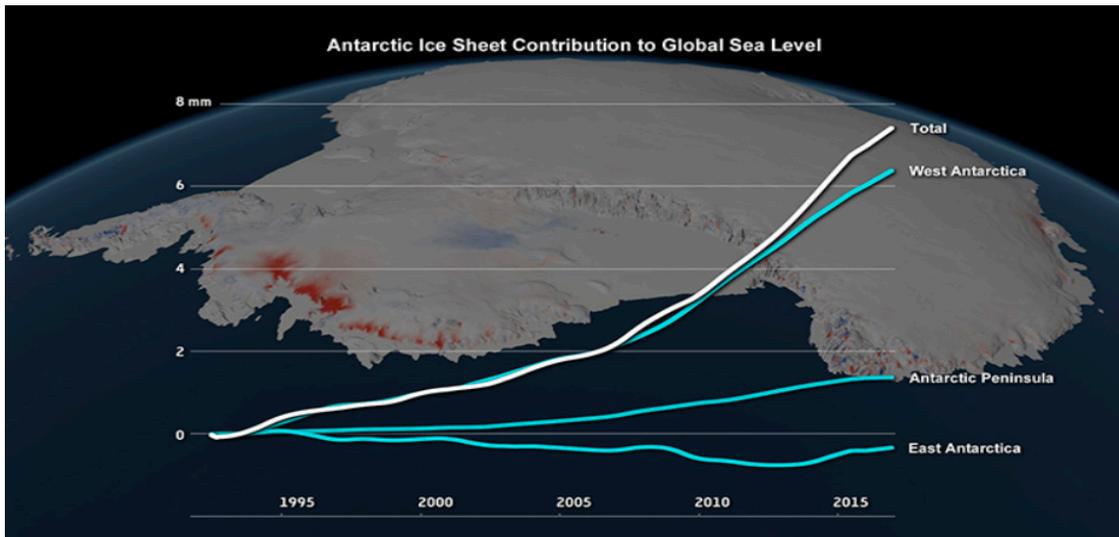
y retroceso de los glaciares con su importante cantidad de reserva de agua para consumo humano y animal.

- ◆ Reducción del recurso hídrico implica disminución en el riego para la agricultura y generación de electricidad.
- ◆ Aumento del CO₂ en los mares y acidificación del ecosistema marino.
- ◆ Las situaciones anteriores podrían ocasionar grave daño a la población causando un retroceso en los esfuerzos por erradicar la pobreza.
- ◆ Mala calidad del aire en las ciudades con consecuencia de enfermedades respiratorias

B.-EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ANTÁRTICA CHILENA

Pero el efecto del cambio climático tiene su impacto más fuerte en el continente Antártico. Los números son alarmantes, ya que la cobertura de hielo se ha reducido a mínimos históricos y a una tasa de 253.000 km² por día, muy por encima de los 214.000 km² de tasa promedio calculada entre 1981 y 2010. La cobertura mínima, se mide entre fines de febrero a principios de marzo con un mínimo de 2.100.000 km² obtenido el año 2017¹¹. Estudio de la NASA y la Agencia Espacial Europea (ESA) indican que la pérdida de agua se está triplicando a partir del año 2012 lo que se traduce en que, al océano, se le están añadiendo 180 billones de toneladas de agua anualmente¹².

Gráfico N° 3: Contribución de hielo antártico al aumento del nivel del mar



Fuente: UNFCC. Melting of Antarctic ice is accelerating, Study shows. UNFCC. Report 18 de junio 2018. [en línea] Disponible en: <https://unfccc.int/news/melting-of-antarctic-ice-is-accelerating-study-shows>

¹¹ PASTOR, María y SANCHÍS, Jorge. La Antártida y el cambio climático. 25 de mayo de 2020. Presentación realizada en: Jornada sobre la Antártida, celebrada el 28 de enero de 2019 en la sede central de AEMET en Madrid. [En línea] [fecha de consulta 25 de junio de 2020] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/10227>

¹² QUIROGA, Rayen. Indicadores de Cambio Climático en América Latina y el Caribe. Santiago. CEPAL, 2017. Reunión de expertos regionales estadísticas e indicadores ambientales, Sesión 5.

La Antártida es la mayor reserva de agua dulce del planeta. Contiene más del 80% del total¹³. Se suma a esta pérdida el hecho que durante el año 2016 se haya descubierto una grieta denominada “Halloween” en la plataforma de hielo Brut, avanzando su grieta a una velocidad de 4 kilómetros por año y cuyo desprendimiento originaría un iceberg del doble de la ciudad de Nueva York.

Por tanto, como esté respondiendo el continente antártico al cambio climático es una de las interrogantes que debe plantearse el Estado de Chile y analizar sus repercusiones inmediatas y las medidas de mitigación que debe adoptar como integrante de los países miembros del Tratado Antártico¹⁴.

Esto es solo el inicio del problema, ya que el cambio climático no es algo que se pueda detener drásticamente, y frenar para volver a la normalidad y orden del planeta. Se deberá considerar su impacto en lo económico tanto por lo que cuesta la reducción de la huella de carbono, las investigaciones relacionadas, la tecnología invertida, sino que también los efectos sobre la población y su empobrecimiento¹⁵.

Antes de seguir ahondando en el compromiso país sobre el cambio climático y su mitigación en la Antártica, se presentarán algunos datos económicos de interés¹⁶:

Se pronostica que la pérdida económica para los países latinoamericanos y del Caribe, rodeará el 1% del producto anual en la región entre el 2010 y 2100. En un estudio liderado por la CEPAL, se estima que el costo del cambio climático se fijará en un 137% del PIB de estos países para el 2100. Además, la región es altamente

vulnerable a eventos climáticos extremos, al aumento de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación, reducción de la criósfera (superficie de la Tierra cubierta por hielo), alza del nivel de mar, sequías, inundaciones y huracanes¹⁷.

Este problema observado en la antártica tiene repercusiones no solo en lo local, sino que está enlazado con eventos climáticos en el continente que deben ser observados. Ello porque, lo que ocurre sobre el continente polar, impacta en la población lejana, según se tiene registro, los 17,5 °C inusuales sufridos en el norte de la península antártica, ocasionó fuertes lluvias en la región de Atacama, producto de una teleconexión tropical con el océano Pacífico¹⁸.

El problema, por tanto, no es el cambio climático en sí, sino cómo se enfrenta y cómo el Estado de Chile se prepara para adaptarse a una realidad que ya está instaurada y cuyos efectos de largo plazo alcanzará tarde o temprano a su población.

C.-OBLIGACIONES DEL ESTADO DE CHILE

Chile tiene presencia en la Antártica desde el año 1494, al principio por la vía jurídica, manifestada a través del Tratado de Tordesillas y, físicamente con posterioridad, a través de su primera expedición antártica del año 1947¹⁹.

Chile es reconocido mundialmente como una potencia antártica, ya que tiene presencia funcional y con derecho a veto en todo el continente por el Tratado Antártico, y es reclamante de soberanía en un sector definido. Por tanto, Chile tiene títulos históricos, persistencia y actividades las cuales le dan

¹³ Op. Cit. PASTOR y SANCHÍS. p.9.

¹⁴ FIGUEROA, Miguel. La Antártica como Escenario de Cooperación: Oportunidades para afianzar el statu quo. Colección de Investigación ANEPE N°31. Santiago. 2014. pp.64-65.

¹⁵ Op. Cit. QUIROGA. p. 21.

¹⁶ Ibíd.

¹⁷ Ibíd.

¹⁸ Op. Cit. INACH. p.84.

¹⁹ Op. Cit. FIGUEROA. pp.25 y 28.

presencia “real” y valida sus intereses y derechos sobre el territorio²⁰.

No obstante, las intenciones de reclamación de soberanía en el territorio Antártico por parte de Chile, han sido las indefiniciones sobre el Tratado Antártico y el Sistema Político Internacional, las que han llevado estas intenciones a un estancamiento. Por tanto, Chile, como país reclamante se mantiene en una condición de indefinición. Además, al firmarse el Protocolo de Protección Antártica en 1991, se postergan en cincuenta años cualquier discusión sobre soberanía Antártica. De aquí en adelante, la Antártica es consagrada como una reserva ecológica destinada a la investigación científica y a la paz transformándose en un “Santuario Internacional”²¹.

No obstante, en Chile quien es responsable por los temas antárticos es el Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL). Es este quien tiene como función el desarrollo de los Planes Estratégicos Antárticos, en base a las Políticas Antárticas y las definiciones de Política Exterior establecida por el Presidente de la República en relación al Continente Antártico. Además, el MINREL supervisa las tareas asociadas al Programa Antártico Nacional y lidera el Consejo de Política Antártica²².

“...en Chile quien es responsable por los temas antárticos es el Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREL). Es este quien tiene como función el desarrollo de los Planes Estratégicos Antárticos, en base a las Políticas Antárticas y las definiciones de Política Exterior establecida por el Presidente de la República en relación al Continente Antártico”

Dentro de los objetivos definidos en la Política Antártica Nacional y que tienen relación con el clima, se tienen²³:

- ◆ Proteger y promover el cuidado del medio ambiente antártico, incluyendo el medio ambiente marino y sus ecosistemas dependientes y asociados.
- ◆ Desarrollar investigación en ciencias naturales y sociales sobre bases de excelencia, orientándose a temas globales de interés político y aquellos de interés económico nacional, a través de un Instituto Antártico Chileno robusto, eje de la colaboración científica internacional de Chile en la Antártica.
- ◆ Desarrollar y promover a la Región de Magallanes y Antártica Chilena como un centro de actividad antártica nacional e internacional, incluyendo su consolidación como un polo de desarrollo científico y logístico para la Antártica. Reforzar la conectividad entre esta región y el continente antártico.

La aplicación de la Política Antártica Nacional contribuye al cuidado del medioambiente²⁴, realiza investigación científica de calidad y permanente y colabora internacionalmente. En línea con lo anterior Chile proyectó, durante el año 2014, su presencia en el Polo Sur a través de la Estación Polar Científica Conjunta “Glaciar Unión” en el círculo polar. Esta actividad tiene como responsable en aspectos operativos

²⁰ Ibíd. p.47.

²¹ Ibíd. p.42.

²² SANHUEZA, Camilo. Institucionalidad Antártica Chilena. En: Revista Tribuna Internacional. 2019. p.2.

²³ Ibíd. p.5.

²⁴ GONZÁLEZ, Humberto; BOZKURT, Deniz; CERECEDA-BALIC, Francisco; COREDERO, Raúl; FERNANDOY, Francisco; IRIARTE, José Luis; MACDONELL, Shelly; MCPHEE, James; POULIN, Elie; RIVERA, Andrés; ROJAS, Maisa y SCHAEFER, Marius. Criósfera Chilena y Antártica: Recomendaciones desde la evidencia científica. Santiago: Comité Científico COP 25, 2019. [en línea] [fecha de consulta 1 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.minciencia.gob.cl/comitecientifico/documentos/mesa-criosfera-y-antartica/13.Criosfera-Gonzalez.pdf> . p.32.

y logísticos a las Fuerzas Armadas y, en los aspectos científicos, al Instituto Antártico Chileno (INACH)²⁵.

Por otra parte, durante el gobierno de la presidenta Michelle Bachelet, se trabajó entre organismos interministeriales, en la elaboración del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. Este Plan *“está orientado a la implementación efectiva de medidas que se han identificado para adaptarse al cambio climático, para la reducción de la vulnerabilidad del país, contribuyendo, al mismo tiempo, al cumplimiento de los compromisos internacionales de Chile ante la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)”*²⁶.

Chile tiene un plan de acción frente al cambio climático, no obstante, este presenta ejes de acción que van en la línea de la Adaptación, Mitigación y Medios de implementación para fortalecer la institucionalidad. En la adaptación, esta se materializa a través de la evaluación periódica de la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales frente al cambio climático,

la implementación de medidas para reducir estas vulnerabilidades y monitorear el avance adaptativo.

Respecto de la mitigación, esta se orienta a desarrollar e implementar acciones y políticas de mitigación. Respecto del monitoreo, este está enfocado en el avance de la implementación de la medida, y como segunda medida, se verifica la efectividad de esta una vez que fue implementada. No obstante, el espíritu de este Plan de Acción Nacional de Cambio Climático está enfocado en hacer cumplir el compromiso ante la ONU: *“desacoplar nuestro crecimiento de las emisiones, de manera que al año 2030 las emisiones del país sean entre 30 a 45% menos, con respecto a nuestro PIB”*²⁷.

No obstante, este Plan de Acción no incluye al territorio Antártico con tareas en ninguna de sus partes siendo tiempo de revisión de estas tareas y replantear algunas con miras en el territorio antártico, sin comprometer el tratado de las naciones que lo rige.

²⁵ CHILE. Libro de la Defensa Nacional. Ministerio de Defensa Nacional. Santiago. 2017. p.49.

²⁶ CHILE. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago: Oficina de Comunicaciones y Prensa del Ministerio del Medio Ambiente. 2017.

²⁷ *Ibíd.*

D.-EL REAL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ANTÁRTICA

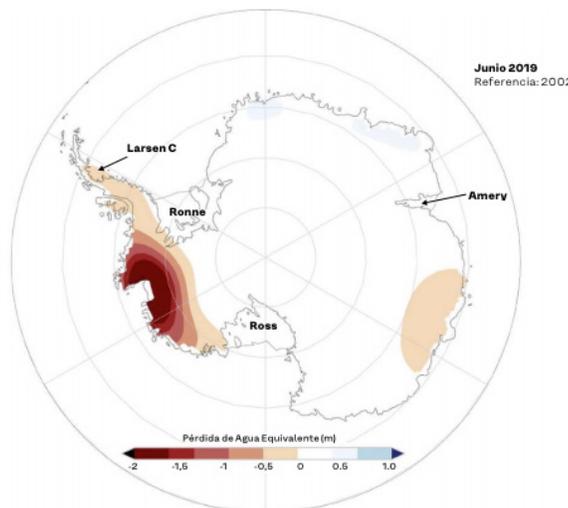
Retroceso de los Glaciares

La Antártica está cubierta por un manto de hielo glaciar de una superficie aproximada de 14 millones de kilómetros cuadrados y un volumen que se estima en 24,5 millones de kilómetros cúbicos. Al año se pierden 50 kilómetros cúbicos al año de agua dulce. Pero este retroceso no afecta de forma homogénea al continente. Sin dudas la parte que más se está viendo afectada

es la parte occidental como lo muestra la figura N° 1. Ella representa el retroceso de los glaciares el cual se aceleró en seis veces en las últimas cuatro décadas²⁸.

Por lo demás, es en este lado del continente que la masa de hielo milenario se soporta sobre la plataforma continental, a una distancia de aproximadamente 2.300 metros de profundidad, en circunstancias que esta masa continental se encuentra bajo el nivel del mar. Por tanto, el calentamiento global favorece el deslizamiento del hielo²⁹.

Figura N° 1: Pérdidas de agua equivalente. En color rojo, se aprecia la mayor disminución de hielo ocurrida entre 2002 y 2019³⁰



Fuente: GONZÁLEZ, H. "et al" Criósfera Chilena y Antártica: Recomendaciones desde la evidencia científica. Santiago: Comité Científico COP 25, 2019. [en línea] [fecha de consulta 1 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.minciencia.gob.cl/comitecientifico/documentos/ mesa-criosfera-y-antartica/13.Criosfera-Gonzalez.pdf>

²⁸ Op. Cit. GONZÁLEZ. p.12.

²⁹ Op. Cit. PASTOR y SANCHÍS p.22.

³⁰ Op. Cit. GONZÁLEZ p.10.

Modo Anular Sur (SAM)

Técnicamente, es un índice climático que se expresa como la diferencia entre campos de presión a nivel del mar medidas entre la latitud 40°S y 65°S. Estas últimas décadas el SAM ha tendido a ser positivo. Lo anterior implica el aumento en la velocidad de los vientos de dirección Este-Oeste a una tasa de 0,2 a 0,3 m/s. Lo anterior como efecto directo en el aumento de la concentración de los GEI³¹.

Como consecuencia de este fenómeno se provocan dos efectos: el primero es el aumento de las precipitaciones al sur de la latitud 50°S, y la baja de precipitaciones en las regiones centro sur de Chile. Por tanto, el hecho que hayan aumentado las precipitaciones en Punta Arenas se debe a este fenómeno y, asociado a él, el correspondiente aumento de la temperatura modificando los ecosistemas tales como *“la exportación de carbono y composición de organismos marinos como las micro algas y su posterior transferencia a niveles tróficos superiores”*³².

Se suma a lo anterior, y potencia la subida hacia valores positivos del SAM, el enfriamiento estratosférico producto del agujero de ozono sobre la Antártica³³.

El SAM con valores positivos es causante de cambios en el ecosistema de alta latitud (zonas centro-sur de Chile), glaciares y precipitaciones, tal como lo señala González y otros en su obra³⁴:

- ◆ Cambios en las precipitaciones en la zona centro-sur y sur de Chile.

- ◆ Variabilidad de la temperatura y humedad.
- ◆ Incidencia en la acumulación de nieve.
- ◆ Aumento de la temperatura en la superficie del mar en el Pacífico occidental.

Disrupción en el ciclo de desarrollo del Krill

El Krill es un crustáceo característico del océano Austral, de alto valor proteico y un importante eslabón en la cadena alimenticia antártica. Este crustáceo, por sus características alimenticias, se extrae para consumo humano, siendo su biomasa de 200 millones de toneladas estimada³⁵.

El derretimiento de glaciares aumenta la estratificación de la columna de agua causando una mayor cantidad de hierro al océano. Este ingreso intensificado de micronutrientes es beneficioso para el desarrollo de microalgas³⁶, pero se genera una degeneración en el proceso de desarrollo del krill, provocando bajo desarrollo larval y, por ende, disminución de la biomasa a futuro³⁷.

Este es un serio daño al ecosistema marino y como consecuencia inmediata, se estima que habrá una redistribución de las especies marinas hacia latitudes más altas³⁸. Por tanto, la biomasa global de animales marinos, disminuirá con el aumento de temperatura.

Acidificación

Queda claro que el cambio climático se produce por el creciente uso de los GEI, dentro de los cuales se comprueba un aumento del CO2 en la atmósfera. En los océanos australes es el Krill quien actúa como acarreador de carbono.

³¹ *Ibíd.* P.15.

³² *Ibíd.*

³³ *Op. Cit.* PASTOR y SANCHÍS. p.31.

³⁴ *Op. Cit.* GONZÁLEZ. p.15.

³⁵ *Op. Cit.* FIGUEROA. p.31.

³⁶ BAYLÓN, Maribel. Variación espacial e interanual del fitoplancton durante los veranos australes de la ensenada Mackellar-Isla Rey Jorge, Antártica: 2008-2013. Lima: s.n., 2019. p.80.

³⁷ *Op. Cit.* GONZÁLEZ. p.21.

³⁸ IPCC. Resumen para responsables de políticas. *En:* Calentamiento global de 1,5 °C. Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático. s.l. 2018 [en línea] [fecha de consulta 1 de junio de 2020] Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf. p.10.

Lo anterior ocurre ya que este crustáceo se alimenta de fitoplancton el cual contiene mayores cantidades de CO₂. El krill al viajar a las profundidades del océano deposita su materia fecal, ocasionando un sumidero de carbono. Se estima que 23 millones de toneladas de carbono quedan atrapados en el fondo marino anualmente³⁹. Lo anterior se conoce como “*Bomba biológica de carbono*”⁴⁰.

Producto de la concentración de carbono, se prevé que el nivel de acidificación de los océanos, repercuta en el crecimiento, desarrollo, la calcificación y la supervivencia de muchas especies marinas en general⁴¹.

Actualmente el pH del océano oscila entre los 8.0 a 8.3, no obstante la acidificación del agua se estima que estará en el orden de los 7.6. Este valor reduce la existencia del carbonato de calcio (CaCO₃), que es una molécula específica que utilizan las especies marinas para la formación de conchas, caparazones, exoesqueletos, debilitando y retardando su desarrollo y crecimiento. Como consecuencia, disminuye por tanto el consumo humano de especies marinas que demanden esta molécula⁴².

Se estima que para el caso de los choritos (*Mytilus chilensis*), la pérdida de su biomasa corporal estará entre un 12% a un 25%⁴³.

E.-LA PESCA ILEGAL

La incesante industria pesquera busca en las aguas internacionales el producto marino

para ser procesado como alimento. Uno de esos océanos es el antártico como fuente de recursos industriales. No obstante, la Antártica es un bien para toda la humanidad, pero solo algunos van y pescan en esta zona. El realizar esta actividad no solo daña el ecosistema al arrasar con los cardúmenes, sino que violan las convenciones internacionales; el Tratado Antártico, la Convención del Medioambiente y la Convención del Mar (CONVEMAR).

Se debe garantizar la conservación de las especies en la zona antártica. Por tanto, la actividad pesquera en la zona debe ser controlada a fin de evitar la pesca ilegal. Asimismo, la pesca del crustáceo krill se ha venido intensificando desde el año 2010 ya que con él se fabrican cotizados aceites. Es necesario asegurar la supervivencia y desarrollo de estas especies. Cabe hacer presente que para países como China, Noruega y Chile, entre otros, está permitida la pesca regulada⁴⁴.

“Se debe garantizar la conservación de las especies en la zona antártica. Por tanto, la actividad pesquera en la zona debe ser controlada a fin de evitar la pesca ilegal.”

F.-INDICADOR FINANCIERO ANTÁRTICO

El Programa Nacional de Ciencia Antártica, liderado por el Instituto Nacional Antártico de Chile, contempla 91 proyectos de los cuales 50 son materializados en terreno, lo que considera despliegues, logística y contratos para más de 240 científicos. El costo de la operación anual bordea los USD 2.530.000. Estos recursos son obtenidos mediante la ley que fija el presupuesto para el Estado, otros aportes de Ministerios, Corporación de Fomento (CORFO) o el Gobierno Regional de Magallanes y la Antártica

³⁹ INACH. Cambio climático en cifras. Instituto Antártico Chileno. Santiago: Ograma, 2019. p.59.

⁴⁰ Op. Cit. GONZÁLEZ. p.26.

⁴¹ Op. Cit. IPCC. p.11.

⁴² Op. Cit. INACH. p.37.

⁴³ Op. Cit. GONZÁLEZ. p.21.

⁴⁴ MARTÍNEZ, Paola. Pesca comercial en la Antártica: El comienzo del desequilibrio ambiental de la zona. 2019. En: Revista y Casa Editorial Analéctica, pp. 49-55.

Chilena. Se debe considerar que la operación de las Fuerzas Armadas en apoyo a la gestión de la INACH bordea los USD 22.660.000. Con estos presupuestos Chile ostenta una categoría de inversión mediana en investigación. No obstante estas cifras, existen otros ingresos que compensan el gasto entregando un aporte cercano a los USD 28.000.000 al PIB regional⁴⁵.

G.-CÓMO ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ANTÁRTICA

Existen estudios y políticas propuestas para los tomadores de decisiones⁴⁶ en lo concerniente a las materias específicas antárticas; no obstante se propondrán las medidas a adoptar en base a la urgencia que demanda el cambio climático en la Antártica⁴⁷ y aquellas en proceso de implementación vigentes. Lo anterior, considerando el liderazgo internacional de Chile y el presupuesto fiscal asignado para estos fines. En esta línea es que se proponen tres grupos de acciones: consolidar el proceso de adaptación en ejecución, re apreciar la planificación existente a la luz de nuevos datos y antecedentes antárticos y efectuar el proceso de adaptación, incrementando el presupuesto anual para la investigación científica, posicionando a Chile en un nivel superior en materias de investigación antártica y cambio climático.

Consolidar el proceso de adaptación

Chile desde el año 2017 ha generado una política de cambio climático basada en la adaptación, la mitigación y la implementación de las estrategias para enfrentar el cambio climático como país. Este plan de acción se encuentra vigente hasta el año 2022. Por tanto, en el entendido que ya existe un marco regulatorio, solamente habría que extrapolar las medidas que aparecen en este Plan y proyectarlas en la Antártica, operacionalizando aquellas medidas que sean atingentes con la realidad de esa zona.

“Para el año 2022 las medidas implementadas aún no habrán alcanzado una madurez suficiente. Por tanto, habrá que esperar un tiempo para que las regiones logren disminuir la huella de carbono ejecutando las medidas implementadas.”

Para el año 2022 las medidas implementadas aún no habrán alcanzado una madurez suficiente. Por tanto, habrá que esperar un tiempo para que las regiones logren disminuir la huella de carbono ejecutando las medidas implementadas. Además,

tomará aún un ciclo en preparar a la población en las zonas donde el cambio climático provocará daños producto de los fenómenos asociados que ocasionará. Por tanto, se tendrá que entrenar a la población y prepararla para esos eventos.

En la Antártica, se mantienen las medidas que actualmente se encuentran implementadas a través de las investigaciones que lidera el Instituto Nacional Antártico⁴⁸. Pero se hace presente que de acuerdo por lo señalado por el Director de Presupuesto de esa organización, estos esfuerzos corresponden a un gasto medio.

⁴⁵ INACH. ¿Cuánto invierte Chile en la Antártica? 25 de mayo de 2020 [en línea][fecha de consulta 2 de junio de 2020] Disponible en: <http://www.inach.cl/inach/?p=20529>.

⁴⁶ ROJAS M.P., ALDUNCE, L. FARÍAS, H. GONZÁLEZ, P. MARQUET, J.C. MUÑOZ, R. PALMA-BEHNKE, A. STEHR y S. VICUÑA. Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Santiago. 2019. pp 1–68. [En línea] [fecha de consulta 01 de junio de 2020] Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Resumen-para-tomadores-de-decisiones.pdf>

⁴⁷ SCHLOSS, Irene. Estudiando el cambio climático en la Antártida. 25 de mayo de 2019. pp. 23 – 26. [en línea] [fecha de consulta 1 de junio de 2020] http://coleccionlalupa.com.ar/wp-content/uploads/2019/05/CambioClimatico_LL13.pdf.

⁴⁸ INACH. Boletín Antártico Chileno: PROCIENT 2019-2020. Santiago: s.n., 2019.

Al respecto, el Estado de Chile tiene las políticas tendientes a controlar la actividad industrial de pesca en el océano austral, precaver que la disminución en los hielos milenarios, generarán mayor superficie para ingreso de turistas, quienes podrían provocar un daño mayor a la superficie que se despeja.

Esta alternativa, es un punto de partida no agresivo frente al impacto del cambio climático, que podría ocasionar, de no ejecutarse de buena forma, trastornos a la población ante un evento climático de teleconexión con alguna zona del país.

Re apreciar la planificación y corregirla

A la luz de los antecedentes y las variables que nacen como consecuencia del cambio climático en la Antártica, se observó que el calentamiento global ha acelerado el impacto sobre el ecosistema Antártico. Este efecto podría traer desastres en el más breve plazo, por tanto las medidas que se adopten tienen que ser agresivas.

Lo anterior significa que a pesar que exista un plan de acción para enfrentar el cambio climático, este debe ser adelantado en sus plazos de modo que las medidas a implementar se apresuren y que se evalúen rápidamente. Por tanto, habrá que utilizar herramientas de simulación a fin de establecer que fueron bien implementadas y definir la brecha que significará la complementación del plan inicial.

Una vez identificadas las brechas estudiar la factibilidad de implementación y, con los nuevos antecedentes producto del monitoreo o de la actividad científica, establecer nuevos objetivos

para implementar un nuevo plan que corrija los desvíos del primero y los mejore y potencie sustantivamente.

Mantener la actividad y el cumplimiento de los objetivos de la política antártica. Lo anterior implica mantener relaciones estrechas con los científicos que pertenecen al circuito Antártico y generar nuevas líneas de investigación o profundizar en las existentes. Lo anterior tomando una postura de Estado que lidere en estos temas y logre distribuir los esfuerzos científicos por áreas según las competencias de los equipos de científicos que tengan los otros Estados que desarrollan investigación.

Establecer las teleconexiones futuras y prever la actividad climática que podría dañar a las comunidades, preparando a los equipos de emergencias y de suministro de servicios básicos y centros de distribución a fin de dar sostenimiento a la población en caso de alguna catástrofe climática.

Adaptación con más recursos financieros

La tarea de enfrentar el cambio climático implica recursos financieros. Según lo informado por el Director de Presupuesto de la INACH, el Estado de Chile entrega importantes recursos en investigación científica en la Antártica. No obstante, no es suficiente para lo que se pretende lograr. Al respecto, existen objetivos de tipo científico, pero lo que interesa es dar celeridad a estas investigaciones.

Por tanto, incrementar los recursos asignados a la investigación involucraría un aumento de tecnología para el monitoreo de la capa de ozono, el SAM y el retroceso de los glaciares a

“Una vez identificadas las brechas estudiar la factibilidad de implementación y, con los nuevos antecedentes producto del monitoreo o de la actividad científica, establecer nuevos objetivos para implementar un nuevo plan que corrija los desvíos del primero y los mejore y potencie sustantivamente.”

través de avances en el área espacial, en toma de muestras en el mismo continente, lo que implicaría mayor carga logística y cooperación interministerial.

En lo que respecta al fortalecimiento colaborativo con otros Estados, se requeriría dotar al país de una capacidad intelectual y de infraestructura que sea atractivo al cuerpo de científicos a nivel mundial. De este modo, se deberá fortalecer aún más las Relaciones Internacionales con diversos Estados que sean líderes en materias específicas y posicionar a Chile como referente en estos temas, lo que de paso, le coloca como potencia en el área y acrecienta sus intereses y acciones soberanas sobre la zona reclamada⁴⁹.

H.-CONCLUSIÓN

El continente Antártico está siendo víctima del cambio climático y son los Estados los únicos

que pueden comprometer esfuerzos para reducir la huella de carbono e implementar planes de adaptación y mitigación para la población, por una parte, y por otra especializar a Estados como el de Chile, en temas Antárticos.

Si bien existen esfuerzos nacionales de contribuir a la mitigación del cambio climático sobre la Antártica, se hace necesario adoptar alguna de las medidas propuestas y preparar a la población con énfasis en las políticas nacionales de cambio climático.

Seguir trabajando en los aspectos de investigación científica sobre la Antártica, manteniendo el liderazgo como país en un área geográficamente estratégica y en la cual se ha tenido manifiesto interés de soberanía.

⁴⁹El día después del Tratado Antártico. Escenarios y proyecciones. Centro Superior de Estudios de la Defensa. 2018, Documento de Trabajo, págs. 1-84.

BIBLIOGRAFIA

BAYLÓN, Maribel. Variación espacial e interanual del fitoplancton durante los veranos australes de la ensenada Mackellar-Isla Rey Jorge, Antártica: 2008-2013. Lima: s.n., 2019. p.80.

BEHNKE, A. STEHR y S. VICUÑA. Evidencia científica y cambio climático en Chile: Resumen para tomadores de decisiones. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Santiago. 2019. pp. 1-68 [En línea] [fecha de consulta 01 de junio de 2020] Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Resumen-para-tomadores-de-decisiones.pdf>

CEPAL, 2017. Reunión de expertos regionales estadísticas e indicadores ambientales, Sesión 5.

CHILE. Libro de la Defensa Nacional. Ministerio de Defensa Nacional. Santiago. 2017. p.49.

CHILE. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago: Oficina de Comunicaciones y Prensa del Ministerio del Medio Ambiente. 2017.

CESEDEN. El día después del Tratado Antártico. Escenarios y proyecciones. Centro Superior de Estudios de la Defensa. 2018, Documento de Trabajo. pp. 1-84.

EL TIEMPO. Los gases de efecto invernadero y el calentamiento global. El Tiempo Pelmorex Weather Networks. s/f. [en línea] [fecha de consulta 6 de junio de 2020] Disponible en: <https://noticias.eltiempo.es/gases-de-efecto-invernadero-y-calentamiento-global/>

FIGUEROA, Miguel. La Antártica como Escenario de Cooperación: Oportunidades para afianzar el statu quo. Colección de Investigación ANEPE N°31. Santiago. 2014. pp. 25, 28, 31 y 64–65.

GONZÁLEZ, Humberto. "Et all" Criósfera Chilena y Antártica: Recomendaciones desde la evidencia científica. Santiago: Comité Científico COP 25, 2019. [En línea] [Fecha de consulta 1 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.minciencia.gob.cl/comitecientifico/documentos/mesa-criosfera-y-antartica/13.Criosfera-Gonzalez.pdf>. pp.10, 12, 15, 21, 26 y 32.

INACH. Cambio climático en cifras. Instituto Antártico Chileno. Santiago: Ograma, 2019.

INACH. PROTOCOLO AL TRATADO ANTÁRTICO SOBRE PROTECCIÓN. Instituto Chileno Antártico. 25 de mayo de 2020. [en línea] [fecha de consulta 1 de junio de 2020] Disponible en: http://www.inach.cl/inach/wp-content/uploads/2010/01/protocolo_medio_ambiente.pdf.

INACH. ¿Cuánto invierte Chile en la Antártica? 25 de Mayo de 2020 [en línea][fecha de consulta 2 de junio de 2020] Disponible en: <http://www.inach.cl/inach/?p=20529>.

INACH. Boletín Antártico Chileno: PROCIENT 2019-2020. Santiago: s.n., 2019.

IPCC. Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C. Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático. s.l. 2018 [en línea] [fecha de consulta 01 de junio de 2020] Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf

MARTÍN, Laura., RIVERA, Julio y CASTIZO, Rosa. Cambio climático y Desarrollo sostenible en Iberoamérica. Huelva: s.n., 2018. pp. 21 – 27.

MARTÍNEZ, Paola. Pesca comercial en la Antártica: El comienzo del desequilibrio ambiental de la zona. 2019, En: Revista y Casa Editorial Analéctica, pp. 49 - 55.

NACIONES UNIDAS. Cambio Climático. Naciones Unidas. [En línea] [fecha de consulta 4 de junio 2020] Disponible en: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

OJEDA, Carlos. Amenazas Multidimensionales: Una realidad en Suramérica. Colección de Investigación ANEPE N°30. Santiago: 2013. p.100.

PASTOR, María y SANCHÍS, Jorge. La Antártida y el cambio climático. 25 de mayo de 2020. Presentación realizada en: Jornada sobre la Antártida, celebrada el 28 de enero de 2019 en la sede central de AEMET en Madrid. [En línea] [fecha de consulta 25 de junio de 2020] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/10227>.

POLEO, Daniel. ¿Cambio climático o variabilidad climática? Historia, ciencia y política en el clima mesoamericano. En: Revista de Ciencias Ambientales. 2016. pp. 25-39.

QUIROGA, Rayen. Indicadores de Cambio Climático en América Latina y el Caribe. Santiago.

ROJAS M.P., ALDUNCE, L.FARÍAS, H. GONZÁLEZ, P. MARQUET, J.C. MUÑOZ, R. PALMA-

SANHUEZA, Camilo. Institucionalidad Antártica Chilena. En: Revista Tribuna Internacional. 2019. p.2.

SCHLOSS, Irene. Estudiando el cambio climático en la Antártida. 25 de mayo de 2019. pp. 23 – 26. [en línea] [fecha de consulta 01 de junio de 2020] http://coleccionlalupa.com.ar/wp-content/uploads/2019/05/CambioClimatico_LL13.pdf

VIVANCO, Enrique. Conceptos de cambio climático. Valparaíso: BCN, 2019. pp. 2-3.

