



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**



---

## **El Cambio Climático y sus repercusiones en el continente Antártico**

---



**Constanza Jiménez Contreras**

**Biólogo Marino**

**Lic. En Ciencias del Mar**

**PAR Explora Magallanes**

**Universidad de Magallanes**



## **I. INDICE**

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>I. INDICE</b>	<b>2</b>
<b>II. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>3</b>
<b>III. RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>IV. PALABRAS CLAVES</b>	<b>4</b>
<b>V. INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
<b>VI. LA ANTARTIDA: EL CONTINENTE AL FIN DEL MUNDO</b>	<b>7</b>
<b>VII. ANTECEDENTES GENERALES DEL CLIMA</b>	<b>10</b>
<b>VIII. EL CAMBIO CLIMATICO EN EL CONTINENTE ANTARTICO</b>	<b>12</b>
<b>IX. EL CAMBIO CLIMATICO Y GLACIACIONES</b>	<b>14</b>
<b>X. CONCLUSIÓN</b>	<b>17</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>19</b>



## **II. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS**

1. Tabla 1. Tabla descriptiva de las principales morfologías de témpanos de hielo en el continente Antártico.
2. *Figura. 1.* Principales tipos de témpanos, (extraído de Libro: “Antártida, descubriendo el continente blanco, Autores Irina & Izaguirre Gabriela Mataloni. Editorial el nuevo Extremo. Edición I Año 2000)
3. *Figura. 2.* Cambios en la temperatura media del planeta y anomalía de la misma, desde el año 1880 hasta noviembre de 2013. Se puede apreciar como en 130 años, el planeta ha aumentado su temperatura en 0. 8º c. Fuente: national aeronautics and space administration.
4. *Figura. 3.* Temperaturas superficiales anuales del mar durante un periodo de 5 años (2006-2010) en Puerto Arthur, Isla Anvers, en la Antártida. El máximo de temporada y mínima durante el periodo de 5 años fueron de 2,9 y 1,8 °C. (Schram *et al.*, 2015).



### **III. RESUMEN**

En este trabajo se procura responder como está afectando el cambio climático al ambiente antártico. Cambios que pueden depararnos un futuro próspero o inhóspito al respecto a la imagen que tenemos el día de hoy del territorio antártico. A su vez destacar sus principales consecuencias y como desde hace años se instauro esta problemática. Señalar y describir las principales metodologías que utilizan los científicos para indagar sobre los registros de miles de años. Las cuales nos permiten obtener una valiosa información sobre la historia antigua de la Antártida. Esclarecer la postura de la comunidad científica frente a lo que denominamos como cambio climático, y discutir que sus alteraciones climáticas y sus consecuencias como los aumentos en el nivel del mar, alteraciones en los ciclos hidrológicos y el aumento de las concentraciones CO<sub>2</sub> provocará una acidificación de los océanos a una velocidad sin precedentes en tiempos históricos y que la combinación de estos complejos cambios climáticos amenazarán las comunidades y ciudades costeras, los suministros de alimentos y agua, la integridad de ecosistemas marinos, dulceacuícolas, forestales, de alta montaña y otros. De esta manera este trabajo tiene como objetivo demostrar las principales consecuencias que ha padecido y tolerara el continente antártico ante las repercusiones del cambio climático.

### **IV. PALABRAS CLAVES**

- Cambio climático
- Antártica
- Aumento del nivel de agua de mar
- Glaciaciones
- Acidificación de los océanos
- Ecosistemas marinos
- Historia Geológica
- Periodo Glaciar
- Periodo Interglaciar



## **V. INTRODUCCIÓN**

Uno de los principales desafíos que se ha planteado la ciencia moderna es la predicción del clima. A los científicos nos fascina conocer las incógnitas que se nos presentan cada día. Cambios que pueden depararnos un futuro próspero o inhóspito. ¿Volveremos a las cálidas temperaturas sobre los casquetes polares que se generaron hace millones de años? o ¿La Antártica estará siempre cubierta de hielo? Es así como, el aumento de la temperatura, el efecto de los gases invernadero, han originado un interés por desentrañar los procesos que ocasionan el cambio climático. Para esto los climatólogos han dirigido su vista al pasado. Gracias a las perforaciones en los polos se han obtenido registros de aguas congeladas durante decenas de miles de años. Los cuales encierran una valiosa información sobre la historia del clima de estas zonas, como la Antártida. Distintos estudios sobre los testigos de hielo, han revelado cambios profundos en el clima, que duraron de varios siglos a milenios; ciclos entre un periodo glacial (Frío) y otro interglacial (cálido). Periodos que nuestra civilización no ha sufrido estas drásticas oscilaciones climáticas. ¿Por qué se generaron? ¿Cuál fue su efecto en las zonas polares? Estas interrogantes nos guían a diferentes respuestas que están relacionadas tanto con la influencia de la actividad humana o como con los fenómenos naturales de nuestro planeta, como los ciclos descritos por Milankovitch (Alley & Bender 1998).

Lo que sí es infalible, es que el cambio climático es un anomalía en la cual se ha descubierto al menos cinco conclusiones demostrables (Gleick *et al.* 2010): i) la temperatura del planeta está de forma exponencial por el aumento de las concentraciones de gases invernaderos; ii) el aumento de las concentraciones de los gases invernaderos durante el último siglo se debe principalmente a actividades humanas, especialmente por procesos como la deforestación y la generación de combustibles fósiles; iii) las causas naturales siempre han jugado un papel central en los cambios climáticos del planeta, sin embargo, hoy son sobrepasadas por los cambios inducidos por el hombre. iv) El calentamiento del planeta está generando



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**

otras alteraciones climáticas a una velocidad sin precedentes en tiempos históricos, y sus consecuencias incluirán aumentos en el nivel del mar, alteraciones en los ciclos hidrológicos y el aumento de las concentraciones CO<sub>2</sub> provocará una acidificación de los océanos; v) la combinación de estos complejos cambios climáticos amenaza las comunidades y ciudades costeras, los suministros de alimentos y agua, la integridad de ecosistemas marinos, dulceacuícolas, forestales, de alta montaña y otros. El cambio climático global no tiene consecuencias ni causas homogéneas en las diversas regiones del planeta, y sus consecuencias no son solo ecológicas, sino también económicas, políticas y éticas (Chapin *et al.* 2010).

Actualmente nos encontramos en un período de cambio climático, el que trae consigo consecuencias descritas anteriormente a la vida sobre el planeta, especialmente a la Antártida. De hecho, se ha reportado una tendencia al aumento superficial de la temperatura del agua de mar a lo largo de la Península Antártica occidental en más de 1°C durante los últimos 50 años (Meredith & King, 2005; Peck, 2005; Clark *et al.*, 2008). Y Los modelos predictivos prevén que la temperatura media del mar aumentará alrededor de 2°C para el año 2100. De esta manera este trabajo tiene como objetivo demostrar las principales consecuencias que ha padecido y tolerara el continente antártico ante las repercusiones del cambio climático. Como también objetivos secundarios como; i) Describir y conocer que es el cambio climático y como afecta al continente blanco, ii) Conocer como es el hielo antártico y iii) Conocer las repercusiones que se pueden ver hoy en día de este fenómeno. De ahí la importancia de señalar esta temática, ya que —*“La Antártida es un libro abierto que no ha recibido todavía la totalidad del impacto humano. La historia del planeta está escrita en sus aguas y hemos de aprender a leerla”*. Por Josep Maria Gili, Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (CSIC)— (Rossi (2013).



## **VI. LA ANTARTIDA: EL CONTINENTE AL FIN DEL MUNDO**

La Antártida es el continente de mayor aislamiento de nuestro planeta y sus características son únicas y extremas en todo el planeta. Es un continente donde se encuentran los paisajes más inhóspitos y fríos de la Tierra, y, por lo tanto, una escasa vida, la cual, a pesar de estas condiciones, existe y presenta las más asombrosas adaptaciones a estos escenarios. Este territorio se extiende alrededor del Polo Sur y está circunscripto por el Círculo Polar Antártico ( $66^{\circ} 33'S$ ). La Antártica cubre cerca del 10% de la superficie terrestre (14 millones de  $km^2$ ) y profundos mares la separan de otros continentes. Las menores distancias a otras masas continentales son de 1200 km a Sudamérica, 3600 km a África, 2200 km a Nueva Zelanda y 2250 a Tasmania. Alrededor de esta, existen numerosas islas y archipiélagos, que se ubican en lo que llamamos como “Convergencia o Frente Polar”. Que es una especie de cinturón de agua de unos 40 km de ancho por debajo de las aguas más cálidas. La capa de hielo antártico cubre casi el 98% de la superficie de su continente, quedando así cubierto su verdadero relieve, este tiene un espesor promedio de 2000 metros, lo que la equivale como la reserva mundial más grande de agua dulce. Esta acumulación de hielo le otorga la propiedad de ser el continente con el promedio de elevación más grande del planeta, dándole un aspecto de una enorme meseta, cuya altura es de unos 3000 metros, de los cuales 2700 corresponden a la capa hielo. Estas enormes capas de hielo avanzan sobre las costas del mar, dando a lugar a acantilados infranqueables. La más grande de las barreras de hielo es la Barrera de Ross. La ruptura de estas grandes masas de hielo origina los témpanos que se encuentran flotando en los mares antárticos. En si este territorio se divide en Antártica Oriental y Antártica Occidental.

La Antártica Oriental está constituida por una plataforma de rocas del Precámbrico (más de 570 millones de años de antigüedad), en la cual se encuentra la cadena montañosa Transantártica de unos 4800 km de longitud. Que se extiende desde Victoria Land sobre el mar de Ross hasta Coats Land sobre el mar de Weddell.



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**

La Antártida Occidental es la que incluye la Península Antártica, y se señala que su historia geológica estaría formada por tres grandes fragmentos; rocas del Mesozoico (65 a 225 millones de años, el Terciario (2 a 65 millones de años) y depósitos más jóvenes de origen glacial. Existen además distintos valles glaciales que descargan unos 18 km<sup>3</sup> de hielo por año en los mares, como lagos de agua dulce escondidos como el lago Vanda o Vostok que se encuentran cubiertos por una capa de hielo.

En lo que respecta a su clima, la Antártida es el continente más frío y más seco del planeta. La mayor parte de su superficie es un desierto frío. En zonas como la meseta antártica central la temperatura media anual varía entre los -30°C y -65°C. Siendo la menor temperatura registrada de -89,4 °C en la base rusa de Vostok. La precipitación anual equivale apenas de 30 a 70 mm de agua. Las zonas que tienen influencia marítima como las costas, exhiben un clima mucho más benigno, variando sus temperaturas medias anuales entre -10°C y -20°C. Además, es el continente más ventoso del planeta, los vientos pueden superar los 70 km/h, registrándose ráfagas de 140 km/h. La máxima registrada fue en la Bahía Esperanza con 333 km/h.

Los témpanos pueden clasificarse en tres categorías principales: tabulares, irregulares y redondeados, las que están directamente relacionadas con su antigüedad.

De esta manera los hielos más jóvenes son tabulares, que a medida que se van erosionando van transformándose en irregulares debido a la formación de zonas angulares. Y los témpanos más viejos han sufrido una gran erosión, presentan pocas superficies angulares y adquieren un aspecto redondeado, en el que predominan las superficies convexas.

Dentro de estas categorías básicas, existen diferentes morfologías que se explican y se pueden distinguir en la Tabla 1 y *Figura. 1*.



Tabla 1. Tabla descriptiva de las principales morfologías de témpanos de hielo en el continente Antártico.

<b>Témpanos tabulares</b>	<b>Témpanos irregulares</b>	<b>Témpanos Redondeados</b>
a) Horizontales	a) Piramidales	a) Subredondeados
b) Desiguales	b) En castillo	b) Redondeados
c) Cúpula	c) Pinaculares	c) Muy Redondeados
d) Inclinados	d) En forma de Carena	
e) Macizos	e) En forma de Techo	
	f) Macizos	
	g) Dentados	

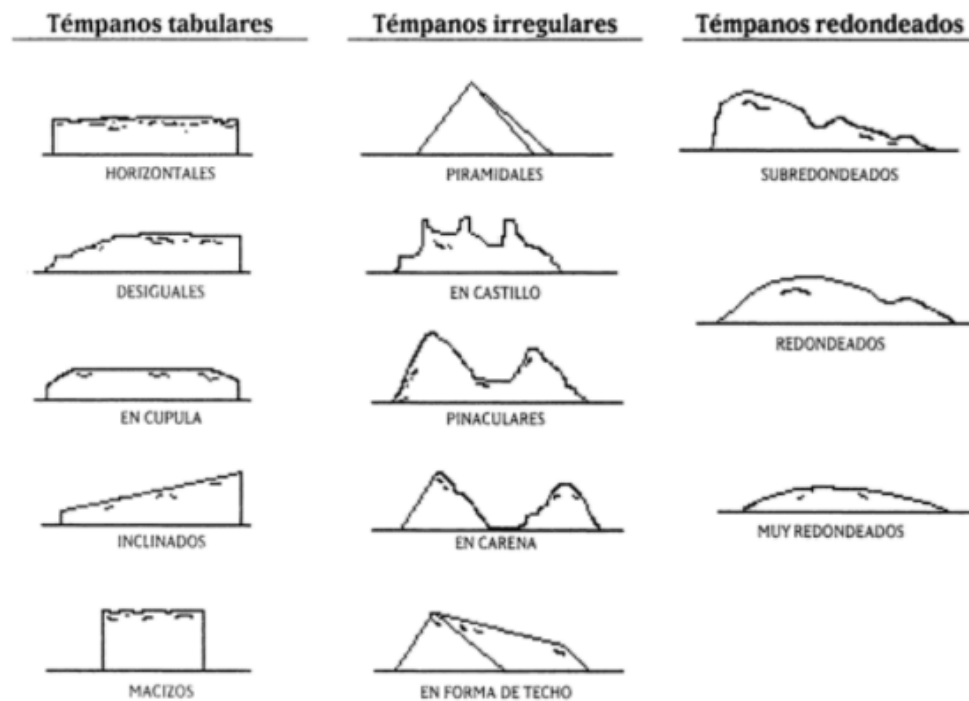
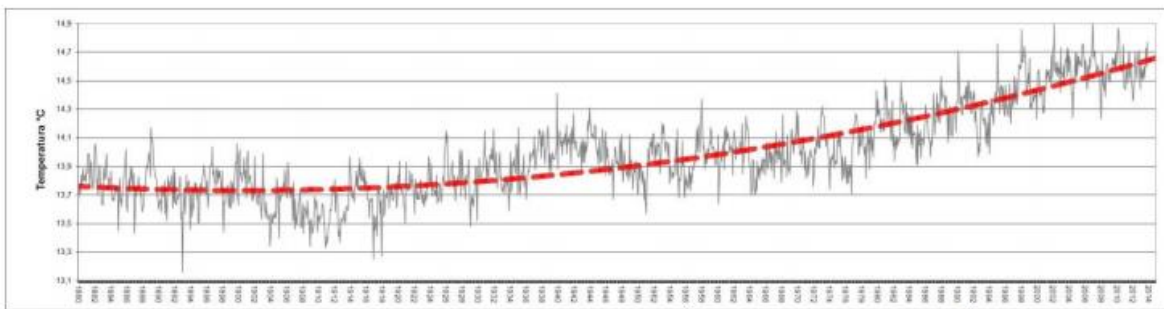


Figura. 1. Principales tipos de témpanos, (extraído de Libro: “Antártida, descubriendo el continente blanco, Autores Irina & Izaguirre Gabriela Mataloni. Editorial el nuevo Extremo. Edición I Año 2000)



## VII. ANTECEDENTES GENERALES DEL CLIMA

El clima de nuestro planeta ha cambiado constantemente a través del tiempo geológico. Desde el periodo cuaternario que se caracterizó de constantes oscilaciones de temperaturas medias, que determinaban los ciclos glaciares e interglaciares. La variabilidad climática se debió con anterioridad a causas naturales, pero en el siglo XX, con el inicio de la Revolución Industrial ocasionada por el hombre se empezó a interferir de manera significativa en el devenir del planeta. La evidencia instrumental muestra el aumento de la temperatura del planeta en los últimos ciento treinta y cuatro años (*Figura. 2*), y es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante de este calentamiento observado desde mediados del siglo XX.



*Figura. 2.* Cambios en la temperatura media del planeta y anomalía de la misma, desde el año 1880 hasta noviembre de 2013. Se puede apreciar como en 130 años, el planeta ha aumentado su temperatura en 0. 8° c. (Extraído de national aeronautics and space administration).

Las causas generales de este cambio climático se centran en los resultados de distintos modelos numéricos (Schlesinger & Mitchell, 1987), los que concuerdan en que la tierra enfrenta un inminente cambio en las condiciones climáticas. Los orígenes del cambio global del clima se originan en la alteración de los componentes de la atmósfera y de la superficie del planeta, por el consecuente aumento en la actividad tecnológica y agrícola. En efecto, el seguimiento de las concentraciones atmosféricas de anhídridos carbónicos, metano, clorofluorocarbonos y óxidos de



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**

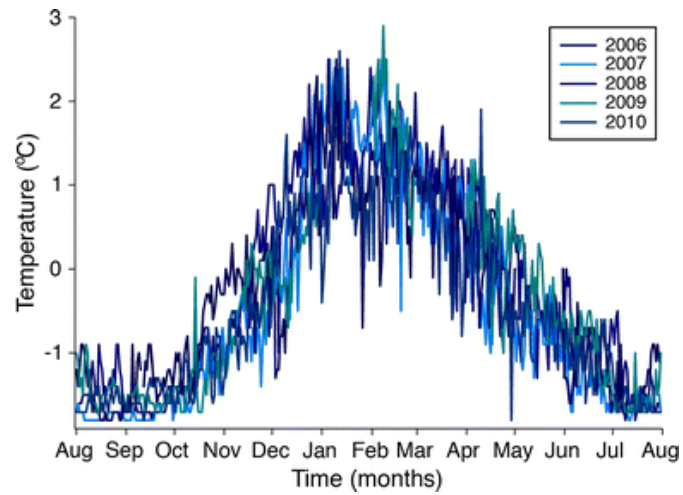
nitrógeno ha puesto en evidencia aumentos sostenidos de todos ellos. Estos gases permiten el libre paso de la radiación solar hacia la superficie terrestre, pero son capaces de absorber parte de la radiación infrarroja emitida por ella. Este comportamiento discriminatorio frente a flujos radiactivos de distinto origen, conocido como efecto invernadero, conduce a un aumento de temperatura en las capas de aire cercanas a la superficie. A esto deben sumarse los cambios que introduce el hombre en la superficie del planeta en sus esfuerzos por habilitar nuevas tierras para cultivo, crear rutas de comunicación o regular el caudal de los ríos.

La magnitud, distribución y las estimaciones del cambio global indican que dentro de los próximos 50 a 100 años el calentamiento elevará la temperatura superficial media del planeta en una magnitud estimada de  $2,3 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ . El error asociado desde ya informa del alto grado de incertidumbre de la estimación, pero el valor esperado excede los más altos registrados durante los últimos 10.000 años, y la rapidez con que ocurrirá representa una severa amenaza a los procesos de adaptación biológica y cultural. Por ahora las observaciones instrumentales disponibles indican que durante los últimos 100 años la temperatura media del planeta ha aumentado en  $0,5^{\circ}\text{C}$ . El aumento de temperatura presentará una importante variabilidad geográfica, siendo más importante en latitudes polares debido a la fragilidad de estas zonas (Fuenzalida *et al.* 1989).



## **VIII. EL CAMBIO CLIMATICO EN EL CONTINENTE ANTARTICO**

Se ha reconocido que nos encontramos en un periodo de Cambio Climático, en el cual el calentamiento global es uno de los principales factores que genera el aumento de las temperaturas de las aguas, afectando así de forma potencial al ecosistema antártico (Park *et al.*, 2007; Almroth *et al.*, 2015), por lo que se cree que son los que tienen menos capacidades para hacer frente a estos aumentos de temperatura (Huey and Hertz, 1984; Levins, 1968). En este caso, la Península Antártica es la región que ha experimentado los cambios climáticos más rápidos: la temperatura superficial del agua de mar a lo largo de la península antártica occidental ha aumentado en más de 1°C durante los últimos 50 años y la cubierta de hielo se ha reducido drásticamente en 15 años (Meredith y King, 2005; Peck, 2005; Clark *et al.*, 2008). A su vez otros estudios han documentado una tendencia del calentamiento en 0,17°C a 100-700 metros de profundidad entre 1950 y 1980, del mismo modo, el continuo calentamiento durante los últimos 20-30 años a elevado en promedio las temperaturas del océano alrededor de 0,2°C (Portner *et al.*, 2007). Actualmente se prevé que la temperatura media del mar aumentará alrededor de 2°C para el año 2100, lo que provocaría que los organismos marinos antárticos estén expuestos más allá de sus límites de supervivencia (Peck, 2005). Recientemente, Schram *et al.* 2015 indica un aumento anual de la temperatura superficial del mar en un periodo de 5 años (2006-2010) en el Puerto Arthur, Isla Anvers, indicando un máximo de 2,9°C y una mínima de 1,8°C (Fig. 3).



*Figura. 3.* Temperaturas superficiales anuales del mar durante un periodo de 5 años (2006-2010) en Puerto Arthur, Isla Anvers, en la Antártida. El máximo de temporada y mínima durante el periodo de 5 años fueron de 2,9 y 1,8 °C. (Schram *et al.*, 2015).



## **IX. LAS GLACIACIONES Y EL CAMBIO GLOBAL**

Las glaciaciones son sucesos de escala geológica donde la temperatura media del planeta ha bajado lo suficiente para producir grandes masas de hielo (glaciares) en latitudes más bajas de lo habitual. Estas glaciaciones han tenido dramáticas consecuencias en el pasado, produciendo, por ejemplo, reducción de los espacios disponibles para la vida, el descenso de los niveles de oxígeno en los océanos (la mortal anoxia), cambios en la distribución de organismos y la formación de puentes biogeográficos, como el del estrecho de Bering, que permitió la entrada del Homo sapiens en América.

En los años veinte y treinta, Milutin Milankovitch, astrónomo serbio, investigó las sutiles variaciones inducidas en la órbita terrestre en virtud de la atracción gravitatoria ejercida por otros planetas. Estas alteraciones se manifestaban en diferentes distribuciones de intensidad de luz solar, lo que podría provocar graves variaciones en el clima a lo largo de un arco de tiempo de decenas a centenares de miles de años. Milankovitch investigó tres variables orbitales: la inclinación del eje de rotación, la precesión de la inclinación (bamboleo del eje de rotación) y la excentricidad de la órbita alrededor del Sol. Los cambios en estos tres parámetros producen oscilaciones en el clima lentas y nítidas, con periodos de unos 40.000 años (regido por la inclinación), 20.000 años (gobernado por la precesión) y 100.000 o más (dependiente de la excentricidad).

Muchos contemporáneos de Milankovitch se opusieron a su teoría astronómica del cambio climático. A él le llegó la muerte en 1958 sin haber demostrado su tesis. Andando el tiempo, sin embargo, los estudiosos de los sedimentos oceánicos realizaron notables descubrimientos. Observaron que los últimos millones de años se caracterizaban por una serie repetida de cambios de temperatura, durante los cuales avanzaban y retrocedían enormes glaciares sobre extensas superficies, ajustando siempre su paso al predicho por Milankovitch. Para el último millón de años, al menos, el ciclo básico del clima –el intervalo de tiempo entre un extremo



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**

glacial o interglacial y el siguiente– duro unos 100.000 años, con oscilaciones a corto plazo de 20.000 y 40.000 años.

Apoyándose en esta teoría, el climatólogo y botánico alemán Wladimir Köppen propuso que lo que conduce a una glaciación no es una sucesión de inviernos rigurosos, sino el descenso de la insolación en verano, que dificultaría la fusión de los hielos formados en el invierno. La historia natural ha estado llena de estos eventos, que han condicionado la existencia de vida sobre el planeta. Por lo menos, cinco magnas glaciaciones han ocurrido desde el origen de la Tierra, hace unos 4.500 millones de años. Durante el Cámbrico, en el límite Ordovícico-Silúrico, durante el Pérmico, a fines del Neógeno y el Pleistoceno, el hielo se apoderó de gran parte de la Tierra, provocando grandes extinciones que han quedado plasmadas en el registro fósil. Las primeras evidencias de hielo continental antártico las encontramos durante el límite Eoceno-Oligoceno (hace unos 34 millones de años), debido principalmente a la separación de Australia y Antártica (apertura del paso de Tasmania) y al descenso de los niveles de CO<sub>2</sub> atmosféricos. Sin embargo, esto significó que las montañas del centro del continente se congelaran, permitiendo que un ambiente estepario se instalara donde antes había frondosos bosques. El evento que congeló finalmente la totalidad de la Antártica fue la apertura del Paso de Drake, que hace unos 24 millones de años habría permitido la generación de una corriente marina que giraría en un circuito cerrado en torno a la Antártica, impidiendo la salida de masas de agua hacia ambientes más cálidos. A esta corriente se le llamó Circumantártica y produjo, entre otras cosas, la corriente fría de Humboldt, que convierte el clima de Chile centro-sur en templado y al desierto del norte en el más árido del mundo. Durante los últimos 80 millones de años, la temperatura global del planeta ha ido en constante descenso. Pero desde el comienzo de la Revolución Industrial, el aumento de las emisiones de gases invernadero, unido a otros factores naturales, han revertido la drástica tendencia al enfriamiento, configurando el escenario de Calentamiento Global que ahora conocemos. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, en inglés) ha generado gráficos



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**

sobre temperatura global para los próximos años. En el escenario más cálido, a finales de este siglo tendremos una temperatura global similar al final de la era de los dinosaurios. En el escenario más conservador, es decir, más frío, en 300 años alcanzaríamos esa temperatura (unos 7°C más alta que en la actualidad). Vale la pena conocer cómo se comportaron los continentes, las masas de hielo y los seres vivos del pasado, pues nos podrían indicar claves para entender nuestro futuro.





## **X. CONCLUSIONES**

En el análisis que hemos presentado, se demuestra lo que conlleva la protección del medio ambiente antártico respecto a la disyuntiva del cambio climático. La península Antártica es una de las regiones más fuertemente afectadas por el cambio climático, al experimentar un aumento en las temperaturas atmosféricas hasta seis veces superiores al promedio mundial observado en las últimas décadas, estas anomalías de temperatura han generado alteraciones que no se habían registrado en los últimos 10 mil años, tanto en los glaciares de la región como en sus ecosistemas. Recientemente, la Agencia Espacial Canadiense (CSA), la europea (ESA) y la japonesa (JAXA), publicaron un mapa con los detalles del movimiento del hielo en la Antártica entre los años 2007 y 2009, a partir de un mosaico digital con imágenes satelitales proporcionadas por las agencias mencionadas. Este mapa muestra el importante retroceso de los hielos y aceleración de este proceso en los últimos años. Por otra parte, el océano Austral es el único cuyas aguas rodean todo el globo, lo cual es un elemento crucial para el motor calórico mundial. Los fuertes vientos, las bajas temperaturas y la dinámica del hielo marino antárticos, conducen patrones de corrientes que influyen fuertemente el clima de la Tierra.

Los cambios experimentados en el continente Antártico en los últimos años, han motivado una serie de estudios, entre los que destaca el reporte “Antarctic Climate Change and the Environment”, desarrollado por el comité científico en investigación antártica, donde se analiza el rol del continente antártico en el clima global, la instrumentación y reportes sobre registros y tendencias de diversos parámetros como nivel del mar, biología marina y terrestre, parámetros meteorológicos, observaciones de hielos marinos, capa de hielo y permafrost, entre otros.



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**

De esta manera podemos comprobar que existe una clara preocupación de la comunidad científica por lograr la protección de este ecosistema y de sus recursos de manera decidida.

Como señalamos anteriormente la antártica es nuestra mayor reserva de agua dulce en el planeta, con sus bastas y majestuosas planicies y biodiversidad indómita, la convierten en el laboratorio natural más grande del mundo. Por lo que la Antártica, geopolíticamente hablando es un territorio muy importante en el planeta y a través de esos protocolos de protección del medio ambiente se promueve eliminar las discordancias que pueden suceder al respecto del futuro de este territorio. Como señalamos —*“La Antártida es un libro abierto que no ha recibido todavía la totalidad del impacto humano. La historia del planeta está escrita en sus aguas y hemos de aprender a leerla”*. Por Josep Maria Gili, Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (CSIC)— (Rossi (2013). Y con este documento esperamos que se contribuya a evitar conductas que puedan poner en riesgo el frágil ecosistema antártico. No solo la prevención nos permitirá evitar los futuros impactos ambientales sino también el actuar antes que lamentar daños irreparables a este tan importante ecosistema.



## **XI. BIBLIOGRAFÍA**

1. Alley, R. B., & Bender, M. L. (1998). Testigos de hielo de Groenlandia. Investigación y Ciencia.
2. Almroth B.C, Asker N, Wassmur B, Rosengren M, Jutfelt F, Gräns A. and Sturve, J. (2015). Warmer water temperature results in oxidative damage in an Antarctic fish, the bald notothen. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 468, 130-137.
3. Chapin, F.S. III, M. Power, S.T. Pickett, D. Carter, R. Jackson & C. Duke 2010. Earth Stewardship: A framework to transform the trajectory of society's relationship to the biosphere. SBE White Paper 9. Ecological Society of America. (29 March 2011);
4. Clarke A, (2008) Antarctic marine benthic diversity: patterns and processes. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology* 366, 48-55.
5. Fuenzalida, H., Villagran, C., Bernal, P., Fuentes, E., Santibañez, F., Peña, H. & Rutilant, J. (1989). Cambio climático global y eventuales efectos en Chile. *Amb. y Des*, 2, 37-42.
6. Gleick, P.H., R.M. Adams, R.M. Amasino, E. Anders, D.J. Anderson, et al. 2010. Climate change and the integrity of science. *Science*, 328: 689-690.
7. Huey, RB y Hertz, PE (1984) Is a jack-of-all-temperatures a master of none? *Evolution* 441–444
8. Levins R (1968) *Evolution in changing environments*. Princeton Univ. Press, Princeton.
9. Meredith, MP & King JC (2005) Rapid climate change in the ocean west of the Antarctic Peninsula during the second half of the 20th century. *Geophysical Research Letters* 32, 1-5.
10. Park H, Ahn IY and Lee HE (2007) Expression of heat shock protein 70 in the thermally stressed antarctic clam *Laternula elliptica*. *Cell Stress Chaperones* 12, 275-282.



**Universidad de Magallanes**  
**Centro de Investigación Antártica**  
**Diplomado de Asuntos Antárticos**

11. Peck LS (2005) Prospects for surviving climate change in Antarctic aquatic species. *Front Zool* 2, 9.
12. Portner HO, Peck L and Somero G (2007) Thermal limits and adaptation in marine Antarctic ectotherms: an integrative view. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 362, 2233- 2258.
13. Rossi, S. (2013). *Un viaje a la Antártida. Un científico en el continente olvidado*, Barcelona, Tusquets.
14. SCHLESINGER, M.E. y J.F.B. Mitchell, (1987) Climatic Model simulations of the equilibrium climatic response to increased carbon dioxide. *Rev. of Geophysics*, 25, (4), 760-798.

**Libros**

Libro: “Antártida, descubriendo el continente blanco”  
Autores Irina & Izaguirre Gabriela Mataloni.  
Editorial el nuevo Extremo  
Edición I Año 2000

**Páginas web**

- <http://www.umaq.cl/gaiaantartica/wp-content/uploads/2017/08/Antartica-Nuestra-02-Clima.pdf>
- <https://books.google.cl/books?id=hxiQLqjclQ8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [https://www.researchgate.net/profile/Manuel\\_Contreras5/publication/262568318\\_CAMBIO\\_CLIMATICO\\_CONTEMPORANEO\\_Y\\_UNA\\_CONJETURA SOBRE LA RELACION ANTARTICA - SUDAMERICA A TRAVES DEL OLEAJE/links/02e7e5382b2dd8ff0000000/CAMBIO-CLIMATICO-CONTEMPORANEO-Y-UNA-CONJETURA-SOBRE-LA-RELACION-ANTARTICA-SUDAMERICA-A-TRAVES-DEL-OLEAJE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Contreras5/publication/262568318_CAMBIO_CLIMATICO_CONTEMPORANEO_Y_UNA_CONJETURA SOBRE LA RELACION ANTARTICA - SUDAMERICA A TRAVES DEL OLEAJE/links/02e7e5382b2dd8ff0000000/CAMBIO-CLIMATICO-CONTEMPORANEO-Y-UNA-CONJETURA-SOBRE-LA-RELACION-ANTARTICA-SUDAMERICA-A-TRAVES-DEL-OLEAJE.pdf)