

Capítulo 6

Importancia del bioma antártico en la hidroestrategia del Estado colombiano*

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287602205.06>

Aleixer Farid Villegas Cardona

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Resumen: Este capítulo identifica la importancia del bioma antártico en la determinación de la estrategia hídrica del Estado colombiano, al relacionar la conservación del ecosistema austral con la geopolítica ambiental. Para ello, se presentan los principales constituyentes físicos, se detallan estos ecosistemas y se describe el impacto del continente antártico en la regulación global del clima. Luego, se abordan las posibles amenazas para el Estado colombiano derivadas del deterioro en el Continente Blanco, con el fin de favorecer la consolidación de la hidroestrategia nacional y la construcción de conciencia e identidad ambiental. Adicionalmente, se presentan reflexiones sobre el calentamiento global y la geopolítica ambiental, puntualizando en el impacto de los servicios ecosistémicos en la biodiversidad colombiana. Finalmente, se esboza la responsabilidad del Estado en la salvaguarda del agua, a fin de establecer y defender los intereses nacionales relacionados con la biodiversidad, los recursos naturales e hídricos.

Palabras clave: Antártida; bioma antártico; geopolítica ambiental; hidroestrategia; recursos naturales; servicios ecosistémicos.

* Capítulo de libro resultado del proyecto "La importancia de la Antártida para Colombia. Territorio de ciencia, protección del medioambiente y seguridad internacional", del grupo de investigación "Masa Crítica", de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado A1 por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias), código COL0123247. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Aleixer Farid Villegas Cardona

Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana, Magíster en Ciencias Militares Aeronáuticas, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Magíster en Geopolítica y Estrategia, Escuela Superior de Guerra "Rafael Reyes Prieto". Especialista en DIH-DIDH, Universidad Externado de Colombia. Administrador aeronáutico, Escuela Militar de Aviación. Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana. Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-6341-6929> Contacto: villegasaf@esdegue.edu.co

Citación APA: Villegas Cardona, A. (2023). Importancia del bioma antártico en la hidroestrategia del Estado colombiano. En D. Barrero-Barrero y M. Tovar Zambrano (Eds.), *La importancia de la Antártida para Colombia: Vol. 2. Medioambiente, seguridad internacional y contribución militar* (pp. 21-46). Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9786287602205.06>

LA IMPORTANCIA DE LA ANTÁRTIDA PARA COLOMBIA Vol. 2. MEDIOAMBIENTE, SEGURIDAD INTERNACIONAL Y CONTRIBUCIÓN MILITAR

ISBN impreso: 978-628-7602-15-1 (Obra completa)

ISBN digital: 978-628-7602-18-2 (Obra completa)

ISBN impreso: 978-628-7602-17-5 (Volumen II)

ISBN digital: 978-628-7602-20-5 (Volumen II)

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287602205>

Colección Estrategia, Geopolítica y Cultura

Sello Editorial ESDEG

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes prieto"

Bogotá D.C., Colombia

2022



Introducción

El conjunto de ecosistemas ubicados en la posición geográfica circumpolar sur se conceptualiza en este capítulo como el bioma antártico e incluye tanto el continente antártico como el océano Austral. Esta investigación presenta una breve explicación sobre la relevancia del bioma antártico en el equilibrio ambiental del planeta, identificando los vínculos atmosféricos, oceánicos y biofísicos entre Colombia y la Antártida. Detalla, además, las potenciales amenazas para Colombia derivadas del deterioro ambiental en este ecosistema y plantea la repercusión del bioma antártico en la hidroestrategia del Estado colombiano, ofreciendo una perspectiva de los intereses nacionales a fin de aportar a consolidar nuestra geopolítica ambiental.

Para desarrollar esta investigación es importante, en primer lugar, advertir las teorías de los geógrafos políticos Nogué y Rufí (2001), quienes, sobre la geopolítica y la ambientalización, afirman: "la capacidad de movilización social de la ecología, el cuestionamiento por parte del medioambiente de algunos aspectos de la soberanía de los Estado-nación y el papel de los organismos internacionales están llevando a la ambientalización de la geopolítica" (Nogué & Rufí, 2001, p. 200).

En segundo lugar, introducir el concepto de identidad ambiental que, según Porras (2019), se relaciona con la representación social que las comunidades tienen sobre ellas mismas y el medioambiente, incluidos los aspectos cognitivos, afectivos y comportamentales que influyen la forma como la gente se relaciona, establece su forma vida y deciden frente a su propio ambiente. En los últimos años, el Estado colombiano ha apuntado hacia la declaración de la biodiversidad y los recursos naturales no renovables como un interés nacional, que resulta en una mayor conciencia medioambiental, asumiendo esfuerzos por la conservación de la biodiversidad natural y cultural. A partir de ahí, se materializa

la declaración de nuevas áreas naturales protegidas, así como los bienes y servicios ambientales indispensables para la sociedad colombiana, los cuales son determinados por la congruencia frente a un interés social y por la necesidad de cara a situaciones de riesgo ambiental.

En tercer lugar, es necesario destacar cómo el Gobierno colombiano ha venido alineando estos intereses ambientales con las políticas públicas, en concordancia con la política exterior, de manera que se promueve un rol más relevante en el escenario internacional para el desarrollo de actividades de investigación y cooperación científica que beneficien a toda la humanidad.

En tal sentido, la designación de Colombia, en 2021, como presidente del grupo de países megadiversos (Cancillería de Colombia, 2020), permite una mejor posición e influencia en el sistema internacional para velar por los intereses ambientales de la nación. También es un éxito de la política pública que, ocho años antes de lo pactado, se logrará algún estatus de protección sobre el 30 % de las áreas marinas y terrestres; así, Colombia es el primer país del hemisferio en cumplir la meta propuesta en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y la Alianza Global por los Océanos de la ONU, iniciativa 30x30.

En otras palabras, el Estado colombiano, con la política exterior y la "geopolítica medioambiental", esta interactuando de manera más activa con la comunidad internacional, tanto, en contexto de las discusiones sobre la importancia del desarrollo sostenible, la protección de la biodiversidad, el agua y otros recursos naturales, como tomando acciones concretas, con el fin de proteger la megadiversidad biológica con que cuenta el país.

De hecho, esta es otra razón que justifica el interés de participar en la agenda científica antártica, toda vez que este continente es considerado una reserva natural para la paz y la ciencia, el más austral de la Tierra, y actúa como un regulador global del clima, proceso del que Colombia no es ajena, por lo que proteger y preservar el Continente Blanco tiene un impacto en el desarrollo marítimo, ambiental y económico del país (CTNAA, 2014), especialmente cuando los fenómenos atmosféricos y el clima extremo son cada vez más comunes, convirtiéndose en una amenaza para cualquier Estado (ONU, 2020).

Otra razón para estudiar la relación entre Colombia y la Antártida es el hecho de que, según estimaciones, la proporción de agua dulce en la Tierra es solo del 3,5 % del total y alrededor del 70 % de esta se encuentra congelada en la Antártida (Fundación AQUAE, 2018, párr. 3). Queda claro que el agua dulce es un recurso valioso y que, según Álvarez (2017), la Antártida es imperativo hidropolítico y los Estados están llamados a la confrontación por él.

Ciertamente, como lo señala la ONU (2020), en su informe sobre el cambio climático y medioambiente, "los recursos de agua dulce disponibles por persona han disminuido en más de un 20 % en las últimas dos décadas debido al crecimiento de la población y el desarrollo económico, exacerbados por el cambio climático". Así, en muchos países ya existe escasez de agua potable, como en Jordania e Israel.

Tanto la comunidad internacional como el Estado colombiano comparten el interés por entender los fenómenos que están afectando al Polo Sur, y es importante que estos intereses coexistan. En Colombia, se ha demostrado interés en la exploración antártica a través de la creación de la Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035 en 2013, la cual es un documento orientador que establece estrategias para el desarrollo de la ciencia, tecnología, investigación e innovación en la Antártica (Programa Antártico Colombiano [PAC], 2014, p.12). El estudio de la relación entre Colombia y la Antártida es crucial debido a los posibles impactos ambientales, económicos y estratégicos que pueden tener en el futuro próximo sobre el país.

Así, el interés en el Continente Blanco se concretó con el CONPES 3990 (DNP, 2020), enunciando y exponiendo a Colombia como: "Potencia Bioceánica Sostenible 2030 con un carácter prospectivo y estratégico que busca posicionar en la agenda pública nacional los océanos como factor de desarrollo sostenible en los próximos años", política que esboza la "necesidad de reforzar y potenciar la participación institucional del país en los escenarios internacionales relacionados con los océanos y los intereses marítimos nacionales" (p. 20).

En último término, encontramos que la política para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) aprobada en el CONPES 4050 (2021) plantea la biodiversidad como el principal patrimonio de la nación, y que su conservación garantiza una mayor resiliencia ante las consecuencias del cambio climático. Además, por primera vez, la Política de Defensa y Seguridad (2019) dispone de objetivos estratégicos respecto de "Preservar y defender el agua, la biodiversidad y los recursos naturales, como activos estratégicos de la nación e intereses nacionales" (p. 48).

En síntesis, este capítulo examina la relación entre Colombia y la Antártida con el fin de contribuir a la creación de una conciencia e identidad ambiental nacional. Se destaca la importancia de la alineación de los intereses ambientales y políticos, así como la necesidad de unas políticas públicas y una política exterior coherente en esta materia. Además, se subraya el valor de la Antártida como reserva natural para la paz y la ciencia, así como su papel en la regulación

global del clima e importancia como reservorio de agua dulce, un recurso valioso y cada vez más escaso.

Así las cosas, con base en lo expuesto, se formuló esta pregunta de investigación: ¿Cuál es la importancia del bioma antártico en la estrategia hídrica del Estado colombiano? Para responder este interrogante, se planteó como objetivo general el establecer la relación entre la hidroestrategia colombiana y la preservación del bioma antártico, con los siguientes objetivos específicos: identificar los vínculos atmosféricos, oceánicos y biogeográficos entre Colombia y la Antártida, definir las potenciales amenazas para Colombia derivadas del deterioro del continente austral como regulador global del clima y explicar el impacto del bioma antártico en la determinación de la hidroestrategia del Estado colombiano.

Vínculos atmosféricos, oceánicos y biogeográficos entre Colombia y la Antártida

Para entender las conexiones atmosféricas, oceánicas y biogeográficas entre Colombia y la Antártida, es necesario reconocer que existe un solo ecosistema planetario, influenciado por una innumerable cantidad de interacciones, donde las fronteras políticas no tienen relevancia. Esta concepción ecosistémica se denomina *ecosfera* y vincula "todos los organismos vivos de la Tierra junto con el ambiente y todos sus recursos" (Cole, 1958, p. 84).

En consecuencia, es pertinente indicar que el continente suramericano es el más próximo a la Antártida y que para bien o para mal, la relación humana con su entorno determina en gran medida el cambio de las características físicas en los ecosistemas; de manera análoga, condiciones medioambientales más favorables determinan dónde se asientan los seres humanos. En otras palabras, la gobernanza de las actividades humanas juega un papel fundamental en la protección o deterioro de estos ecosistemas.

En ese orden de ideas, de Castro et al. (2015) exponen que "la relación naturaleza-sociedad proporciona tanto oportunidades como desafíos en el logro de un desarrollo más justo, equitativo y sostenible" (p. 14).

Así las cosas, el océano es el ecosistema interconectado más grande del planeta y proporciona una amplia gama de servicios ambientales, tales como alimento, energía, transporte, resiliencia ambiental y beneficios inmateriales que mejoran nuestra sensación de bienestar, entre ellos, la belleza, la identidad cultural y la recreación.

Caracterización y vínculos

Es importante subrayar que Colombia es considerado un país megadiverso; ocupa el primer lugar en diversidad por kilómetro cuadrado y está dentro de los tres más biodiversos del planeta. Según el Instituto Von Humboldt (2010), están identificados más de 8000 ecosistemas específicos que hospedan la décima parte de las especies encontradas en el mundo en solo el 0,7 % de la superficie continental.

Luego, Colombia es el único país de América del Sur con dos océanos; además, tiene una extensión territorial de 207.040.800 hectáreas, de las cuales el 37,63 % se encuentra declarado como áreas con alguna categoría de protección (MinAmbiente, 2022).

En contraste, la biodiversidad de la Antártida es muy limitada, a pesar de que los ecosistemas terrestres y marinos albergan algunas especies que han sobrevivido durante millones de años soportando incluso periodos glaciales (Convey & Stevens, 2007).

En el continente antártico la posición relativa respecto del sol implica que se produzcan grandes diferencias de temperatura a lo largo del año, casi siempre por debajo de los 0° C, razón por la cual, solo los animales y las plantas que tienen adaptaciones biológicas para soportar el frío extremo pueden sobrevivir (Walton, 1987). Por lo tanto, el ecosistema terrestre está formado por unos pocos invertebrados como insectos, arácnidos, nematodos, crustáceos y protozoarios, mientras que, en los lagos y bahías, la vida marina es más diversa: proliferan una gran variedad de algas, microorganismos, protozoarios, estrellas y erizos de mar y unas cuarenta variedades de peces, los *Notothenia rossii marmorata* los más abundantes.

La Encyclopedia of the Antártica (Beau, 2007, p. 52), establece que la zona de divergencia antártica, del océano Austral, es extremadamente rica en fitoplancton y zooplancton, recursos esenciales para la vida de muchas especies. El fitoplancton es el principal recurso alimentario, del cual dependen cientos de especies, entre las cuales se destaca el kril (*Euphausia superba*), un pequeño crustáceo, parecido al camarón, que sirve como recurso alimenticio para el mamífero más grande del océano: la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) (Walton, 1987).

Las aguas heladas del océano Antártico son el único hábitat del kril; se estima que la biomasa de este crustáceo supera la biomasa de toda la población humana del planeta. Sin embargo, Flores et al. (2012) señalan que se

está experimentando una reducción drástica en la población debido al cambio climático.

En cuanto a las aves, en la Antártida y las regiones subantárticas, se reconocen al menos 130 especies de aves. De las nueve especies de pingüinos existentes en el planeta, siete están en la Antártida, entre ellas: el pingüino Papua (*Pygoscelis papua*), el Adelia (*Pygoscelis adeliae*), el antártico (*Pygoscelis antarcticus*), el de vientre amarillo (*Eudyptes crestatus*), el macaroni (*Eudyptes chrysolophus*), el rey (*Aptenodytes patagonicus*) y el emperador (*Aptenodytes fosteri*) (Capazoli, 1991, p.70).

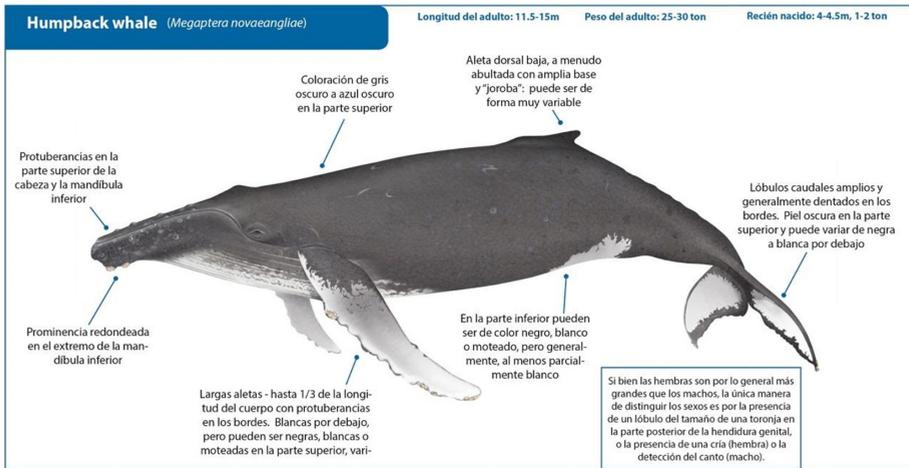
Respecto de los mamíferos, se destacan las vacas marinas, los lobos marinos, las focas y las ballenas. Estas, en su mayoría, pasan el verano alimentándose de kril, aunque algunas se alimentan también de focas y camarones. Se encuentran: la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), el minke (*Balaenoptera acutorostrata*); la jorobada (*Megaptera novaeangliae*), el sei (*Balaenoptera borealis*), el aleta (*Balaenoptera physalus*), el austral (*Balaenoptera australis*) el cachalote (*Physeter catodon*) y la orca (*Orcinus orca*), este última, en realidad un delfín, pero se registra como ballena por su gran tamaño.

De este modo, en la Antártida habitan especies de animales y plantas endémicas. No obstante, existe una especie que migra durante el invierno antártico y hace parte también de la diversidad biológica colombiana. Se trata de la ballena jorobada, que debe su denominación de *jorobada* a la ancha base en la aleta dorsal, más evidente cuando la ballena arquea su cuerpo para realizar una zambullida profunda, ya que sobresale claramente en la parte posterior de la espalda (Félix, 2015).

El movimiento de las ballenas en distancias relativamente largas se debe a su necesidad de encontrar aguas más cálidas para el apareamiento, el parto y la lactancia satisfactorios: así, facilitan el desarrollo inicial de sus crías (ballenatos) regulando más eficientemente su temperatura corporal (37 °C) y aprovechando mejor la energía de la leche materna.

Por su parte, la ballena jorobada está ampliamente distribuida en todos los océanos del mundo, aunque prefieren zonas costeras de menos de doscientos metros de profundidad para reproducirse (Felix, 2015, p. 19). Esta ballena se reconoce ampliamente por su alta actividad superficial; por el golpe o el chapoteo, que puede verse a varios kilómetros de distancia. Las características físicas de la ballena jorobada, en figura 1.

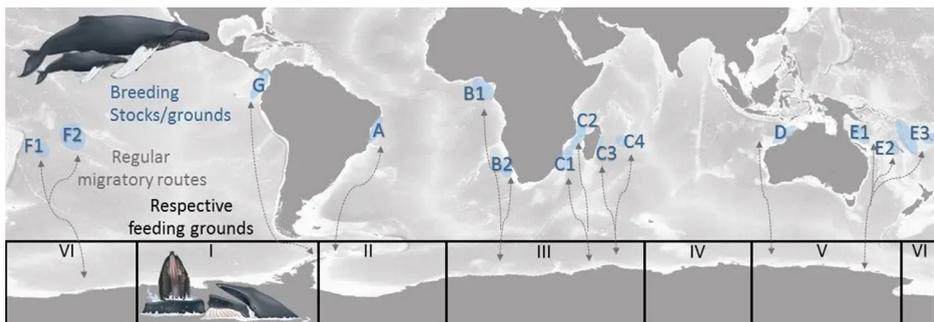
Figura 1. Ballena jorobada



Fuente: Comisión Ballenera Internacional (2023).

La Comisión Ballenera Internacional reconoce siete diferentes bloques de reproducción de ballenas jorobadas, poblaciones que concurren desde ambos hemisferios. Estos bloques son identificados con las letras de la A a la G y están relacionados con una posición en cada continente, con excepción de una, la ubicada en el centro del océano Pacífico. Así a Colombia, en sus aguas territoriales, le corresponde la población del Pacífico suroccidental del bloque reproductivo G, según lo detalla la figura 2.

Figura 2. Ballena jorobada, bloques reproductivos



Fuente: Las ballenas y el cambio climático (2023).

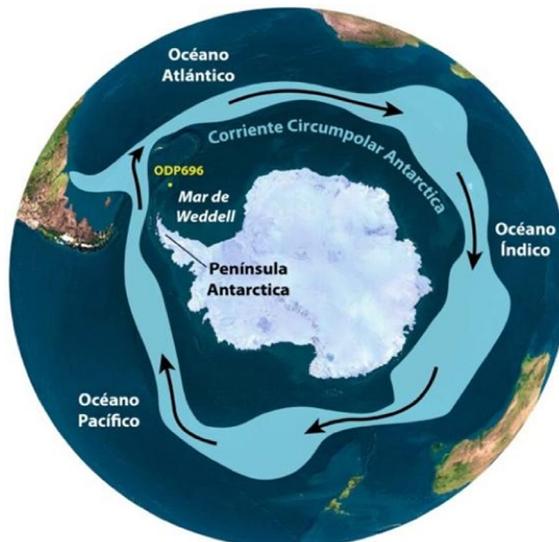
Corrientes oceánicas

En los océanos y los mares, las masas de agua no permanecen estáticas; se desplazan de forma horizontal y vertical, produciendo corrientes a lo largo y ancho del planeta. Su importancia radica en la contribución a la circulación atmosférica; en otras palabras, el mar está directamente vinculado con la determinación del clima al transportar humedad y calor alrededor del globo, lo que tiene relación con la periodicidad de las lluvias y la intensidad de los fenómenos climatológicos.

En este proceso, la corriente marina circumpolar Antártica fluye de occidente a oriente, recorriendo aproximadamente 23.000 kilómetros. Esta corriente transporta agua intermedia y profunda entre los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, y se encarga principalmente de separar las corrientes provenientes del norte con aguas cálidas del agua más austral que es fría. Esta interacción genera una barrera casi inexpugnable que aísla y preserva, hasta cierto punto, el ecosistema antártico.

Por otra parte, la capa de hielo de la Antártida juega un papel importante en el equilibrio de las temperaturas del agua del océano. Esto se debe a que, durante los meses de invierno, se forma una extensa capa de hielo alrededor del continente y en los meses de verano, esta capa se descongela completamente, cambiando la salinidad de la columna de agua y enfriando el océano lo que beneficia la circulación de los océanos (Marson, 2012, p. 31-45).

Figura 3. Mapa Corriente Circumpolar Antártica (CCA)



Fuente: Fundación DesQbre (2019).

En tal sentido, Brun (2020), al caracterizar el papel del océano Pacífico, distingue su rol en el intercambio de las masas de agua oceánicas, considerándolo la principal fuente de dilución de agua subantártica a través del estrecho de Magallanes, ya que, en este punto de la región subantártica, la masa de agua superficial del océano Pacífico tiene una mayor carga salina que el océano Atlántico. Estudios recientes de la hidrodinámica y la masa de agua del Pacífico sudeste americano en conexión con las aguas antárticas muestran cómo el oleaje profundo originado en la Antártida llega casi sin variaciones hasta el Pacífico colombiano, actividad vinculada a la variación en el intercambio de nutrientes entre las aguas superficiales y las aguas profundas.

En síntesis, puede afirmarse que los biomas antárticos se han mantenido con relativo éxito, a pesar de que la región Antártica ha sufrido un incremento significativo de las temperaturas durante las últimas décadas (Sun & Hansen, 2003). Esta variación, sin precedentes en su magnitud en los últimos dos milenios, ha generado cambios tanto físicos como ecológicos asociados, impactando tanto a la Antártida como al resto del mundo (Convey et al., 2002; Quayle et al., 2002).

Por esto, los vínculos atmosféricos, oceánicos y biogeográficos entre Colombia y la Antártida son sistémicos y, corresponden a procesos naturales originados durante ciclos físicos, meteorológicos y biológicos del planeta. De este modo, tanto el océano Atlántico como el Pacífico participan en la circulación de las corrientes oceánicas, recibiendo nutrientes de las aguas australes con lo que puede inferirse que existen servicios ecosistémicos producidos por la conexión interoceánica, y es factor fundamental para determinar la temperatura del agua superficial, el clima en el trópico y la regionalización de especies, como lo evidencia el enlace biológico de las ballenas jorobadas.

Amenazas potenciales para Colombia por deterioro de la Antártida

El planeta Tierra es un sistema en el que todos los elementos están interconectados. Por lo tanto, los efectos de la contaminación ambiental tienen consecuencias en regiones tan aisladas como la Antártida, así como la degradación del bioma antártico tiene consecuencias en el resto del mundo.

A pesar de la transformación ecosistémica resultado de la actividad humana, la Antártida es responsable de alrededor del 20 % de la reducción global de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Según el Panel Intergubernamental

sobre Cambio Climático (2007), en los últimos cincuenta años se ha presentado un calentamiento de unos 3 °C, lo que ha producido enormes grietas en los glaciales antárticos (Simões, 2004), razón por la cual, se demostró que, en la actualidad, el aumento de la temperatura en el Continente Blanco es más rápido que en cualquier otro lugar del planeta, amenazando el delicado equilibrio en la biodiversidad mundial.

Es un hecho que el aumento de las temperaturas en el océano Austral, que rodea la Antártida, está causando un deshielo superior al esperado, lo cual implica eventos en mayor número y tamaño. En efecto, durante el verano austral de 2017, se desprendió un gigantesco bloque de hielo de cerca de 5.000 km² en la barrera glacial Larsen C. Este deshielo por sí solo instantáneamente cambió el mapa en el hemisferio sur. Este suceso es especialmente importante si se tiene en cuenta que la Antártida alberga la mayor parte de la criósfera del mundo, por lo que su dilución podría elevar el nivel del mar en 61 metros, lo que afectaría sustancialmente a una gran parte de la población humana (Vaughan et al., 2013).

De continuar esta tendencia, en el mediano plazo, existe una probabilidad importante de que el calentamiento global altere significativamente la capacidad de regulación de la temperatura de los demás océanos, se incremente el nivel del mar y se alteren los ciclos de circulación atmosférica en todo el planeta, resultando en cambios sustanciales en los regímenes de precipitaciones y evapotranspiración, poniendo mayor estrés al equilibrio ambiental y al suministro de agua.

Esta situación es especialmente crítica si se considera que el cambio climático está produciendo condiciones que exacerban el riesgo de fenómenos meteorológicos extremos, el aumento de la temperatura del aire y del agua, circunstancias que cada vez más, dan paso a intensos vientos, sequías e incendios, así como a fuertes precipitaciones que causan inundaciones y deslizamientos por inestabilidad geológica.

En este contexto, es necesario reconocer que los servicios ecosistémicos de regulación prestados por la Antártida aportan al equilibrio de las condiciones climáticas, mejoras en la calidad del aire, regulación en el ciclo del agua y circulación de nutrientes en los océanos.

Impacto en Colombia de los riesgos ambientales globales

Según el reporte de Global Risk (2022), los riesgos ambientales potencialmente más dañinos en los próximos diez años serán: la pérdida de la diversidad, los eventos climatológicos extremos y el fracaso para abordar el calentamiento

global. Así las cosas, en los últimos treinta años a nivel global el número de catástrofes relacionadas con el clima se han triplicado.

Debido a la alta diversidad biológica y ecosistémica del país, Colombia es extremadamente sensible ante el cambio climático en los ecosistemas acuáticos, costeros continental e insular, marinos y terrestre continental e insular, de ahí que, en las últimas décadas se venga consolidando un panorama de riesgos medioambientales, frente a la amenaza de diversas fuentes de contaminación, tanto de origen natural como antrópico (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2007).

Durante la caracterización para elaborar el *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC)*, se identificaron doce biomas generales, de los cuales el orobioma azonal andino y el orobioma azonal subandino presentan el mayor grado de transformación. En contraste, los biomas con menor transformación corresponden al zonobioma húmedo tropical, el litobioma (afloramientos rocosos de la Amazonía y Orionquía) y el hidrobioma (ríos, lagos y lagunas) (figura 4) (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam] et al. (2017).

Figura 4. Tipos de ecosistemas generales en el país



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) et al. (2017).

Calentamiento global.

Según estudios de Naciones Unidas sobre el cambio climático, se encontró que 2019 fue el más caluroso, en la década más calurosa que se haya registrado jamás; del mismo modo, ese año también se alcanzaron niveles récord

de emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Este calentamiento está afectando a todos los países en todos los continentes del mundo, alterando las economías nacionales, la disponibilidad de recursos naturales y de alimento, ocasionando fenómenos meteorológicos cada vez más extremos.

En ese orden de ideas, Colombia ya afronta desafíos asociados a esta circunstancia que, sumados a otras características del territorio nacional, tienen la potencialidad de desencadenar cambios extremos en el clima, incrementar la susceptibilidad ambiental, la pérdida de biodiversidad, crisis de recursos naturales, catástrofes geofísicas e incluso incremento del daño ambiental humano.

Es decir, paradójicamente, al ser un país megadiverso, Colombia es especialmente susceptible ante cualquier cambio en la temperatura global, por mínimo que sea, tal y como sucede en las zonas costeras, donde estas variaciones afectan enormemente los corales y desencadenan el incremento de tormentas tropicales e incluso huracanes.

Otro posible riesgo para Colombia, derivado de un mayor deshielo en la Antártida, es el cambio en la acidificación del océano, el cual tiene un profundo impacto en la biodiversidad marina, del mismo modo, que el incremento del nivel del mar afecta la erosión costera y las capas freáticas de ciudades cercanas a la costa, cambiando de a poco la geografía del país

Un dato sobre el que está de acuerdo la comunidad científica es que el nivel del mar habrá aumentado alrededor de un metro hacia el año 2100, lo que significaría una amenaza para las islas y ciudades costeras de Colombia. Además, un aumento del nivel del mar, el cambio de las condiciones del agua y el clima, así como las inundaciones de las zonas costeras, destruiría muchos hábitats y llevaría a muchas especies terrestres y marinas al borde de la extinción (Álvarez, 2017, pp. 740-741).

Fenómeno de El Niño.

Al igual que otras regiones del planeta, Colombia está siendo víctima del fenómeno de El Niño, evento oceánico atmosférico a gran escala resultado de la anomalía térmica del Pacífico ecuatorial, que se presenta en periodos de cuatro a seis años, con tres fases: una cálida o Niño, una fría o Niña y una normal o ausencia de anomalías.

Este fenómeno es causado por la presencia de una gran masa de agua caliente en los océanos, mayor a la media anual en hasta 5 °C, lo que no solo acrecienta la evaporación superficial de agua generando una mayor cantidad de lluvias, sino que también interfiere con el proceso de circulación vertical del agua oceánica, impidiendo que el agua más fría del fondo se mezcle para llevar los nutrientes marinos a una zona más superficial.

Al verse afectado ese afloramiento de nutrientes, la productividad de todo el ecosistema costero disminuye, con efectos importantes para el desarrollo de la mayoría de los vertebrados marinos, incluyendo peces, aves y mamíferos marinos.

En Colombia, la variación climática producto del fenómeno de El Niño está perjudicando a la población de animales y los factores bióticos en los hábitats terrestre y marino. Además, se estima que 1.125 especies presentan algún grado de amenaza frente a especies invasoras. Según Petersen et al. (2011), pudo comprobarse que los efectos del fenómeno de El Niño redujeron la formación de parejas en algunas especies de aves y, en consecuencia, redujo el éxito reproductivo de la población. Igualmente, durante un largo periodo, las tasas de incorporación pueden verse afectadas, coincidiendo con tasas de crecimiento más bajas.

Finalmente, según el Modelo de Equilibrio General Computable de Cambio Climático para Colombia (MEG4C), desarrollado por el DNP, se espera que los impactos económicos del cambio climático en Colombia resulten en la disminución anual media del 0,49 % en el PIB de Colombia para el periodo 2011-2100, con los impactos más significativos en la productividad de carne y leche (-1,6 %), los rendimientos agrícolas (-7,4 %) y la carga pesquera (-5,3 %). Además, se proyecta un aumento del 5,9 % en el promedio de tiempo de viaje por la red vial nacional debido a los efectos del cambio climático en la infraestructura vial (BID-CEPAL-DNP, 2014).

En síntesis, la relación entre el clima y el desarrollo de Colombia es innegable. El país es altamente vulnerable debido a su geografía y megadiversidad; el deterioro de la Antártida y la pérdida de la capacidad de participar en los servicios ambientales de regulación amenazan todos los ecosistemas del país. Así las cosas, se han observado algunos efectos como la casi desaparición de las nieves perpetuas en los nevados nacionales, hasta los cambios drásticos en los ciclos de lluvia y el incremento en las tormentas tropicales en el territorio insular que ha dado lugar a la aparición de huracanes como Iota, el cual alcanzó la categoría 5 e impactó San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en noviembre de 2020.

Con base en lo anterior, puede afirmarse que el bioma antártico es de vital importancia para la protección de la biodiversidad y el equilibrio ambiental de Colombia. Asimismo, al funcionar como un regulador global del clima, existen amenazas derivadas su deterioro, las cuales pueden abarcar la estacionalidad e intensidad de las lluvias, además de impactar en áreas como la agricultura, la disponibilidad de alimentos, la conectividad de las zonas rurales, es decir sus

efectos son amplios y están vinculados a la estabilidad ecosistémica, el bienestar y el equilibrio económico y social.

Impacto del cambio en el bioma antártico en la hidroestrategia del Estado colombiano

Aunque Colombia es considerada una potencia hídrica, existe certeza de que en el largo plazo el estrés hídrico y la escasez de agua potable será un problema. Incluso en algunas regiones del país ya lo es, por ejemplo, en la península de La Guajira, donde existe carestía de agua o los departamentos de Chocó y San Andrés, Providencia y Santa Catalina que, pese a contar con el recurso hídrico, este no es potable o resulta demasiado costoso de potabilizar, ampliando la discusión no solo acerca de la disponibilidad del recurso, sino de la factibilidad de acceder a él.

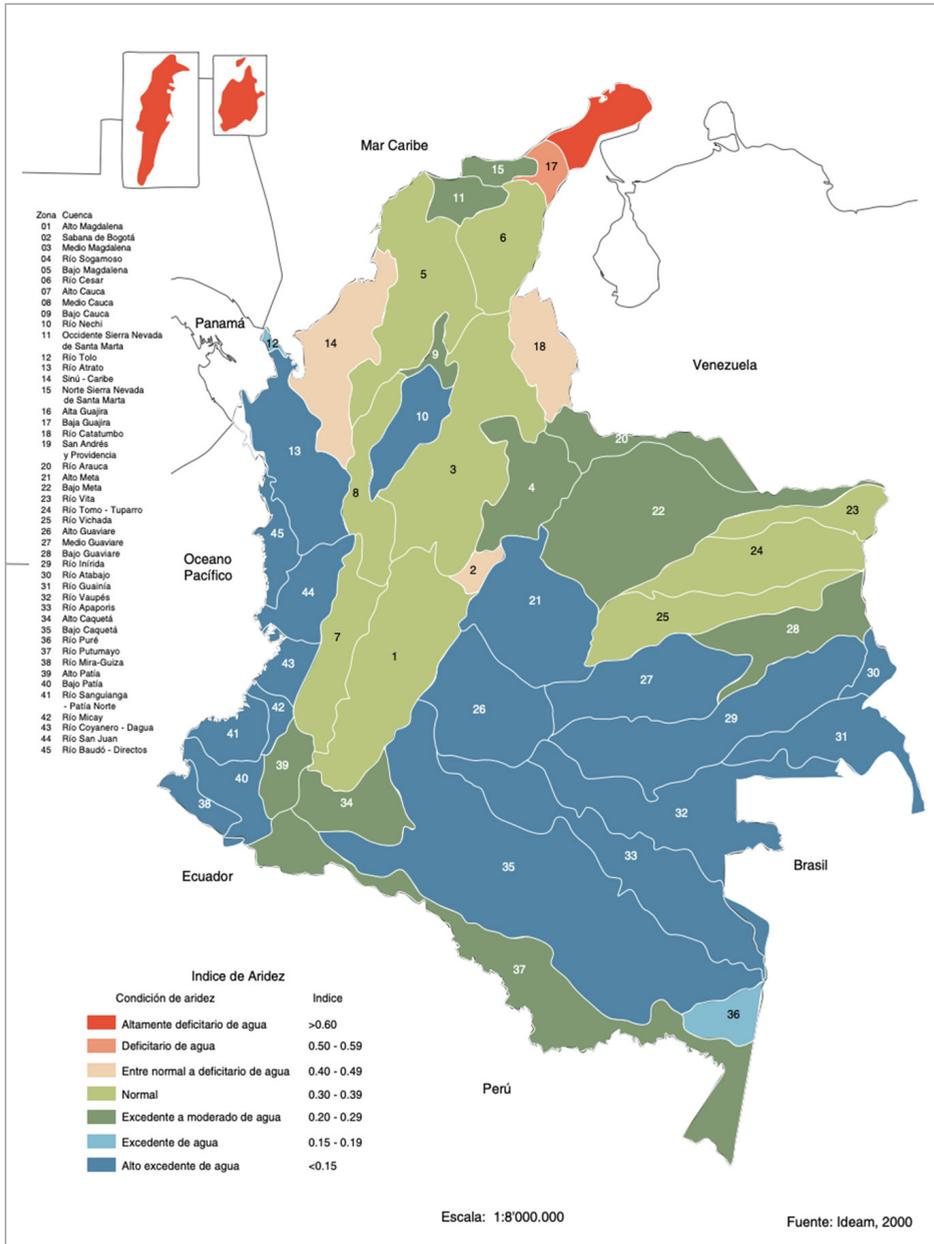
En este orden de ideas, el potencial hídrico en Colombia no está distribuido uniformemente entre las diferentes regiones: mientras se presentan zonas deficitarias de agua, otras experimentan grandes excedentes que causan inundaciones periódicas (figura 5).

Según el Ideam (2010), el país goza de una de las mayores ofertas hídricas del mundo, representada en una extensa red fluvial superficial, condiciones propicias para el aprovisionamiento de aguas subterráneas, la existencia de ecosistemas lénticos y la presencia de enormes extensiones de humedales.

El *Estudio nacional del agua* (Ideam, 2010) reconoce al agua como elemento vital, estructurante del medio natural y decisivo en la dinámica de los procesos sociales y productivos. Así, para los seres humanos, el agua es esencial y se considera un derecho fundamental, del cual se requiere que el Estado garantice su acceso y disponibilidad, convirtiéndose en un imperativo geopolítico y en un servicio público que debe ser provisto de manera obligatoria (Tello, 2008). Así mismo, para la defensa del derecho fundamental al agua, desde la hidroestrategia,

[...] se deben contemplar medidas en la institucionalidad, la gobernabilidad, la consolidación en los procesos, la legitimidad, el constante desarrollo sostenible y la implementación de una estrategia que le permita al Estado generar una debida Defensa y Seguridad nacional, con el desarrollo de todas las políticas y estamentos legales que visibilicen y garanticen la debida protección de este recurso. (Sierra-Zamora et al., 2022, p. 30)

Figura 5. Mapa de excedentes y déficit de aguas



Fuente: Ideam (2010).

Por su parte, Álvarez (2019) manifiesta que los imperativos geopolíticos de un Estado se definen como “las necesidades estratégicas de carácter geográfico

que un país debe perseguir si quiere lograr su propia seguridad y éxito en el plano regional o mundial; estos son 'caminos' no ideológicos, determinados por la geografía de un país y la de sus vecinos" (p. 373).

De acuerdo con Álvarez et al. (2017), la hidroestrategia es la "gestión estratégica de los imperativos hidropolíticos, mediante políticas, acciones y estrategias específicas" (pp. 465-466), en tanto que, según Chávez (2016), la hidroestrategia es entendida como "... la aplicación del poder nacional para lograr objetivos de Seguridad nacional que estén relacionados con las reservas o fuentes del agua del Estado, por dos medios generales de acción: la acción político-diplomática y el poder militar" (p. 350). En este orden de ideas, y en defensa de la biodiversidad y los recursos acuíferos, estos conceptos deben ser tenidos en cuenta para comenzar a plantear la geopolítica ambiental, la hidroestrategia y constituir la identidad ambiental de Colombia.

Interés e identidad ambiental

Colombia es un país megadiverso, multicultural y pluriétnico como se ha expuesto a lo largo de este capítulo. El interés ambiental colombiano proviene del reconocimiento de las conexiones ambientales directas e indirectas de los hábitats y su afectación ante eventuales amenazas naturales o antrópicas.

Sin embargo, existe la necesidad de fortalecer los procesos sociales para la construcción de una identidad ambiental de conexión afectiva emocional; valga la pena subrayar que esta es más propia de la cosmovisión de las comunidades indígenas, al reconocer el medioambiente no solo como una fuente de riqueza, sino como un elemento esencial para el desarrollo humano integral.

Por otro lado, hoy en día y gracias a las evidencias aportadas por estudios realizados en el continente antártico, no cabe duda de que la acción humana es responsable en gran medida del calentamiento global. Según WOR (2021), en 2020, debido a las emisiones de gas de efecto invernadero globales, la concentración promedio anual de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre se elevó a un valor de 413,9 partes por millón (ppm). A modo de comparación, en 1750, dos décadas antes de la era industrial, se estima que la concentración de dióxido de carbono era de 277 ppm.

En este sentido, puede concluirse que el principal aspecto relevante a la hora de vincular el problema de la degradación ambiental de la Antártida a la hidroestrategia nacional no está relacionado con la generación de temor ante un posible apocalipsis global, sino con la revitalización y fortalecimiento de la identidad

nacional, forjando conciencia sobre los intereses nacionales y la necesidad de proteger y conservar los recursos hídricos y ecosistémicos, buscando tomar medidas para mitigar las amenazas producidas por este fenómeno y permitiendo que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático.

No se puede consolidar una identidad nacional si no están claramente identificados, definidos, establecidos, asimilados e interiorizados todos los intereses nacionales; y a la vez, no tener claramente definida e interiorizada la identidad nacional incide negativamente en la asimilación, el entendimiento, el comprometimiento y la defensa de todos los intereses nacionales. (Camargo, 2020, p. 189)

En particular, los intereses de Colombia con la hidroestrategia deben orientarse tanto a garantizar la disponibilidad del recurso hídrico, como a la protección de la diversidad biológica, esta última entendida como

la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. (Naciones Unidas, 1992)

Finalmente, sin perder de vista lo anterior, es todavía más importante fortalecer la gobernanza de los recursos hídricos de cara a la amenaza de la contaminación transfronteriza y el conflicto de intereses con otros Estados más desarrollados.

América del Sur, según las estimaciones posee aproximadamente el 28 % de los recursos de agua dulce a nivel mundial (Pochat et al., 2018, p. 4), y tan solo el 6 % de la población mundial. Además, las tres de mayores cuencas fluviales del mundo: Amazonas, Orinoco y río de la Plata. Sin embargo, actividades como la minería legal e ilegal, la fabricación y el tráfico de sustancias ilícitas y la deforestación generan muchas comunidades que no están en disponibilidad de agua potable.

En otros casos, la sobreexplotación de las aguas subterráneas para actividades urbanas e industriales impactan en las aguas superficiales, ya que estas interactúan, de tal modo que los cambios en los niveles de agua subterránea pueden tener efectos significativos.

En definitiva, fortalecer la identidad ambiental del Estado supone un gran paso hacia la protección del medioambiente y la conservación de la biodiversidad, así como para alcanzar los demás intereses nacionales. Por su parte, este quehacer es esencial para un país megadiverso como Colombia que, al desarrollar una estrategia sobre los recursos hídricos, refuerza su posición como líder

regional en materia ambiental, en armonía con “la índole del agua como derecho humano fundamental” tal como lo plantean Sierra-Zamora et al. (2022), toda vez que el amparo de este derecho es indispensable para la estabilidad de la nación y mantener la identidad.

Conclusiones

Esta investigación logró establecer la importancia del bioma antártico para la estrategia hídrica del Estado colombiano. En este sentido, es razonable concluir que la hidroestrategia nacional estará determinada por la congruencia del interés ambiental y el derecho fundamental al agua de cara a las situaciones de riesgo ambiental.

En este capítulo, se ha explicado la correlación entre la hidroestrategia colombiana en el contexto de la preservación del bioma antártico, identificando sus vínculos atmosféricos, oceánicos y biogeográficos y definiendo las potenciales amenazas para Colombia derivadas del deterioro del Continente Blanco como regulador global del clima, donde los puntos principales han sido:

La Antártida es uno de los más antiguos entornos naturales del planeta, ha mantenido sus biósferas inalteradas durante miles de años, además, es de gran importancia por los servicios ambientales que se derivan de ella. No obstante, durante las últimas décadas, la región Antártica ha sufrido incrementos importantes de temperatura, variación que ha generado cambios físicos, impactando en los ciclos físicos, meteorológicos y biológicos del planeta.

Los vínculos atmosféricos, oceánicos y biogeográficos entre Colombia y la Antártida corresponden esencialmente a procesos naturales de mantenimiento de la energía en el planeta; el océano Atlántico y el Pacífico, que tienen costas en el país, reciben nutrientes de las aguas australes, además, de los servicios ambientales producto de la conexión interoceánica, factor fundamental para el clima y el enlace biológico, por lo que este enlace reviste gran importancia para la seguridad alimentaria y es fuente de diversidad biológica.

La evidencia encontrada producto del análisis documental sugiere que los ecosistemas del país están siendo afectados por los cambios regionales en el clima; en particular, los aumentos de temperatura y el clima extremo, causados principalmente por las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Así, puede relacionarse la transformación experimentada por el ecosistema

austral con los efectos de este cambio, para medir con relativa certeza la magnitud del impacto en Colombia.

En perspectiva, los recursos hídricos y el equilibrio ecológico son fundamentales para la existencia humana y la calidad de vida; la mayoría de los servicios ecosistémicos no pueden sustituirse por completo y algunos son irremplazables.

La presente investigación ha permitido señalar la existencia de amenazas potenciales para Colombia derivadas del deterioro de la Antártida como regulador global del clima, ya que el calentamiento global y El Niño amenazan con un agotamiento significativo del capital biológico y los recursos naturales estratégicos, afectando la estabilidad ecosistémica y el bienestar económico y social.

Los tomadores de decisiones pueden proteger los intereses nacionales relacionados con la biodiversidad, el agua y los recursos naturales aprovechando el desarrollo de una identidad ambiental. Esto favorece el tránsito hacia la hidroestrategia como una política de largo plazo que supone la protección del medioambiente y la conservación de la biodiversidad, incrementando la posibilidad de influir en el sistema internacional para proteger los demás intereses nacionales.

Estos resultados mejoran nuestro entendimiento de Colombia como un país megadiverso y la susceptibilidad ante el cambio climático. Por otro lado, este documento subraya la necesidad de consolidar la identidad ambiental, aprovechando que la sociedad colombiana reconoce la importancia de poseer un territorio rico en biodiversidad y recursos hídricos, a la vez que el Gobierno nacional viene impulsando la geopolítica ambiental para posicionar a Colombia como un líder regional en materia ambiental y lograr una mayor cohesión social, reconociendo el agua como un derecho humano fundamental.

Referencias

- Álvarez, C. & Namen, E. (2019). Geopolítica del Polo Sur: intereses y necesidades de Colombia en el tratado de la Antártida. *Revista Científica José María Córdova*, 17(28), 721-748. doi:<https://doi.org/10.21830/19006586.521>
- Álvarez, C. (2017). Ocupación de espacios vacíos: una condición sine qua non para la seguridad multidimensional de Colombia. En C. Álvarez (Ed.), *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia*. ESDEG.
- Álvarez, C., Moreno, A., & Gómez, J. (2017). Respice aqua vitae: hacia una hidropolítica Nacional. En C. Álvarez (Ed.), *Escenarios y desafíos de la seguridad multidimensional en Colombia*. Ediciones Escuela Superior de Guerra de Colombia.
- Armada Española. (2018). *La Antártida continente helado*.
- Bargagli, R. (2005). *Antarctic Ecosystems. Environmental Contamination, Climate Change, and Human Impact. Series: Ecological Studies. Volume 175*. Springer Berlin Heidelberg.
- Beau, R. (2007). *Encyclopedia of the Antarctica*. <https://n9.cl/oj67v>
- Benavides, M. (2019). *Posicionamiento internacional de Colombia dentro del Sistema del Tratado Antártico* [Tesis de pregrado]. Universidad Militar Nueva Granada. <https://n9.cl/cdd8j>
- BID-CEPAL-DNP. (2014). *Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis*. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 221 y Naciones Unidas, LC/L.3851. Washington D.C.
- Brun, A. (2020). *El flujo transoceánico en la región austral de Sudamérica y su impacto biológico*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. <https://n9.cl/a425h>
- Calderón, C., & Mesa, E. (2019). Geopolítica del Polo Sur: intereses y necesidades de Colombia en el Tratado de la Antártida. *Revista Científica General José María Córdova*, 17(28), 721-748. <https://doi.org/10.21830/19006586.521>
- Camacho, A. (2006). Planktonic microbial assemblages and the potential effects of metazooplankton predation on the food web of lakes of the maritime Antarctica and Subantarctic Islands. *Environ. Sci. Biotechnol.*, 5, 167-185.
- Camacho, A., & Fernández-Valiente, E. (2005). Un mundo dominado por los microorganismos. Ecología microbiana de los lagos antárticos. *Ecosistemas*, 14(2). <https://n9.cl/vrfdh>
- Camargo, F. (2020). La identidad y los intereses nacionales, ejes estructurantes de la defensa y de la seguridad nacional. En E. Pastrana, S. Reith, & F. Cabrera (Eds.), *Identidad e intereses nacionales de Colombia* (pp. 183-2016). ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9789585250499>
- Cancillería de Colombia, Ministerio de Relaciones Exteriores. (2020). Palabras de la Canciller Claudia Blum en la primera reunión del Grupo de Expertos Nacional sobre Biodiversidad. <https://n9.cl/zac6d>
- Cole, L. (1958) The ecosphere. *Scientific American*, 198, 83-96.

- Convey, P., & Block, W. (1996). Antarctic diptera: Ecology, physiology, and distribution. *European Journal of Entomology*, 93(1), 1-13. <https://n9.cl/yzxxf>
- Convey, P., Pugh, P., Jackson, C., Murray, A., Ruhland, C., Xiong, F., & Day, T. (2002). Response of Antarctic terrestrial microarthropods to long-term climate manipulations. *Ecology*, 83(11): 3130-3140. <https://doi.org/10.2307/3071848>
- De Castro, F., Hogenboom, B., & Baud, M. (Eds.) (2015). *Gobernanza ambiental en América Latina*. <https://n9.cl/ss0nw>
- Deutsche Welle. (2021). *La lucha mundial por el agua*. [Video]. YouTube. <https://n9.cl/qcjhq>
- Dirección General Marítima. (2016). *Memoria expedicionaria: Colombia-Antártida*. Dimar.
- Estenssoro, F. (2020). *Porqué hablamos de geopolítica ambiental*.
- Félix, F. (2015). *Guía de campo para la observación de ballenas jorobadas en la costa de Ecuador*. Museo de Ballenas, Secretaría Técnica del Mar y Conservación Internacional Ecuador.
- Fernández-Valiente, E., Camacho A., Rochera C., Rico E., Vincent W., & Quesada A. (2007). Community structure and physiological characterization of microbial mats in Byers Peninsula, Livingston Island (South Shetland Islands, Antarctica). *FEMS Microbiology Ecology*, 59(2), 377-385. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2006.00221.x>
- Ferrer, H. (1984). Importancia geoestratégica de la Antártica. *Revista de Marina*, 161-174. <https://n9.cl/txdk8w>
- Flores, H., et al. (2012). Impact of Climate Change on Antarctic Krill. *Marine Ecology Progress Series*, 458, 1-19.
- Frenot, Y., Chown S., Whinam J., Selkirk P., Convey P., Skotnici M., & Bergstrom D. (2005). Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 80(1), 45-72. <https://doi.org/10.1017/s1464793104006542>
- Fundación AQUAE. (2018) *¿Cuánta agua hay en la tierra? ¿Y cuanta es apta para el consumo?*
- García, D., Parodi, H., Pezzano, L., & Pintore, E. (2018). *El uso de la fuerza en el derecho internacional contemporáneo*. <https://doi.org/10.17169/refubium-2106>
- Global Risk. (2022). *The Global Risks Report 2022*, 17th Edition. World Economic Forum. <https://n9.cl/7n115>
- Grondin, J. (2014). *¿Qué es la hermenéutica?* (A. M. Riu, Trad.) Herder.
- Haumann, F., Notz, D., & Schmidt, H. (2014). Anthropogenic influence on recent circulation-driven Antarctic Sea ice changes. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 41(23), 8429-8437. <https://doi.org/10.1002/2014GL061659>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2017). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000*. Memoria técnica. <https://n9.cl/l63do>

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). *Estudio Nacional de Agua*. <https://n9.cl/d8gxj>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). *Estudio Nacional de Agua*. Ministerio del Medioambiente. <https://n9.cl/01j7a>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). *Informe Anual sobre el Estado del Medioambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia. Estudio Nacional del Agua. Relaciones de Demanda de Agua y Oferta Hídrica*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*.
- Instituto Von Humboldt. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Panamericana.
- International Whaling Commission (2023). *Ballena jorobada, megaptera novaeangliae*. <https://n9.cl/79jjo>
- Jaramillo, M. (2012). Colombia, un país altamente vulnerable que con los ojos vendados dice "SI". Universidad La Gran Colombia. <https://n9.cl/ftv60>
- Laybourn-Parry, J., Bayliss, P. & Ellis-Evans, J.C. (1995). The dynamics of heterotrophic nanoflagellates and bacterioplankton in a large ultra-oligotrophic Antarctic lake. *J. Plankton Research*, 17, 1834-1850. <https://doi.org/10.1093/plankt/17.9.1835>
- López, J. (2016). *La investigación en Antártida es crucial para entender las variaciones del clima y sus consecuencias*.
- Marson, J., Mata, M., & García, C. (2012). Hielo marino antártico: variabilidad y tendencias de 1978 a 2006. *Brazilian Antarctic Research*, 5, 31-45.
- Mendes, F. (2013). O Poder Aéreo No Século XXI. *Meridiano* 47, 14(138), 17-22.
- Menge, B., & Sutherland, J. (1987). Community Regulation: Variation in Disturbance, Competition, and Predation in Relation to Environmental Stress and Recruitment. *The American Naturalist*, 130(5), 730-757.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). *Vulnerabilidad, impactos sectoriales*. <https://n9.cl/mgtpa>
- Ministerio de Defensa Nacional, MinDefensa. (2019). *Política de Defensa y Seguridad Nacional PDS*.
- Molares, R. (2015). *Primera Expedición Científica de Colombia en la Antártida*. Comisión Colombiana del Océano.
- Mongabay. (2017). *Colombia tendrá nueve áreas protegidas nuevas en el 2018*. <https://n9.cl/zqdd9>
- Moreno, J., & Díaz, W. (Eds.). (2019). *Los recursos naturales: El paradigma del siglo XXI*. ESDEG.
- Nogué, F., & Rufí, V. (2001). *Geopolítica, identidad y globalización*. Ariel.
- Ocean MOOC. (2017). *Evolution and Marine Biodiversity*. <https://n9.cl/3nh7w>
- Ochoa, J. (2015). *Impacto estratégico nacional en la ejecución de expediciones científicas a la Antártida*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://n9.cl/rljyz>

- Olabuénaga, J. (2012). *Metodología de Investigación Cualitativa* (5a. ed.). Publicaciones Universidad del Deusto.
- Onvey, P., & Stevens, M. (2007). Antarctic biodiversity. *Science*, 317, 1877-1878.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1992). Convenio sobre la diversidad biológica. <https://n9.cl/cwzv0>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020). *En su informe sobre el cambio climático y medioambiente*.
- Petersen, E.; Kruger, L.; Petry, M. (2011). *Respuesta de la población reproductiva de la gaviota cocinera antártica Larus dominicanus al clima. Informe Anual de Actividades 2011*. Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de Investigaciones Ambientales Antárticas.
- Petz, W., & Valbonesi, A., & Quesada, A. (2005). Ciliate biodiversity in freshwater environments of maritime and continental Antarctic. *Terra Antarctica Reports*, 11, 43-50.
- Pienitz, R., Douglas, M., & Smol, J. (2004). Longterm environmental change in Arctic and Antarctic lakes. *Develop. Paleoenviron*, 8.
- Pochat, V., Donoso, M., Saldarriaga, J. (2018). *Proceso regional de las Américas. Foro Mundial del Agua 2018. Informe subregional*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://n9.cl/hqonq>
- Porras, C., & Pérez, M. (2019). Identidad ambiental: múltiples perspectivas. *Revista Científica*, 34(1), 123-138. <https://doi.org/10.14483/23448350.14003>
- Raga, G., et al. (2015). Ecological and physiological aspects of the antarctic fishes *Notothenia rossii* and *Notothenia coriiceps* in Admiralty Bay, Antarctic Peninsula. *Environmental Biology of Fishes*, 98(3), 775-788. <https://doi.org/10.1007/s10641-014-0311-2>
- Ramos, C. (2015). *Las pretensiones geoestratégicas de Colombia luego de su adhesión al Tratado Antártico*. Universidad del Rosario.
- Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos. (2021). *Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos*.
- Rodríguez, P., & Rico, E. (2008). A new freshwater oligochaete species (Clitellata: Enchytraeidae) from Livingston Island, Antarctica. *Polar Biology*.
- Sancho, L., & Pintado, A. (2004). Evidence of high annual growth rate for lichens in the maritime Antarctic. *Polar Biology*, 27, 312-319.
- Sierra, P., Fonseca, T., & Sánchez, J. (2022). Análisis de la hidroestrategia y el derecho humano al agua en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, 20(37), 25-43. <https://doi.org/10.21830/19006586.811>
- Simões, J., et al. (2004). Pequeños glaciares de circo retroceden en la Península Keller, Bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge, Antártida. *Brazilian Antarctic Research*, 4, 49-56.
- Strecker, A., Cobb, T., & Vinebrooke, R. (2004). Effects of experimental greenhouse warming on phytoplankton and zooplankton communities in fishless alpine ponds. *Limnology and Oceanography*, 49(4): 1182-1190.
- Sun, S., & Hansen, J. (2003). Climate simulations for 1951-2050 with a coupled atmosphere-ocean model. *Climate*, 16, 2807-2826.

- Tello, L. (2008). El acceso al agua potable como derecho humano. Comisión Nacional de los Derechos Humanos. <https://bit.ly/3FABvIH>
- Tratado del Antártico. (1991). *Protocolo al Tratado Antártico sobre protección 4 del Medioambiente*.
- Uribe, D. (2003). *La Era de la Antártida*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Uribe, S. (2015). Fundamentos de estrategia marítima y estrategia naval. En S. Uribe, L. Chávez, & L. Osorio (Eds.). *Estrategia marítima, evolución y prospectiva*. Escuela Superior de Guerra. <https://doi.org/10.25062/9789585737693.03>
- Uribe, S. (2017). *El Estado y el mar. Relaciones con el Poder Marítimo, el Poder Naval y el desarrollo nacional*. Escuela Superior de Guerra.
- Varela, M. (2022). *¿En qué afecta la contaminación en la Antártida?* Hablando en Vidrio.
- Vargas, J. (2020). Impacto de la hidroestrategia en el desarrollo económico de Colombia: balanza comercial. *Revista de las Fuerzas Armadas*, 251, 30-38.
- Vaughan, D., Comiso, I. Allison, J. Carrasco, G. Kaser, R. Kwok, P. Mote, T. Murray, F. Paul, J. Ren, E. Rignot, O. Solomina, K. Steffen and T. Zhang. (2013). Observations: cryosphere. *Climate change 2013: The Physical Sciences Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment.
- Vaughan, D., Marshall, W., Connolley, C., Parkinson, R., Mulvaney, D., Hodgson, J., King, C., Pudsey, C., & Turner, J. (2003). Recent Rapid Regional Climate Warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change*, 60(3), 243-274.
- Villamizar, F. (2013). Antarctic Treaty and Antarctic territory protection mechanisms. *Revista Chilena de Derecho*, 40(2), 461-488. <https://n9.cl/9ad7o>
- Vincent, W., Laurion I., & Pienitz R. (1998). Arctic and Antarctic lakes as optical indicators of global change. *Annals of Glaciology*, 27, 691-696.
- Walton, D. (1987). *Antarctic Science*. Cambridge University Press.
- Walton, D. (1987). Antarctic terrestrial ecosystems. *Environment international*, 13(1), 83-93.
- Wetzel, R. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Third Edition. Academic Press.