

Irene R. Schloss, Adriana Gulisano, Guillermo Mercuri

Estudiando los efectos del cambio climático global en Antártida

La Antártida tiene una inmensa influencia en el clima global. Constituye asimismo una enorme reserva potencial de recursos para la humanidad tales como el agua y valiosos recursos vivos. El cambio climático es un factor central que puede afectar estos recursos de forma significativa. El estudio de las variables que intervienen para producir el cambio climático resulta esencial para comprender el funcionamiento de este particular fenómeno y para vislumbrar las posibles consecuencias futuras.

¿Qué es el cambio climático?

Según la definición de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) el cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede identificarse por la variación en el promedio y / o en la variabilidad de sus propiedades que persista durante un período prolongado. El origen de este cambio puede deberse tanto a la variabilidad natural como al resultado de la actividad humana.

La Antártida no está exenta del cambio climático. La temperatura del aire medida en diversas bases antárticas argentinas y extranjeras en forma continua evidencia un incremento hasta aproximadamente mediados de los años 2000, seguido de un período de temperaturas comparativamente más frías. Sin

embargo, según los expertos, este relativo enfriamiento muy probablemente sea parte de la variabilidad natural del sistema y en el largo plazo una tendencia al calentamiento es lo más probable.

Sin embargo, a la luz de los conocimientos actuales, puede afirmarse que la causa principal del calentamiento global observado a partir de mediados del siglo XVIII es el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera, siendo el dióxido de carbono (CO_2) uno de los gases que más contribuye a producir este efecto. Este aumento altera lo que se conoce como el "balance energético" del planeta, es decir, la diferencia entre la cantidad de energía que entra y sale de nuestro planeta.

El cambio global y el hielo antártico

La temperatura del aire influye en forma directa sobre la extensión de hielo marino en la superficie del océano. Durante el presente año 2017, se han registrado los mínimos récord de hielo marino en ambas regiones polares, Ártico y Antártida. En particular en Antártida, este mínimo se observó en marzo, registrándose el valor más bajo desde 1979, cuando comenzó a monitorearse la cobertura de hielo con el empleo de satélites.

El hielo marino cumple un rol fundamental y específico en el intercambio de materia (por ejemplo, gases, como el vapor de agua) y energía (por ejemplo, calor) entre la atmósfera y el océano. Asimismo, el hielo marino constituye un hábitat propicio para la alimentación, la reproducción y el refugio de un importante número de especies de los más diversos tamaños (micro- y macroscópicas).

La fusión del hielo marino, ocasionada por el aumento global de la temperatura, a su vez, desencadena otros fenómenos que inciden sobre el clima. Algunos de ellos se conocen como procesos de retroalimentación positiva. Uno de particular importancia es el siguiente: en algunos de los mares australes (por ejem-

plo, el Mar de la Flota) asociado al calentamiento atmosférico se observa una disminución en la producción de hielo marino. Al reducirse el área de cobertura de hielo marino y, consecuentemente, el albedo del mar (siendo el albedo la proporción de la radiación que una superficie refleja con respecto a la radiación que incide sobre la misma), una mayor cantidad de energía lumínica o solar será absorbida por la superficie del océano. Este incremento en la absorción de energía lumínica ha contribuido al aumento de la temperatura superficial del mar, ocasionando una reducción adicional de la extensión del hielo marino. Estos hechos están claramente relacionados con el rápido aumento de la temperatura del aire, en especial durante el invierno, en el oeste de la Península Antártica. También la fusión del hielo ocasiona el desprendimiento a la atmósfera de metano -un gas de efecto invernadero con una efectividad 22 veces mayor que el dióxido de carbono- allí atrapado. En esa línea el Instituto Antártico ha realizado una serie de trabajos publicados en revistas internacionales que fueron además presentados en el SCAR.



El cambio global y el hielo antártico

Otra de las principales consecuencias del cambio climático sobre los hielos es el retroceso y adelgazamiento de los glaciares, particularmente en la Península Antártica, donde se han desintegrado más de 23.000 km² de barreras de hielo desde la década de 1950 hasta la fecha. Este proceso influye en el nivel del mar a escala planetaria. Es por ello que se ha dedicado un gran esfuerzo a su estudio y a la comprensión de los procesos que originan estos retrocesos. En caleta Potter, por ejemplo, durante el verano de 2016 se ha evidenciado un cambio significativo en el glaciar Fourcade, que circunda la caleta. Durante ese verano, el frente del glaciar, que solía extenderse hasta dentro del mar, se retrajo y pasó a estar enteramente apoyado sobre la playa de roca, liberando zonas de la franja costera para su colonización por nuevos organismos. En ese sentido nuestro país mantiene líneas de investigación que incluyen el estudio de los efectos del cambio global sobre la comunidad de algas marinas bentónicas dando lugar a tesis de grado y doctorales en la temática resulta-

do de un estudio y monitoreo ininterrumpido de más de 20 años en la península antártica. El Instituto Antártico Argentino, en colaboración con instituciones nacionales y de otros países, ha realizado estudios sobre el impacto del retroceso glaciar sobre la producción planctónica en el marco de diversos proyectos financiados en el país y el exterior. Tal es el caso de una serie de experimentos realizados en la base Carlini y el laboratorio argentino-alemán "Dallmann". Para estos trabajos se dispuso de un sistema de "microcosmos", acuarios conteniendo grandes volúmenes de agua, en donde electrónicamente se simulan las temperaturas que dentro de 50 años podrían alcanzar las aguas de la Antártida y la disminución de la salinidad de las aguas superficiales, producto del derretimiento glaciar. En esta línea de trabajo se están formando diversos estudiantes e investigadores, no sólo para interpretar los resultados experimentales sino para predecir, mediante modelos matemáticos, el comportamiento del sistema en escenarios futuros.

Contrarrestando
los gases
invernadero:
la circulación del océano y la
actividad biológica

Las corrientes oceánicas, las masas de agua y las zonas en que diferentes masas de agua se encuentran –zonas conocidas como “frentes oceánicos”– se ven influenciadas por la variabilidad del clima en distintas escalas de tiempo (diarias, estacionales, plurianuales, etc.). Un ejemplo de zona frontal es el Frente Polar, que separa las aguas subantárticas de las aguas de la Corriente Circumpolar Antártica, y que circula de oeste a este (sentido horario) alrededor del continente antártico. La posición de este frente, que actúa como barrera para la dispersión de sustancias disueltas, partículas y organismos entre ambas zonas, registra variaciones que responden a los cambios ocurridos en la atmósfera.

América del Sur y el continente antártico se encuentran separadas por el Pasaje Drake/Mar de Hoces, donde también puede distinguirse el Frente Polar. En el pasaje Drake los fuertes y persistentes vientos del oeste generan asimismo una circulación norte-sur intensa, que lleva aguas superficiales frías y de baja salinidad hacia el norte y aguas más cálidas y salinas (originadas en el Atlántico Norte) en sentido contrario. Estas aguas navegan normalmente a profundidades de entre 2000 y 3000 m, pero al alcanzar el Pasaje Drake emergen a la superficie. Durante miles de años, esta forma de intercambio de calor a través de

masas de agua con distinta temperatura y salinidad ha contribuido a conservar el balance energético del océano mundial. Las consecuencias del desplazamiento del Frente Polar en esta zona hacia mayores latitudes tanto sobre el clima, como sobre los ecosistemas antárticos y la biodiversidad de sus organismos no se conocen aún y amerita un estudio profundo.

Nuestro país ha llevado adelante diversos proyectos en los que se ha determinado el rol de los procesos físicos y biológicos en el intercambio de CO₂ entre la atmósfera y el océano. Así fue posible determinar, por un lado, zonas antárticas que actúan como sumidero de este gas gracias a la actividad biológica, es decir, secuestrando el carbono mediante el proceso de fotosíntesis, y manteniéndolo inmovilizado por largos períodos en el fondo del océano (lo que se conoce como “Bombeo biológico”). Por otro lado, se identificaron zonas marinas en las que, debido a la circulación oceánica, las aguas se hunden por procesos de convección tal como lo que se observa en el sur del mar de Weddell, proceso conocido como “bombeo físico”. Estos trabajos resultaron en una serie de publicaciones en revistas especializadas y presentaciones en congresos científicos. Fueron presentados asimismo por nuestro país en representación del SCAR en un taller en la reunión de la Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas en Marruecos en 2016.



Regulación biológica de la concentración de CO₂

El cambio climático, el fitoplancton y el CO₂ atmosférico

La capacidad de los productores primarios -primer eslabón de las redes tróficas-, como las microalgas (que integran un grupo de organismos genéricamente denominado "fitoplancton") y las macroalgas (referencia a capítulo de Quatino et al), de absorber CO₂ está dada por su capacidad de fotosintetizar. La fotosíntesis es posible siempre que las condiciones físico-químicas del medio lo permitan. Entonces, la cantidad de radiación solar disponible, la mezcla vertical de la columna de agua (que permitirá a los organismos fotosintéticos permanecer a profundidades en donde arriba dicha radiación), y la disponibilidad de nutrientes (nitratos y fosfatos mayoritariamente disueltos a grandes profundidades en el océano y que alcanzan la superficie gracias a los procesos de mezcla vertical) serán factores clave para permitir la fotosíntesis.

Actualmente, los efectos del cambio climático sobre el fitoplancton son objeto de intenso estudio. Si bien la disminución de la cobertura de hielo mencionada anteriormente aumenta la radiación disponible para la fotosíntesis, el calor absorbido en las aguas de superficie podría impedir en cierta medida la mezcla vertical de la columna de agua. Esto, que en principio parecería favorable para el crecimiento del fitoplancton que permanecería en ambientes bien iluminados, tiene dos efectos potencialmente negativos: por un lado, la cantidad de radiación en la superficie del océano es mucho más elevada que en profundidad y podría ocasionar una inhibición del

crecimiento de las algas por exceso de luz (llamada "fotoinhibición"), similar a la que sufriría una planta de interior si repentinamente es expuesta a la luz solar directa. Por otro lado, la estratificación térmica y la disminución de la mezcla entre aguas superficiales y profundas impedirá que alcancen la superficie los nutrientes necesarios para el crecimiento de las algas. Asimismo, algunas especies del fitoplancton antártico, tal como se ha demostrado en estudios realizados por nuestro grupo, presentan adaptaciones a las variaciones de salinidad (producida por el derretimiento de los hielos) y de la temperatura que se verían alteradas ante un aumento de la misma.

Los procesos biológicos descritos en el párrafo anterior a su vez modifican la composición química del océano e intervienen en la regulación del clima. Los organismos fotosintéticos son un eslabón central de la "bomba biológica" (ver figura 1).

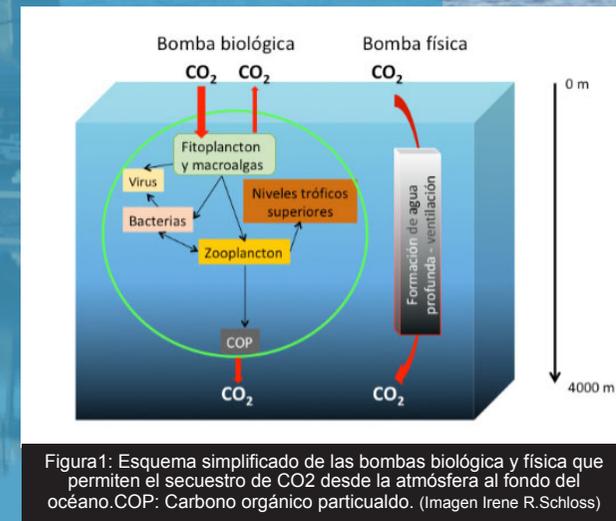


Figura1: Esquema simplificado de las bombas biológica y física que permiten el secuestro de CO₂ desde la atmósfera al fondo del océano. COP: Carbono orgánico particulado. (Imagen Irene R.Schloss)

Durante los períodos de intenso crecimiento del fitoplancton se acumulan en el océano grandes cantidades de células fotosintéticas (las denominadas “floraciones”) y una importante cantidad de CO₂ es absorbido por estos organismos. Como resultado de esta actividad, se produce un déficit de CO₂ con respecto a la concentración de este gas en la atmósfera, lo que permite que las aguas superficiales incorporen una fracción adicional de CO₂. Si bien parte del fitoplancton es degradado por las bacterias marinas, una porción del mismo será probablemente consumida por organismos del micro- y macrozooplancton, tales como el kril (quien, a su vez, también se ve afectado por el cambio climático). Las heces (fecas) de estos organismos, así como la fracción no consumida del fitoplancton, los restos de materiales parcialmente degradados y las bacterias, formarán lo que se conoce como carbono orgánico particulado, que sedimentará al fondo del mar, hasta miles de metros de profundidad. De esta manera parte del CO₂ inicialmente presente en la atmósfera

se incorpora como carbono orgánico a los sedimentos del fondo marino. Gracias a estos procesos, el carbono queda alejado del contacto con la atmósfera por miles o incluso millones de años. Genera, sin embargo, otro proceso, la acidificación del océano, comúnmente llamada “el otro problema del CO₂”. Este “flujo de carbono” se estudia mediante dispositivos conocidos como trampas de sedimento, utilizadas en diversos proyectos desarrollados en el IAA. La evolución del clima y sus consecuencias no se detienen. Las variables a tener en cuenta son muy numerosas, y el análisis de sus complejos efectos es tarea ardua. Su estudio continuado, desde el pasado paleoclimático hasta su predicción futura, resulta fundamental para proceder a una adecuada gestión de este ambiente único y de sus valiosos recursos. El monitoreo, los trabajos de terreno y experimentales de los efectos del cambio climático son la única vía que permitirá garantizar las decisiones que se tomen respecto al ecosistema antártico sean correctas y apropiadas.

Los autores



Adriana María Gulisano
Investigadora del Instituto Antártico Argentino (IAA/Dirección Nacional del Antártico) a cargo del Departamento de Ciencias de la Atmósfera.



Irene R. Schloss
Investigadora en el Instituto Antártico Argentino.
Investigadora corresponsal del CONICET. Profesora asociada en la Universidad de Quebec.



Guillermo Mercuri
Licenciado en Ciencias Biológicas (UNLP). Investigador y Buzo Científico en el Departamento de Biología Costera de la Coordinación de Ciencias Físico-Químicas e Investigaciones Ambientales del IAA.