

A blue-tinted photograph of a cracked, dry landscape under a full moon. The ground is covered in a dense network of irregular, winding cracks, suggesting extreme drought. In the distance, a full moon hangs in a dark sky. A small, dark, scrubby bush is visible in the lower right foreground.

EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

INTRODUCCIÓN

Un año, las noticias nos informan que ha sido la temporada más fría en un siglo. Al otro año, los titulares nos cuentan que es el período más caluroso de la década. Estos extremos, dicen los especialistas, son el resultado del cambio climático, un fenómeno que oímos mencionar continuamente, pero que no siempre entendemos.

¿Qué es, realmente, el cambio climático? ¿Cómo nos afecta? ¿Podemos medirlo de alguna manera? La respuesta a esta última pregunta es: sí. La temperatura del mar, el avance de la deforestación y la cantidad de dióxido de carbono son algunas de las referencias habituales, pero hay otro indicador que, para Chile, es especialmente importante: el impacto en los ecosistemas de alta montaña. Los cambios que se producen en las plantas de altura pueden afectar hasta nuestros recursos hídricos, con todo lo que eso puede implicar en nuestras vidas.



FOCALIZACIÓN

¿Qué especies crees que son las más afectadas por el calentamiento global? ¿Cómo crees que el efecto del calentamiento global sobre otras especies puede afectarnos a nosotros?

¿Qué es el cambio climático?

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define el cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

En otras palabras, se reconoce que el clima varía en la Tierra de forma natural, como ha ocurrido a lo largo de su historia –las glaciaciones son un buen ejemplo-, pero se considera “cambio climático” al que es provocado por la acción del hombre.

¿Por qué ocurre el cambio climático?

Existe consenso científico acerca de que la principal causa del cambio climático son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Muchos de estos gases se producen de forma natural pero, debido a la acción del hombre, las concentraciones de algunos de ellos están aumentando en la atmósfera, sobre todo las de dióxido de carbono (CO₂), metano, óxido nitroso y gases fluorados.

Estos gases actúan como el cristal de un invernadero: retienen el calor del sol en la atmósfera, lo que produce un fenómeno conocido como calentamiento global, que es el aumento de la temperatura de la Tierra. Debido a esto ocurre el cambio climático que trae consigo el derretimiento de glacia-

res, aumento del nivel del mar y desertificación, entre otros efectos.

De todos los gases de efecto invernadero, el CO₂ es producido principalmente por la actividad humana y, según la Dirección General de Acción por el Clima, de la Comisión Europea, es responsable del 63% del calentamiento global causado por el hombre.

En los años 90, se calculaba que para 2025 la presencia de CO₂ en la atmósfera alcanzaría las 400 partículas por millón (ppm). Esa cantidad, sin embargo, se alcanzó en 2013; ¡12 años antes de lo previsto! Hoy, la concentración de CO₂ en la atmósfera supera en un 40% el nivel registrado al comienzo de la industrialización.



Lo que nos dicen las plantas

La flora que vive en la alta montaña es especialmente sensible a los cambios de su entorno. Si su ambiente cambia, si la temperatura sube un par de grados, de inmediato las plantas sienten las consecuencias y buscan otro hábitat. Esto, que podría parecer inofensivo, tiene efectos directos para el ser humano: puede generar, entre otras cosas, sequías y aludes. En Chile, donde abundan ecosistemas de altura, el tema es especialmente relevante.

En la alta montaña, donde los árboles no llegan, se desarrollan ecosistemas capaces de resistir situaciones extremas: bajas temperaturas, alta radiación solar, vientos fuertes y suelos inestables. Son los ecosistemas más sensibles a las modificaciones de su entorno, y es por eso que se consideran un buen indicador de los efectos del cambio climático.

“Como son hábitats donde las especies están adaptadas al frío, el incremento de las temperaturas es perjudicial para su desempeño”, explica Lohengrin Alexis Cavieres, profesor del Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción e investigador del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB). “No es lo mismo cuando la temperatura sube de 29°C a 31°C, no se siente tanto. Pero si pasas de -2°C a 0°C, la diferencia es mucha. No tiene que ver con el cambio en sí mismo, sino de dónde está ocurriendo el cambio”, aclara.

Las plantas de altura son las primeras en reaccionar a la variación de temperatura, por

eso los científicos las utilizan como testigos de los efectos del calentamiento global. Existe evidencia, en el hemisferio norte, de cómo las especies han ido escalando la montaña, buscando a mayor altura el frío que les acomoda.

¿Y qué efecto puede tener esto? “Las plantas de alta montaña son bajas, crecen a ras de suelo. Esto significa que ahí es posible que se acumule nieve, lo que no ocurre en árboles y arbustos, donde la nieve se pierde en las hojas”, cuenta Cavieres, quien tiene numerosas publicaciones al respecto. Los árboles, que crecen más abajo que estas especies, también van subiendo la montaña en busca de su hábitat.

Esto se traduce en que hay más zonas en la montaña donde no se junta nieve, que es fundamental para la provisión de agua para el verano, porque los árboles han reemplazado las plantas de alta montaña. La disponibilidad hídrica disminuye, y aparecen las sequías.

Chile expuesto

Hoy, la temperatura media en el mundo es 0,85 °C superior a la de finales del siglo XIX, y Chile no ha estado exento de este fenómeno. Es más: de acuerdo a la Convención Mar-

co de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es uno de los países especialmente vulnerables frente al calentamiento global.

Por qué Chile es vulnerable frente al cambio climático

- Tiene áreas de borde costero de baja altura.
- Tiene zonas áridas y semiáridas.
- Cuenta con áreas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal.
- Es un país propenso a desastres naturales.
- Presenta zonas propensas a la sequía y la desertificación.
- Tiene zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica.
- Tiene zonas de ecosistemas frágiles, montañosos como las cordilleras de la Costa y de los Andes.

Los efectos se han sentido: de acuerdo al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, del Ministerio del Medio Ambiente, se proyecta un aumento de temperatura en todo el territorio nacional. “Para el período cercano, entre 2011 y 2030, los aumentos de temperatura fluctúan entre los 0.5 °C para la zona sur y los 1.5 °C para la zona norte grande y altiplánica. Para el periodo entre 2031 y 2050, se mantiene el patrón de calentamiento, pero con valores mayores”, indica el documento.

Además, se proyectan disminuciones de precipitación entre 5 y 15% entre la cuenca del Río Copiapó y la cuenca del Río Aysén. Para la zona sur, entre la cuenca del río Biobío y el límite sur de la Región de Los Lagos, la señal de disminución de precipitación es más robusta. En otras palabras: aumenta la sequía. Como cita el mismo documento: “para fines del siglo XXI, este tipo de eventos ocurriría más de 10 veces en 30 años”.



EXPLORACIÓN Y REFLEXIÓN

Se estudiaron una serie de plantas alpinas de la cordillera de los Andes. Las especies A, B y C crecen sobre los 3,000 metros de altura, donde deben soportar bajas temperaturas y veranos secos. Se realizó un experimento para evaluar como la sequía afecta la resistencia al frío de estas plantas. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Planta	TL (°C) en plantas irrigadas	TL (°C) en plantas no irrigadas
A	-13	-20
B	-12	-13
C	-20	-25

TL: temperatura letal



¿Cómo explicarías los resultados observados? ¿Cuál de las plantas resistirá mejor el frío después de un verano seco?

Si el calentamiento global aumenta las lluvias durante el verano, ¿cómo se afectará la supervivencia de estas plantas en el invierno?

Plantas que marcan la pauta

Para que la nieve se acumule y derrita de forma gradual, las plantas son fundamentales. Ellas actúan como una red de contención de las pendientes de las montañas. “Chile central depende mucho de la estabilidad y vegetación de la ladera para que se acumule la nieve, para que esta se derrita poco a poco en verano”, dice Cavieres. Con menos plantas en altura, el proceso de deshielo se ve afectado y, con él, el suministro de agua potable.

Otra consecuencia del cambio climático que afecta a los ecosistemas, es el cambio en las precipitaciones. Aunque las proyecciones en Chile hablan mayormente de una disminución en las lluvias, existen zonas donde podrían aumentar. Debido a que hay muchos sectores que han perdido su vegetación nativa, las laderas se quedan sin la contención de las plantas y se producen

los aludes. Podría haber más nieve y, sin las plantas que la retengan, ocurren los deslizamientos de tierra.

Ahora bien, estos fenómenos no son completamente nuevos, puntualiza el investigador. A lo largo de la historia de la Tierra han ocurrido diversas variaciones climáticas, y las especies se ajustan a ellas.

El problema es otro: “todo cambio que se produzca en forma repentina significa una perturbación a los ecosistemas que justamente se han tomado años en adaptarse a las condiciones ambientales”, dice. “El gran peligro hoy es la velocidad de los cambios. Muchas de nuestras especies podrían tolerar estas nuevas condiciones pero no lo sabemos, tenemos que estudiar este tema”, agrega. Solo con esos antecedentes se podrían proponer medidas para cuidar el suministro de agua.

REFLEXIÓN

1 Respecto al cambio climático y al calentamiento global, ¿crees que en tu ciudad han habido cambios en el clima? ¿Cuáles? ¿A qué crees que se deben?

2 En la ciudad donde vives, ¿cuál es la principal fuente de emisión de gases invernadero? ¿Cómo afecta esto a tu medio ambiente?

3 De acuerdo a tu respuesta, sugiere una solución y/o reemplazo que pueda generar menos emisiones de gases invernadero.

4 Si el calentamiento global continúa de acuerdo a las predicciones, ¿qué cambios podrías observar en la flora y fauna de tu ciudad dentro de 100 años más?

El equipo de trabajo

- Uno de las últimas investigaciones realizada por Cavieres en relación al cambio climático fue “Drought increases the freezing resistance of high-elevation plants of the Central Chilean Andes”, en conjunto con un grupo de investigadores del Departamento de Botánica Universidad de Concepción. Los involucrados fueron:
 - **Sierra Almeida, Ángela.**
 - **Reyes Bahamonde, Claudia.**
 - **Cavieres, Lohengrin.**
-

Cómo se financiaron los estudios

La investigación se llevó a cabo gracias a fondos Fondecyt y al Instituto de Ecología y Biodiversidad -IEB.

Referencias utilizadas

Ángela Sierra-Almeida, Claudia Reyes-Bahamonde, Lohengrin A. Cavieres.
Drought increases the freezing resistance of high elevation plants of the Central Chilean Andes. *Oecología*. 2016 Aug;181(4):1011-23.