



Cambio climático y agricultura

Tiempo de investigación

Francisco J. Meza¹ / fmeza@uc.cl

Los estudios y análisis sobre lo que significará el cambio climático han inquietado a muchos. Uno de los sectores que más preocupación ha causado es el agrícola, fundamental para la alimentación y la actividad humana. Además de entender en qué consiste el calentamiento global es importante comenzar a invertir en generar conocimientos que nos permitan hacerle frente en el futuro.

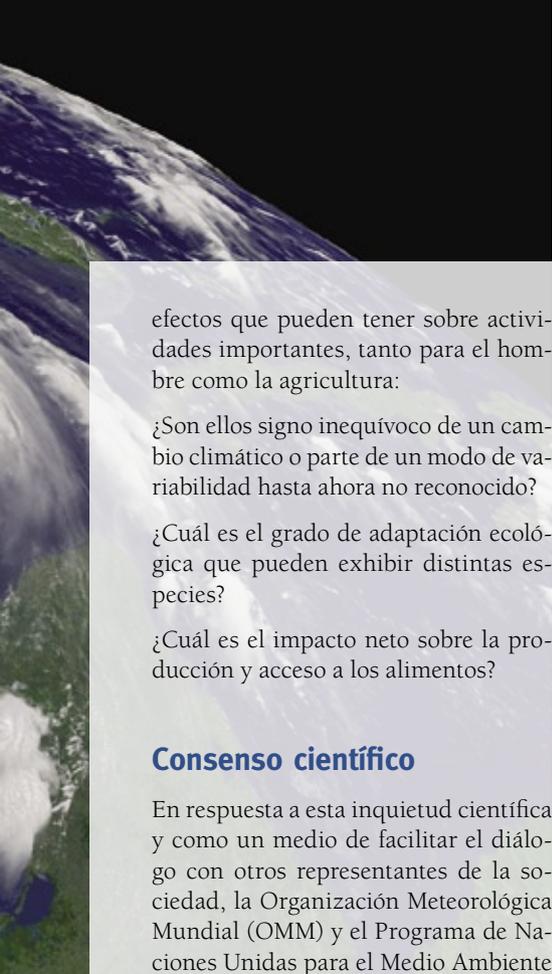
A fines del siglo XIX, el químico sueco Svante Arrhenius nos alertaba sobre las posibles consecuencias que tendría un cambio en la composición química de la atmósfera sobre la temperatura. A partir de ese momento, las Ciencias de la Tierra (Climatología, Oceanografía, Geología, Ecología) han asumido en forma coordinada el desafío de describir y comprender los mecanismos y leyes que gobiernan el funcionamiento de nuestro planeta. En las últimas décadas se ha verificado un renovado interés por desarrollar estas disciplinas, creando un modelo conceptual bajo el cual la Tierra es entendida como un sistema complejo, cuyos componentes se encuentran íntimamente relacionados. Hoy en día, por ejemplo, no es posible comprender a cabalidad la dinámica de la atmósfera sin incorporar los elementos oceánicos y de superficie terrestre que la condicionan. De esta forma, el diálogo interdisciplinario y la identificación de los mecanismos de retroalimentación entre los componentes del sistema se alzan como los elementos más importantes que identifican la actividad científica de estas disciplinas.

Bajo este nuevo paradigma, el hombre deja de ser un simple espectador y receptor desvinculado del desarrollo de la Naturaleza, siendo incorporado explícitamente como un poderoso agente transformador que introduce o acelera cambios en el funcionamiento de la Tierra.

El uso de nuevos sistemas de monitoreo (fundamentalmente información de satélites), la mayor capacidad de asimilar y procesar información gracias a los computadores, y los progresos realizados en las últimas décadas en la reconstrucción histórica y modelación del sistema planetario han producido resultados que inquietan a la comunidad científica, ya que se plantea como posible un escenario de cambio global.

Si bien los registros paleoclimáticos dan cuenta de importantes fluctuaciones, en las que se alternan períodos geológicos de calentamiento y enfriamiento del planeta, la velocidad con que se registran ellos hoy en día no tiene precedentes y plantea grandes interrogantes sobre su tendencia, el impacto que pueden tener sobre el número y distribución de especies y los

¹ Profesor del Programa de Manejo y Gestión de Recursos Naturales



efectos que pueden tener sobre actividades importantes, tanto para el hombre como la agricultura:

¿Son ellos signo inequívoco de un cambio climático o parte de un modo de variabilidad hasta ahora no reconocido?

¿Cuál es el grado de adaptación ecológica que pueden exhibir distintas especies?

¿Cuál es el impacto neto sobre la producción y acceso a los alimentos?

Consenso científico

En respuesta a esta inquietud científica y como un medio de facilitar el diálogo con otros representantes de la sociedad, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon en Panel Internacional de Cambio Climático en 1988. Este programa juega el rol de analizar y sintetizar la información científica y socioeconómica que permite entender los potenciales impactos, opciones de adaptación y medidas de mitigación frente al cambio climático. El nivel de participación masiva de científicos es un aval del grado de consenso alcanzado en sus análisis e interpretaciones.

Hace unos meses fuimos testigos del lanzamiento del primer documento del cuarto informe del Panel, que corresponde a un resumen ejecutivo del capítulo relativo a las bases científicas del cambio climático. Junto con éste se ha desatado un debate muy interesante en el que se dejan de manifiesto diferentes posiciones, algunas con raíces marcadamente ideológicas. El informe está basado en evidencia científica y técnica publicada en revistas que tienen rigurosos procesos de selección y evaluación, por lo que se estima representa un análisis bastante objetivo que refleja el estado del conocimiento sobre el comportamiento del clima.

Más de dos tercios de este resumen ejecutivo son dedicados a describir el estado del clima, comparando las ob-

servaciones con registros históricos de manera de situar en un contexto las alteraciones que se han producido. Solo hacia el final del informe se entregan resultados de simulaciones que constituyen escenarios climáticos a 80 ó 100 años plazo.

El dióxido de carbono es señalado como el gas de efecto invernadero más importante cuya fuente está asociada a la actividad antropogénica; más de un 80% proviene del uso de combustibles fósiles y el resto de emisiones producto del cambio de uso de suelo (principalmente deforestación). De acuerdo a los registros de la estación de Mauna-Loa en Hawaii, la concentración de CO₂ se ha incrementado desde 315 partes por millón a fines de la década del 50, a cerca de 380 partes por millón en el último año (Figura 1). Ambos valores sobrepasan el rango de fluctuación de los últimos 650 mil años (180 a 300 ppm) situándonos, en el contexto geológico, en una era no análoga. El informe señala que la contribución al calentamiento del planeta de este gas y de los otros gases de efecto invernadero (metano, óxido nitroso, etc.) es muy superior a la que realizan otras fuentes naturales.

Observaciones de temperatura, tanto a nivel de superficie como en altura, indican un calentamiento significativo del planeta (Figura 2). Si bien el informe reconoce la influencia del desarrollo urbano sobre las mediciones de termómetro, su efecto no es suficiente para explicar tales cambios. Datos adicionales de temperatura del océano y cobertura de nieve, tanto en extensión como en duración, confirman esta tendencia. También se observa un aumento en el contenido de vapor de agua de la atmósfera a nivel global que es consistente con el aumento de temperatura.

El informe también entrega evidencia sobre cambios en glaciares, cuyo retroceso es manifiesto, aumentos en el nivel del mar (en escala de milímetros) y cambios en el comportamiento de eventos extremos como sequías, analizando su duración, intensidad y extensión.

Imperfección en modelos y escenarios

Si la predicción del tiempo atmosférico es difícil y no siempre acertada (basta con cotejar pronósticos de medios de comunicación con los datos de estaciones meteorológicas), la predicción climática a escalas de tiempo superiores a meses sólo tiene sentido desde el punto de vista probabilístico.

Las ecuaciones que gobiernan la física del clima son extremadamente sensibles a pequeñas imprecisiones, y esas perturbaciones se propagan de una manera tal que los márgenes de error aumentan considerablemente. No obstante, los modelos de circulación general de la atmósfera siguen constituyendo la mejor forma de experimentación para “visualizar” las consecuencias del cambio global, siendo constantemente sometidos a procesos de validación, por la vía de comparar su habilidad para reproducir las condiciones meteorológicas del pasado, e incorporando parámetros y ecuaciones que representan de manera más realista el medio ambiente físico.

Dada la relación que se asume entre emisiones y cambios en el clima, el segundo problema que enfrentan los científicos es el de anticipar las posibles vías de desarrollo que puede tomar la sociedad, incluyendo el uso de energías alternativas, tasa de crecimiento poblacional y nivel de uso de recursos naturales. En último término el tipo de desarrollo de cada sociedad va a determinar la dinámica de las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles. Por ello, los impactos de incrementos en la temperatura y modificaciones del régimen de precipitaciones sobre ecosistemas y el hombre están necesariamente condicionados en el tipo de escenario, generándose un abanico de posibles cambios climáticos que difieren en su severidad.

Debido a la gran cantidad de ecuaciones que los computadores deben procesar y a la escasez relativa de observaciones climáticas que describan el perfil verti-

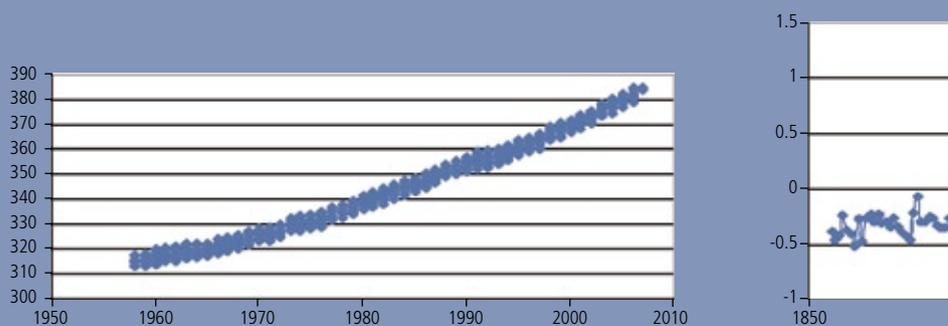


Figura 1. Evolución de la concentración de dióxido de carbono en los últimos 50 años.

Fuente: Elaboración del autor en base a registros de la estación de Mauna-Loa

cal de la atmósfera, los modelos de circulación general entregan resultados con un nivel de resolución espacial del orden de 2 a 3 grados de latitud y longitud (correspondiente a celdas de 200 Km de largo). En el caso de Chile, esto implica que no es posible distinguir claramente impactos específicos en el gradiente cordillera-oceano. En vez de entregar información específica de temperatura y precipitaciones, los resultados de simulación son comunicados en forma de mapas globales que representan cambios relativos en relación a las condiciones actuales (Figura 3).

Clima y agricultura: traduciendo escenarios, anticipando impactos

La agricultura es uno de los sistemas de aprovechamiento de recursos naturales más sensible a variaciones climáticas. Los cultivos establecen relaciones de intercambio de materia y energía con su medioambiente y se ven expuestos a fluctuaciones meteorológicas por períodos considerables de tiempo. Debido a su rol económico y social, la agricultura ha sido uno de los objetos principales de estudio a la hora de cuantificar impactos del cambio climático.

A pesar de algunos esfuerzos aislados por realizar experimentación empírica (por ejemplo someter poblaciones de plantas a ambientes enriquecidos de dióxido de carbono o estudiar en ambientes controlados el efecto de incrementos en la temperatura), su alto costo en términos de tiempo y recursos no ha permitido su implementación masiva.

En el caso de los cereales y algunas especies anuales, los modelos de simulación de cultivos han aparecido como

la herramienta de análisis que permite, en la medida de sus capacidades, entregar un rango de respuestas de carácter cuantitativo a las interrogantes planteadas por nuevos ambientes climáticos. Los resultados que entregan corresponden a una respuesta condicionada, que depende del grado de precisión con que los modelos de simulación de cultivos representan el crecimiento y desarrollo de un cultivo.

Un estudio completo de la sensibilidad del sector agrícola es todavía muy difícil de hacer. En muchos casos ni siquiera se dispone de sistemas de análisis integrado, ya que hay una escasez de modelos para cultivos frutales y hortícolas. Debido a la necesidad de cuantificar efectos del cambio climático se han identificado algunos elementos básicos, fruto de conocimientos fundamentales sobre ecofisiología vegetal, que permiten identificar las posibles respuestas de los cultivos frente a este fenómeno. Algunos ejemplos se presentan a continuación:

- Las proyecciones hechas sitúan los niveles de concentración del CO₂ por sobre los 550 ppm hacia fines del presente siglo y en muchos casos sobre los 700 ppm. La respuesta del crecimiento de los cultivos es positiva ante incrementos en este gas, pero su magnitud es variable. En general se espera que aquellos cultivos de tipo C-3 (por ejemplo trigo y vid) se vean más beneficiados en este nuevo ambiente atmosférico debido a su metabolismo fotosintético que contempla una mayor sensibilidad a la foto-respiración y un efecto inhibitorio de una mayor relación oxígeno/dióxido de carbono. Resultados experimentales muestran también que el efecto del CO₂ es

mínimo en cultivos C-4 (por ejemplo maíz).

- Los modelos de predicción climática muestran una tendencia al aumento de las temperaturas con un mayor impacto sobre las temperaturas mínimas. A nivel global esto se traduce en la posibilidad de expandir la actividad agrícola a regiones donde usualmente no era posible cultivar algunas variedades debido al riesgo de heladas. Por otra parte se espera que el incremento de las temperaturas afecte negativamente a especies que presenten requerimientos de vernalización para inducir cambios en sus estados fenológicos.
- La temperatura opera también determinando la tasa de desarrollo de los cultivos. Aumentos de temperatura traen consigo un adelantamiento de los estados fenológicos, lo que puede afectar su rendimiento ya que se reduce el período de interceptación de radiación solar.
- La temperatura ambiente es también un agente condicionante de la demanda de agua de los cultivos. Se espera que incrementos de la temperatura se vieran traducidos en una mayor evapotranspiración. No obstante, debido a que en el proceso de evaporación intervienen muchos factores meteorológicos (por ejemplo radiación neta, velocidad del viento, déficit de presión de vapor, etc.), existe incertidumbre sobre la respuesta final. Más aún, puede darse la paradoja que si bien la intensidad de la evaporación aumente, la reducción del período de desarrollo sea tal que la demanda acumulada de agua no sufra modificaciones o incluso disminuya.
- Los efectos del cambio climático sobre las precipitaciones no son tan

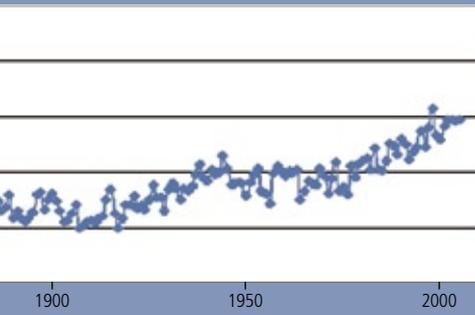


Figura 2. Anomalías térmicas del planeta en los últimos 150 años. Valores corresponden a diferencias entre temperatura anual y promedio climatológico del período 1971-2000.

Fuente: Elaboración del autor en base a datos del Climate Research Unit, University of East Anglia.

claros como en el caso de las temperaturas. A nivel global se espera que el régimen hidrológico se vea intensificado (tanto la evaporación de agua desde la superficie como la precipitación se verían aumentadas). Esta es una conclusión válida a nivel global. Tendencias disímiles se verifican al observar regiones específicas del planeta. Por ejemplo, se espera que las regiones mediterráneas, como Chile, experimenten disminuciones en las precipitaciones a nivel total. De confirmarse este hecho se incrementa la probabilidad de sufrir periodos de sequía generando una presión adicional al manejo de recursos hídricos.

Desde el año 2004 la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile ha desarrollado un programa de investigación para estimar los impactos del cambio climático sobre la productividad de algunos cultivos en la zona Central de Chile. Usando modelos de simulación de cultivos alimentados con escenarios climáticos desarrollados por el Hadley Centre del Reino Unido, se ha observado que la productividad del maíz podría caer entre un 5 a 20% dependiendo de la severidad del cambio climático. En el caso de trigo bajo condiciones de riego, se observa que el impacto es mínimo e incluso podría darse un aumento de rendimientos a consecuencia del incremento del dióxido de carbono.

Tiempo de invertir en conocimiento

Gran parte de la preocupación que genera el problema del cambio global se debe a nuestra incapacidad de dimensionar el

impacto que éste puede tener. El mundo del futuro aparece incierto y los análisis causa-efecto pierden validez por el carácter no lineal de los sistemas biológicos y físicos involucrados. El llamado a reducir emisiones es perfectamente válido y, en muchos casos, hasta económicamente razonable, puesto que hay algunos incentivos en los mecanismos de desarrollo limpio. El reemplazo parcial de fuentes fósiles por bio-combustibles debe ser estudiado en profundidad.

Chile ha dado algunas señales positivas incorporando en forma más decidida este tema en la agenda de políticas públicas. Un notable aporte ha sido el estudio desarrollado por el departamento de Geofísica de la Universidad de Chile que nos entrega proyecciones de cambio climático en nuestro país con una mayor resolución espacial. También es alentador ver cómo CONAMA ha estado desarrollando el marco de una estrategia nacional de Cambio Climático con el apoyo de expertos de distintos ámbitos. El Ministerio de Agricultura también ha manifestado su interés en abordar estos temas y proponer algunos lineamientos.

Es difícil exigir el desarrollo de planes específicos y acciones más concretas ya que, como hemos dicho, nos encontramos ante escenarios inciertos en horizontes que superan la escala tradicional de evaluación de instrumentos de política pública. No obstante la principal acción del presente debe ser invertir en el conocimiento para enfrentar el futuro. Es necesario desarrollar estudios de vulnerabilidad de sistemas agrícolas, no sólo en aspectos de productividad,

sino también prestando atención a las comunidades asociadas. Debemos hacer un esfuerzo por ampliar y fortalecer la red de observación climática e hidrológica para permitir un mejor análisis de tendencias y comportamientos del sistema. El análisis integrado y regional debe incorporar otros impactos y relaciones, tales como el deterioro de suelos y potencial escasez de recursos hídricos. La biodiversidad y el manejo de vida silvestre son partes fundamentales de este cuadro.

El hombre y los ecosistemas enfrentan constantemente la variabilidad climática, poseemos un poderoso aliado en el Fenómeno del Niño que nos permite observar las respuestas de los ecosistemas y de la agricultura frente a eventos climáticos extremos. Es necesario fortalecer estudios en ese ámbito, identificando impactos y alternativas de adaptación que puedan ser incorporadas en el largo plazo.

El problema del cambio climático tiene múltiples facetas que van desde dimensiones físicas como la modelación de la atmósfera, dimensiones biológicas como la identificación de impactos sobre ecosistemas incluyendo sistemas agrícolas, y dimensiones socioeconómicas como el establecimiento de políticas de mitigación y control de emisiones e impactos sobre el desarrollo de las naciones. En lo personal estimo que hay incluso una dimensión ética que nos debiera llevar a desarrollar un modelo de sociedad más austera, en la que atendamos las demandas de desarrollo y bienestar del presente, sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. 

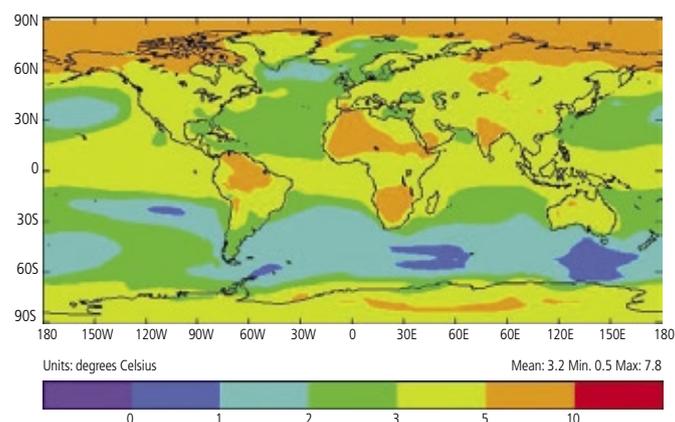


Figura 3. Ejemplo de resultado del modelo HadCM2 usando escenarios de emisiones IS92. Valores representan cambios en la temperatura para el período 2070-2100 en relación a las observaciones climáticas de 1960-1990.

Fuente: Hadley Centre for Climate Prediction and Research.