

Actividad humana, cambio climático y salud planetaria: una composición de funciones urgente de reconocer

MACARENA VALDÉS SALGADO

PROGRAMA DE EPIDEMIOLOGÍA, ESCUELA DE SALUD PÚBLICA
FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE CHILE
CENTRO DE CIENCIA PARA EL CLIMA Y LA RESILIENCIA (CR)²

Si rememoramos los contenidos de matemáticas que revisamos en los primeros años de educación, específicamente la teoría de conjuntos, los diagramas de Venn y la definición de función, podríamos decir de manera coloquial que una función es una relación que se establece entre los elementos de un conjunto llamado dominio y otro conjunto llamado codominio o recorrido [1]. En efecto, la Real Academia Española (RAE) define función —desde el punto de vista matemático— como una relación entre dos conjuntos que asigna a cada elemento del primero un elemento del segundo (Figura 1).

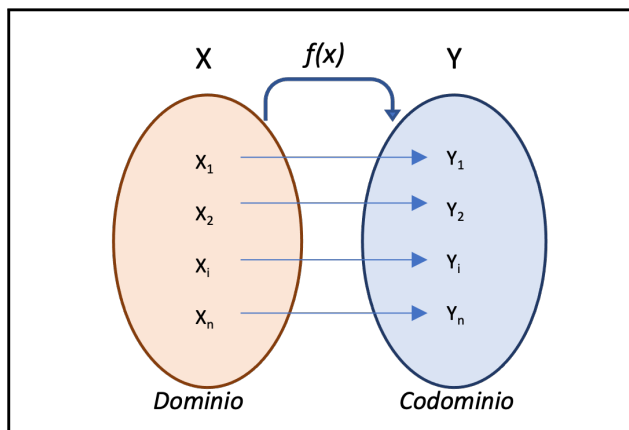


Figura 1: Función genérica — $f(x)$, léase “ f de x ”— entre una variable X cuyos elementos están en el conjunto dominio y la variable Y cuyos elementos están en el conjunto codominio.
Fuente: Elaboración propia.

Con esta premisa matemática es que debemos destacar los resultados del último reporte del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas —sexto reporte que incluye la información revisada por el primer grupo de trabajo sobre las bases físicas del cambio climático— que declara con robustez que el cambio climático es una función directa e inequívoca de la actividad humana. La evidencia analizada por investigadores de todo el mundo es concluyente: la utilización de combustibles fósiles —con un aumento sostenido de emisiones de gases de efecto invernadero desde la revolución industrial— es

responsable 100% del cambio climático, sobrepasando las capacidades que tiene la biósfera de mantener los ciclos naturales [2]. A pesar de que el informe anterior planteaba resultados similares, curiosamente, muchos en todo el mundo siguen creyendo que esta función entre actividad humana y cambio climático no existe, atribuyendo los cambios en el clima a los ciclos naturales. Por cierto, dentro de esas potenciales causas naturales, la radiación solar ya había sido descartada como causa del aumento de la temperatura desde el informe anterior (Figura 2).

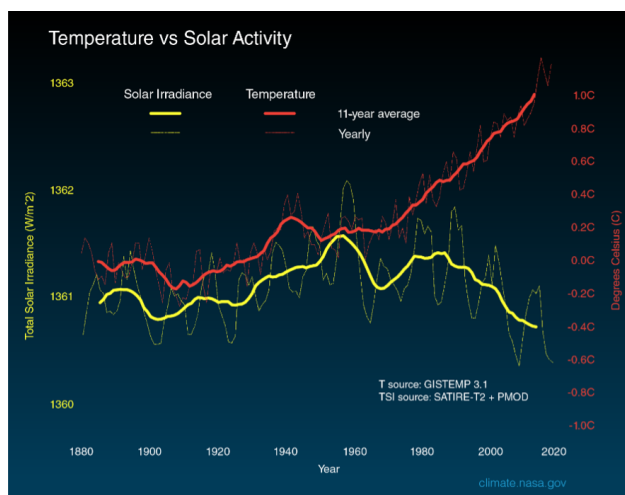


Figura 2: Serie de tiempo de la temperatura de la superficie global (línea roja) y la energía solar que recibe el planeta (línea amarilla). Las líneas gruesas son los promedios de 11 años que reducen el ruido del dato anual. La tendencia de este promedio para la temperatura superficial se muestra lineal y positiva desde 1960, y se observa relacionada de manera inversa con la radiación solar a partir de ese punto (1960).
Fuente: Observatorio de Clima Global de NASA, <https://climate.nasa.gov/causes/>.

Tal como señala la Dra. Maisa Rojas —directora del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², autora principal y coordinadora del sexto informe del IPCC [3]— el telón de fondo de este siglo es el cambio climático que afecta a la población de todas las latitudes y “considerando que ya hemos alcanzado un grado

(Celsius) de aumento” debiéramos plantearnos metas ambiciosas para cumplir con los acuerdos establecidos [4]. La situación de nuestro país exhibe una coyuntura que ha dado lugar a una megasequía, por su tiempo y extensión, combinada con otros eventos extremos como olas de calor, marejadas, tornados e incendios que han afectado a diversos territorios. Además, la permanente contaminación del aire — con 4.500 muertes evitables por año si los niveles de concentraciones de material particulado fino (MP2,5) no sobrepasaran las directrices de la Organización Mundial de la Salud— es un común denominador para los territorios urbanos de nuestro país, especialmente en invierno [5, 6, 7].

Los cambios que han experimentado los ciclos naturales en la era del antropoceno [8] —como el ciclo del carbono o el ciclo del agua— nos deben obligar a repensar nuestro rol en estos ciclos, integrando nuestra salud y sobrevivencia a la salud del planeta [9]. Pensar en la salud planetaria nos da la oportunidad de reconocer la interdependencia que existe entre el ser humano y el ecosistema que lo rodea, y en consecuencia definir que la salud y el desarrollo de las comunidades es una función de los sistemas naturales y la administración de éstos [10]. Concebir a la salud planetaria como un principio rector de la actividad humana no tan solo es consistente con nuestro ejercicio pedagógico en salud pública, sino que ofrece la oportunidad de salvaguardar la salud de las futuras generaciones reconociendo la composición de funciones entre actividad humana, cambio climático y salud planetaria (Figura 3).

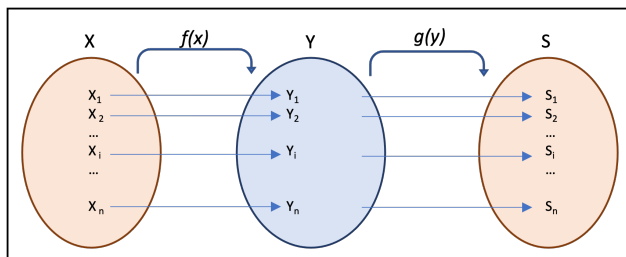


Figura 3: Elementos de la actividad humana en el conjunto X , elementos del cambio climático en el conjunto Y , elementos de la salud humana en el conjunto S ilustrando la composición de funciones $g[f(x)]$. Diversos elementos de la actividad humana X_i , como el uso de combustibles fósiles o la deforestación, entre muchos otros, han gatillado cambios ecosistémicos que hoy confluyen en un gran problema que es el cambio climático Y . A su vez, distintas aristas del cambio climático Y_i tendrán efectos en la salud de las poblaciones S_i . Por mencionar algunos efectos esperados, tenemos las muertes por olas de calor, las enfermedades nutricionales por falta de alimentos, las diarreas por falta de acceso a agua segura, entre muchos otros [11]. Fuente: Elaboración propia.

Si bien esta composición de funciones representa una analogía reduccionista, también es eficiente respecto de la descripción que encierra un problema complejo como el cambio climático y la importancia de reconocer esta composición. Esto implica avanzar desde el modelo de desarrollo actual, que concibe el ecosistema como un recurso a explotar de manera infinita, a una comprensión más holística que entienda el ecosistema y a las comunidades como un sistema socio-ecológico. Desde la definición de salud planetaria, la oportunidad de llevar a cabo una gobernanza basada en elementos como el agua, el aire, el fuego y la tierra [12]—investigación desarrollada por el grupo de interfaz ciencia-política de $(CR)^2$ y reportada en el Informe a la Nación Gobernanza de los Elementos— y estableciendo una definición integrada de los diversos actores, instituciones, factores y procesos —sean naturales y/o sociales— que continuamente interactúen, haciendo de esta composición de funciones un ciclo que nos dé la oportunidad de sobrellevar los impactos del cambio climático de una manera integral, equitativa y sustentable.

La vasta evidencia que existe sobre los efectos del cambio climático en la salud de las poblaciones desde hace más de 20 años, pone urgencia a la implementación de medidas de mitigación y adaptación con un enfoque transformativo, lo cual será prontamente resaltado en el sexto reporte del IPCC del grupo de trabajo 2 y 3 sobre adaptación, mitigación y vulnerabilidad [13]. Asimismo, desde salud, se ha hecho hincapié en las editoriales de más de 200 revistas de salud y medioambiente incluyendo a *The Lancet*, *BMJ Open*, *La Gaceta Sanitaria*, la *Revista de la Organización Mundial de la Salud*, entre muchas otras, en una llamada de emergencia a los gobiernos a intervenir y evitar más daños atribuibles a esta crisis ambiental [14]. Finalmente, es imperativo destacar que las estimaciones del impacto económico del cambio climático han actualizado los costos en cifras 6 veces más grandes de lo que eran, lo cual se atribuye fundamentalmente al gasto en salud [15]. Por lo tanto, como científicos de la salud es ineludible la responsabilidad que tenemos en la comprensión de esta analogía, siendo la actividad humana, el cambio climático y la salud planetaria una composición de funciones urgente de reconocer y también de estudiar.

Referencias

- [1] Jiménez, R. *Matemática IV. Funciones*, Pearson-Prentice Hall, 2006.
- [2] Masson-Delmotte, V. *et al. Calentamiento global de 1,5°C. Resumen para responsables de políticas*,

-
- 2019.
- [3] Chen, D. *et al.* Chapter 1. Framing, Context, and Methods in Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021.
- [4] “Directora del (CR)² presentó información clave sobre cambio climático ante la Convención Constitucional”. Noticia en <https://www.cr2.cl/>, (visitado el 16 de septiembre de 2021).
- [5] Huneus, N. *et al.* El aire que respiramos: pasado, presente y futuro – Contaminación atmosférica por MP_{2,5} en el centro y sur de Chile, www.cr2.cl/contaminacion/, (visitado el 24 de julio de 2021).
- [6] Garreaud, R. Eventos extremos 2019, <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/01/Eventos-extremos-2019.jpg>, (visitado el 15 de septiembre de 2021).
- [7] Centro de Ciencia para el Clima y la Resiliencia CR2. Informe a la Nación. La megasequía 2010-2015: una lección para el futuro, www.cr2.cl/megasequia, (visitado el 16 de septiembre de 2021).
- [8] Crutzen, P.J., Stoermer, E.F. The “Anthropocene”, *Glob Chang Newsl*, 2000, 41, 17.
- [9] Keys, P.W. *et al.*, Anthropocene risk, *Nat Sustain*, 2019, 2, 667–673, doi: [10.1038/s41893-019-0327-x](https://doi.org/10.1038/s41893-019-0327-x).
- [10] Whitmee, S. *et al.* Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health, *Lancet*, 2015, 386, 1973–2028.
- [11] Álvarez-Miño, L. y Taboada-Montoya, R. Efectos del cambio climático en la Salud Pública, 2015-2020. Una revisión sistemática, *Rev Esp Salud Pública*, 2021, 95, e1–e19.
- [12] Billi, M. Informe a las Naciones. Gobernanza Climática de los Elementos. Hacia una gobernanza climática del Agua, el Aire en Chile, integrada socio-ecosistémica y fundada en evidencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 2021.
- [13] IPCC. Timeline and highlights of IPCC history, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/07/AR6_FS_timeline.pdf, (visitado el 16 de septiembre de 2021).
- [14] Atwoli, L. *et al.* Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity and protect health, *Allergy*, 2021.
- [15] Kikstra, J.S. *et al.* The social cost of carbon dioxide under climate-economy feedbacks and temperature variability, *Environ Res Lett*, 2021, 16, doi: [10.1088/1748-9326/AC1D0B](https://doi.org/10.1088/1748-9326/AC1D0B).