



## POLOS OPUESTOS

EDUARDO ZORITA

### Extremos compuestos

Las llanuras costeras del mar del Norte, con su escasa pendiente natural, dependen de un sofisticado sistema de drenaje artificial para evitar inundaciones en episodios de lluvias intensas. Sin embargo, en febrero de año 2022, este sistema no pudo cumplir su función. No se trató únicamente del volumen de precipitación, sino de la combinación inesperada de dos fenómenos extremos: mientras la lluvia saturaba el suelo y desbordaba los canales de drenaje, un fuerte viento elevó el nivel del mar a una cota superior a la prevista en el diseño del sistema. Como resultado, extensas áreas agrícolas quedaron sumergidas bajo el agua, con fuertes pérdidas económicas y daños en las infraestructuras.

Las regiones del norte de Alemania están acostumbradas desde hace siglos a enfrentar eventos climáticos extremos. Hamburgo, por ejemplo, cuenta con un sistema de diques capaz de resistir aumentos súbitos del nivel del mar de hasta 8 metros, protegiéndola de marejadas ciclónicas extremas. Asimismo, no son inusuales los episodios de precipitaciones intensas en la región. Sin embargo, lo que empieza a desafiar los límites de estas infraestructuras no son los eventos extremos aislados, sino la ocurrencia de eventos compuestos, ya sean simultáneos o separados por cortos intervalos de tiempo. En estos casos, los sistemas de protección diseñados para gestionar un solo tipo de amenaza pueden verse sobrepasados cuando diferentes extremos climáticos interactúan, amplificando sus impactos.

Este problema no se limita a las regiones del norte de Europa. En España, podríamos enfrentarnos a escenarios similares, en los que fenómenos en principio desconectados desencadenan impactos desproporcionados al ocurrir en combinación. Un ejemplo claro es la sucesión de una sequía prolongada—que degrada la vegetación y debilita la estructura del suelo—seguida de lluvias torrenciales que provocan erosión importante y deslizamientos de tierra. Otro caso de especial relevancia para la agricultura son las llamadas “falsas primaveras”: inviernos inusualmente suaves que inducen una floración prematura, seguidos de heladas tardías que pueden devastar cultivos enteros.

El impacto de los eventos extremos compuestos no solo afecta a la infraestructura y la agricultura, sino que también tiene implicaciones para el sector energético y el comer-

cio internacional. Con el auge de las energías renovables, fenómenos como los periodos de calma eólica, que en circunstancias normales podrían compensarse con energía solar generada en otras regiones, pueden convertirse en un problema grave si al mismo tiempo un incremento de la nubosidad reduce la producción fotovoltaica. La correlación climática entre la producción eólica y solar, conocida como “complementariedad”, puede transformarse en una vulnerabilidad cuando los extremos meteorológicos afectan simultáneamente ambos sistemas.

A la luz del cambio climático, surge una cuestión clave: ¿podría el calentamiento global estar incrementando la frecuencia con la que ocurren eventos extremos compuestos? Es decir, ¿existe un acoplamiento creciente entre distintos tipos de extremos climáticos inducido por el cambio climático? Abordar esta cuestión es un desafío, ya que el análisis de series observacionales se encuentra limitado por la baja frecuencia de estos eventos. Por definición, los extremos compuestos son aún más raros que los extremos individuales, lo que dificulta la identificación de tendencias significativas en los datos históricos.

Para responder a esta pregunta, el análisis de simulaciones climáticas se vuelve imprescindible. Sin embargo, esta aproximación también presenta dificultades, ya que los modelos climáticos aún enfrentan deficiencias en la representación de ciertos fenómenos extremos. Aun así, algunos estudios basados en simulaciones sugieren que la frecuencia de eventos compuestos podría aumentar en el futuro, lo que implicaría que ciertos extremos que hoy tienen efectos moderados podrían volverse desastrosos al interactuar con otros fenómenos.

Los mecanismos que explican estos cambios pueden variar según el tipo de evento. En el caso de las falsas primaveras, por ejemplo, los inviernos anómalamente suaves se vuelven más frecuentes debido al aumento de la temperatura media global. Al mismo tiempo, algunos estudios sugieren que las irrupciones de aire polar hacia latitudes medias también podrían intensificarse debido a la reducción de la cubierta de hielo en el Ártico, aumentando la probabilidad de heladas tardías. Estos y otros mecanismos están siendo cada vez más estudiados, consolidando a los eventos extremos compuestos como un campo de investigación clave en la ciencia climática actual.