

Los reanálisis arrojan luz sobre el desastre de los aludes de 1916

YURI BRUGNARA, STEFAN BRÖNNIMANN, MARCELO ZAMURIANO, JONAS SCHILD, CHRISTIAN ROHR, DANIEL MARC SEGESSER (UNIVERSIDAD DE BERNA, SUIZA)

(Traducción al castellano del artículo "Reanalysis sheds light on 1916 avalanche disaster", contenido en el número 151 de ECMWF Newsletter, publicada con permiso de los autores.)

Uno de los peores desastres meteorológicos de la historia tuvo lugar en el sureste de los Alpes durante el infame invierno de 1916/17. Los aludes ocurridos después de un episodio de grandes nevadas mataron a miles de soldados y civiles. Las técnicas numéricas actuales abren nuevas posibilidades para estudiar este episodio histórico. La combinación de las mediciones históricas con los reanálisis y la regionalización dinámica (dinamical downscaling) hace posible reconstruir el tiempo atmosférico descendiendo incluso hasta la escala local y, por lo tanto, a la escala captada por documentos históricos de los impactos meteorológicos.

Estudiar eventos de tiempo adverso del pasado y sus impactos puede ayudarnos a evaluar mejor los riesgos meteorológicos presentes y futuros. Con referencia al episodio de la intensa nevada de diciembre de 1916, demostramos el potencial de combinar técnicas numéricas con documentos históricos -y combinar los conocimientos de meteorólogos e historiadores- para lograr una mejor comprensión de los fenómenos meteorológicos adversos y sus impactos sociales (Brugnara et al., 2016). En particular, mostramos que es posible reducir la escala del reanálisis climático del ECMWF del siglo XX, ERA-20C, mediante un modelo de alta resolución para obtener información sobre las condiciones meteorológicas que condujeron al desastre.

Secuencia de eventos

Hace un siglo, Europa estaba en medio de la Primera Guerra Mundial. En el frente italiano, los ejércitos austro-húngaro e italiano se enfrentaban en algunos de los campos de batalla más duros de la historia - en las cumbres de los Alpes del sudeste (Recuadro azul). En esta zona, durante gran parte del año, la lucha cesaría casi por completo cuando se impuso una guerra diferente: una guerra contra el frío, el hielo y la nieve. Con una precipitación media superior a 2 m por año en algunos lugares, esta parte de los Alpes es uno de los lugares más húmedos del continente. Los soldados fueron enterrados literalmente en la nieve

y sus cuerpos, expuestos por los glaciares en retroceso, todavía proporcionan un doloroso recordatorio de esa absurda carnicería.

El destino no estaba del lado de esos hombres ya que el invierno de 1916/17 resultó ser uno de los más nevados del siglo. Entre noviembre de 1916 y enero de 1917, un pluviómetro situado en la actual frontera entre Italia y Eslovenia midió 1432 mm de precipitación, aproximadamente el 80 % de la media del acumulado anual local. Después de un febrero seco, 560 mm adicionales cayeron entre marzo y abril de 1917. La Figura 1 muestra la evolución del espesor de nieve en el suelo durante ese invierno en tres sitios. En dos de ellos, el espesor máximo de la nieve alcanzó valores dos veces superiores a los valores máximos registrados en cualquier momento del período 1931-1960.

Los informes contemporáneos dan a entender que, en la mayor parte de la montañosa línea del frente entre Stelvio y el monte Krn, la pala fue la herramienta más importante tanto para soldados como para civiles. Los aludes se desplomaban casi diariamente, causando una y otra vez nuevas víctimas. En la línea del frente, se excavaron túneles en la nieve para llegar a las posiciones más adelantadas.

Sin embargo, hubo un día en particular, el 13 de diciembre de 1916, que entró trágicamente en los libros de historia. En este día, tras una semana de abundantes nevadas, la advección de una masa de aire caliente y húmedo del Mediterráneo trajo una intensa precipitación y un aumento de la cota de nieve, causan-

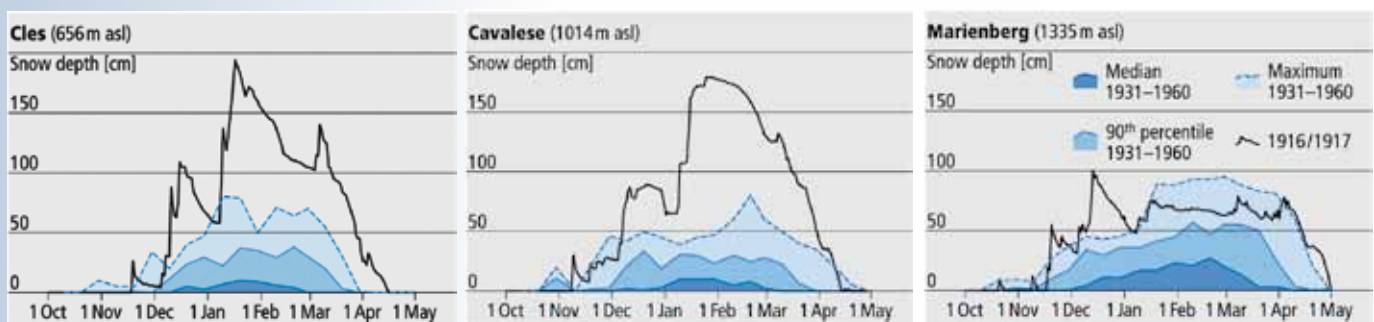


Figura 1. Evolución diaria del espesor de la nieve durante el invierno de 1916/17 observada en tres estaciones del Tirol del Sur (ver Figura 5 para sus ubicaciones), en comparación con las estadísticas correspondientes al período 1931-60.

Antecedentes históricos

El Reino de Italia declaró la guerra al Imperio Austro-Húngaro el 23 de mayo de 1915, casi un año después del inicio de la Primera Guerra Mundial. La frontera entre los dos países estaba principalmente en terreno montañoso, donde el ejército austro-húngaro se retiró a posiciones defensivas sólidamente organizadas. De hecho, sólo hubo cambios menores en la línea del frente hasta octubre de 1917, cuando las tropas alemanas se unieron a los austro-húngaros para romper las líneas italianas (conocida como la Batalla de Caporetto). Esto obligó a los italianos a retirarse más de 100 km en la llanura de Veneto hasta el río Piave. Sin embargo, la línea del frente no se movió entre Stelvio y Monte Grappa hasta el final de la guerra. Finalmente, en 1918, el Imperio Austro-Húngaro se derrumbó e Italia terminó en el lado de los vencedores.

El costo en términos de víctimas humanas fue enorme. En tres años y medio, unos 650 000 soldados italianos y 400 000 austro-húngaros murieron. En las zonas de gran altitud de la línea del frente (en algunos lugares a más de 3 000 m), las pérdidas causadas por los aludes y por la exposición al frío fueron de magnitud similar a las causadas por el fuego enemigo. Otras víctimas fueron causadas por los canales de suministro que fueron bloqueados por los aludes.



Misa de campaña en el glaciar de la Marmolada (25 de noviembre de 1916) en honor del nuevo Emperador de Austria, Carlos I. Muchos de estos hombres murieron 18 días después bajo el alud de Gran Poz. (Foto: Biblioteca Nacional de Austria)



Alud en Vermiglio, Trentino (1916). (Foto: Biblioteca Nacional de Austria)

do innumerables aludes en toda la región. El número de víctimas humanas no tuvo precedente para este tipo de evento natural. Es imposible dar un número exacto total de muertes, pero el valor de 10 000 estimado por algunas fuentes es ciertamente demasiado alto. Fuentes oficiales austríacas hablan de 1 300 muertos y 650 heridos durante el período del 5 al 14 de diciembre, mientras que estimaciones posteriores dan 2 000 víctimas para los aludes de los días 12 y 13 de diciembre. No parece que existan estimaciones italianas, pero los recuentos particulares parecen indicar que los números fueron similares a los del lado austro-húngaro. Decenas de civiles también resultaron muertos por los aludes, que en varios casos alcanzaron asentamientos a baja altitud que se consideraban seguros.

En vista de la escasa probabilidad de ataques desde el lado enemigo, los oficiales a menudo pidieron la retirada de soldados de las posiciones amenazadas por aludes. La mayor parte de las veces, sin embargo, los escalones más altos, con base en cálidas oficinas en los valles, exigieron a las tropas el mantenimiento de sus posiciones. En las primeras horas del 13 de diciembre de 1916 y más tarde en ese día, se desplomaron grandes aludes sobre posiciones austrohúngaras e italianas. El mayor incidente ocurrió en la montaña más alta de los Dolomitas (La Marmolada, 3 343 m) en Gran Poz (2 242 m), donde murieron entre 270 y 332 hombres.

Al haber ocurrido en medio de una tragedia mucho mayor - la Gran Guerra - este episodio pasó casi desapercibido en su momento, aún más por el hecho de que las noticias del frente estaban sometidas a censura. Sin embargo, representa uno de los peores desastres relacionados con la meteorología de la historia europea en términos de pérdida de vidas humanas. Es el tipo de evento del que podemos aprender para los peores casos de extremos actuales y futuros. Con su bien documentado impacto, lo que se requiere es una comprensión cuantitativa y detallada de los procesos atmosféricos responsables. Tal conocimiento puede permitirnos aprender lecciones de este trágico acontecimiento.

Reconstruyendo el tiempo pasado

Las reconstrucciones climáticas se han convertido en una herramienta importante en la ciencia climática. Sin embargo, los impactos en la sociedad a menudo surgen de eventos meteorológicos distintos cuya relación con el clima no siempre es directa. En estos casos se requieren reconstrucciones meteorológicas. Durante décadas, la meteorología del pasado ha sido reconstruida por los historiadores, a menudo con mucha precisión, pero a escala local y de una manera descriptiva. Estas reconstrucciones meteorológicas no pueden utilizarse para aplicaciones como la modelización de riesgos. La información actualmente disponible sobre el tiempo en los Alpes en diciembre de 1916 se basa principalmente en descripciones cualitativas de diarios, memorias y anécdotas transmitidas a través de generaciones. Cierta información cuantitativa puede ser recuperada de las estaciones meteorológicas de los servicios meteorológicos nacionales, y utilizada para reconstruir tales acontecimientos extremos. Sin em-

Los reanálisis arrojan luz sobre el desastre de la avalancha de 1916

bargo, estas observaciones se limitan generalmente al fondo de los valles, donde vive la mayor parte de la población, y dan poca información sobre los picos y laderas, donde ocurrió el evento. Además, la guerra afectó a muchas estaciones meteorológicas, particularmente cerca de la línea del frente, y causó pérdida de registros meteorológicos.

En los últimos años, se han desarrollado técnicas numéricas que permiten no sólo reconstruir el clima sino también reconstruir el tiempo. Se ha demostrado que se pueden obtener reanálisis globales útiles asimilando sólo datos de superficie. El conocimiento de la presión del aire en unas pocas docenas de lugares es suficiente para construir una imagen tridimensional completa de la atmósfera cada seis horas. Esto permite una extensión de los conjuntos de datos globales a los primeros días de las redes meteorológicas nacionales en el siglo XIX. Dos reanálisis de la ECMWF abarcan ahora todo el siglo XX, a saber, ERA-20C (Poli et al., 2016, Poli et al., 2014) y el recién terminado CERA-20C, el primer reanálisis acoplado del siglo XX completo (Laloyaux et al., 2016, Laloyaux et al., 2017). Fueron generados como parte de los proyectos financiados por la Unión Europea ERA-CLIM y ERA-CLIM2 (Reanálisis Europeo de Observaciones Climáticas Globales). Además de la presión superficial, ERA-20C y CERA-20C también utilizan vientos marinos.

sentados como una meseta de aproximadamente 1 km de altura. Particularmente para variables como la precipitación o la acumulación de nieve, que están fuertemente relacionadas con la topografía, los reanálisis tienen un uso limitado en los Alpes. Un paso más allá es la regionalización dinámica del reanálisis, que es similar a las operaciones de los meteorólogos para proporcionar pronósticos meteorológicos a escala regional.

En la regionalización dinámica, los campos del reanálisis se ingestan en un modelo de predicción del tiempo de alta resolución que cubre una región pequeña. Este proceso se puede repetir varias veces con resoluciones progresivamente más altas para áreas más pequeñas. Para reconstruir el tiempo en diciembre de 1916, partimos del ERA-20C y luego usamos cuatro simulaciones anidadas con el núcleo dinámico *Advanced Research* (ARW) del modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF), versión 3.7.1. La Figura 3 muestra los cuatro dominios utilizados, con resoluciones de 54, 18, 6 y 2 km, respectivamente. El resultado es una reconstrucción horaria del tiempo local, incluida la acumulación de nieve. Esto significa que la reconstrucción está ahora en la misma escala que las descripciones históricas.

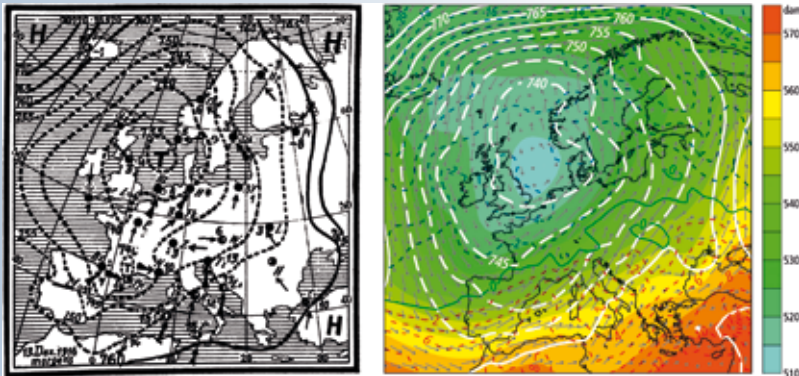


Figura 2. El panel (a) muestra un mapa sinóptico de Europa trazado a mano para la mañana del 13 de diciembre de 1916, con contornos que indican la presión del nivel del mar (mm Hg), publicado en el anuario meteorológico suizo de 1916. Hay que tener en cuenta que el mapa se basa en observaciones asíncronas que se extendieron durante unas cuantas horas. El panel (b) muestra un mapa sinóptico para las 0600 UTC del 13 de diciembre de 1916 del reanálisis ERA-20C del siglo XX del ECMWF. Los contornos blancos indican la presión del nivel del mar (mm Hg para comparación); los contornos de color indican la temperatura (°C) verde para cero, rojo para valores positivos y azul para valores negativos); y los vectores indican el viento al nivel isobárico de 850 hPa (la longitud del vector es proporcional a la velocidad del viento). El coloreado varía con la altura geopotencial en 500 hPa.

Todos los reanálisis disponibles reproducen bien la situación meteorológica en diciembre de 1916. Como ejemplo, la Figura 2 muestra los campos del reanálisis ERA-20C junto con un mapa sinóptico producido en aquel tiempo. Sin embargo, los reanálisis globales tienen una resolución espacial pequeña que es insuficiente para analizar un evento regional en una topografía compleja como la de los Alpes. Sus resoluciones espaciales suelen ser de unos 100-200 km, lo que significa que los Alpes están repre-

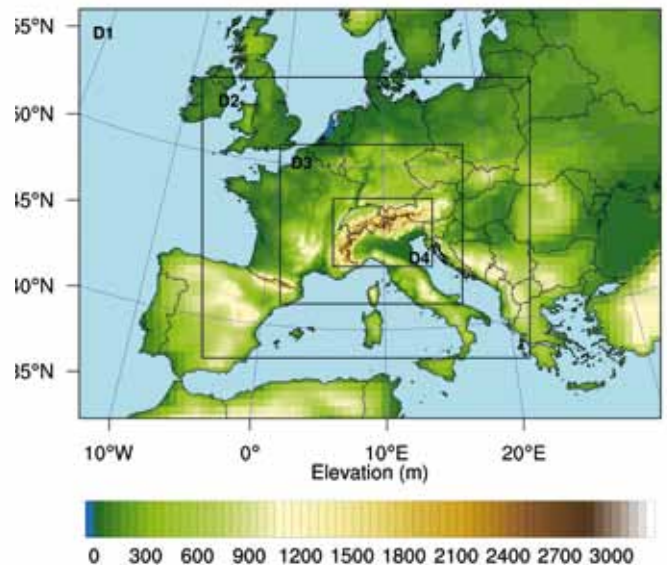


Figura 3. Dominios anidados a diferentes resoluciones (espaciamiento horizontal de la rejilla de 54, 18, 6 y 2 km) utilizados para la regionalización dinámica del ERA-20C con el modelo WRF.

Estas técnicas numéricas no sustituyen sino complementan el trabajo de los historiadores. Mientras que los reanálisis proporcionan una interpretación dinámica para los fenómenos meteorológicos documentados, los documentos históricos proporcionan los impactos de los sistemas meteorológicos reanalizados. Esto fomenta la colaboración interdisciplinaria, como se demuestra en el caso de diciembre de 1916.

Diciembre 1916 revisitado

Meteorólogos contemporáneos analizaron la configuración sinóptica del 13 de diciembre de 1916 y sus mapas trazados a mano se pueden encontrar en boletines meteorológicos y anuarios (Fi-

gura 2a). Estos muestran una borrasca centrada entre Escocia y Dinamarca y un sistema secundario de baja presión sobre el sur de Francia. La Figura 2b muestra la situación descrita por ERA-20C. El reanálisis reproduce bien el mapa dibujado a mano, pero proporciona mucha información adicional. Por ejemplo, el ERA-20C muestra temperaturas más altas que las normales en la mayor parte del mar Mediterráneo (líneas a trazos en color, véase también la Figura 4).

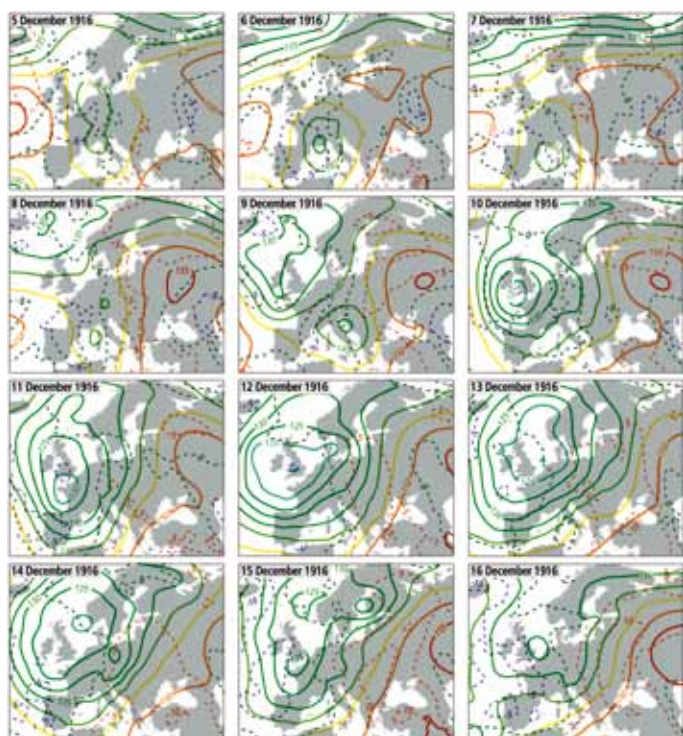


Figura 4. Altura del geopotencial en 850 hPa (contornos continuos en decímetros) y anomalía de temperatura de 850 hPa con respecto al período de referencia 1961-90 (contornos discontinuos, en °C) a las 0000 UTC de todos los días del 5 al 16 de diciembre de 1916 (ERA-20C).

Con el fin de entender mejor el episodio, debemos comenzar una o dos semanas antes. Aunque la mayoría de los grandes aludes ocurrieron el 13 de diciembre, esto fue una consecuencia de nueve días de incesante precipitación. Los reanálisis nos pueden ayudar a entender los factores naturales que causaron este evento extremo y de alto impacto. La circulación atmosférica (Figura 4) se mantuvo en forma de una configuración de bloqueo que se asemeja al modo negativo del denominado patrón Atlántico Este-Rusia Oeste (*East Atlantic-West Russia*), uno de los modos principales de variabilidad en el sector eurasiático y un modo que es relevante para los extremos (Casanueva et al., 2014). Se caracteriza por una gran dorsal de alta presión sobre el oeste de Rusia, junto a una zona de baja presión sobre Europa occidental. Esto significa que el aire cálido y húmedo sobre el Mediterráneo occidental es empujado hacia los Alpes, donde se eleva y se enfría, provocando una intensa precipitación en una pequeña zona entre las estribaciones alpinas y la cuenca marina. Esta configuración por lo general trae flujos húmedos a los Alpes meridionales y temperaturas más altas de lo normal en el Mediterráneo oriental.

De hecho, los registros instrumentales de temperatura del aire de Grecia indican que diciembre de 1916 fue el diciembre más cálido de los últimos 120 años. Las consecuencias incluyen anomalías positivas de la temperatura del agua en el Mediterráneo, que son una fuente principal de vapor de agua para los Alpes del sur.

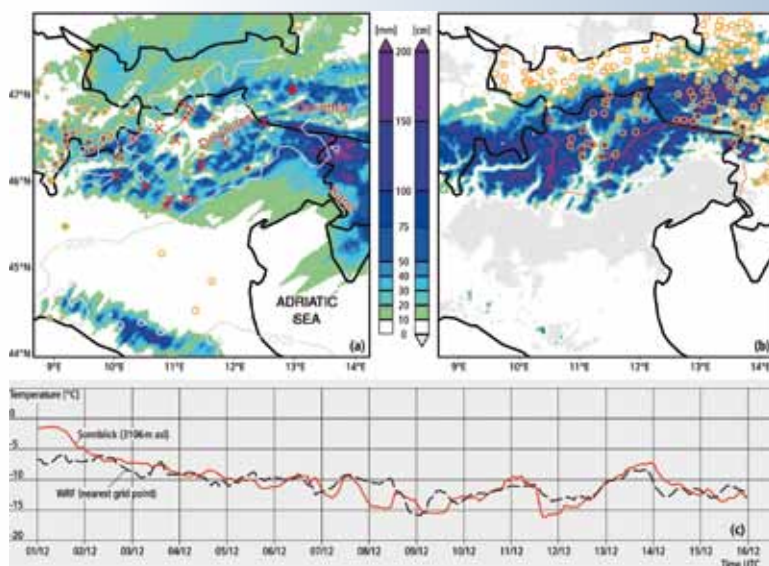


Figura 5. Resultados de la regionalización dinámica del ERA-20C. El panel (a) muestra la precipitación total (sombreada) del 13 de diciembre de 1916 (definida como las 24 horas hasta las 0700 UTC del 14 de diciembre de 1916) y el nivel de congelación medio (contornos grises, en m). Los círculos representan la ubicación de las observaciones obtenidas a partir de conjuntos de datos públicos y digitalizados por los autores y las cruces rojas muestran la ubicación de las principales aludes documentadas el 13 de diciembre de 1916. El panel (b) muestra el cambio en el espesor de la nieve entre el 5 y el 13 de diciembre de 1916 con círculos que representan observaciones de la red de la oficina hidrográfica austro-húngara (los círculos rojos muestran las ubicaciones de las estaciones mencionadas en la Figura 1). La línea del frente militar en 1916 también se muestra (línea de puntos roja). El panel (c) muestra la temperatura horaria del aire entre el 1 y el 15 de diciembre de 1916 registrada en el Observatorio Sonnblick (la estación meteorológica más alta del mundo en ese momento) en comparación con la simulación (la temperatura a la altura de la estación fue extrapolada a partir de los dos niveles más cercanos). La posición del Observatorio Sonnblick está marcada en (a) por el triángulo rojo.

Al reducir la escala de ERA-20C hasta una distancia entre puntos de rejilla de 2 km, encontramos precipitaciones el 13 de diciembre que exceden localmente los 200 mm en los Alpes Julianos, de acuerdo con las cantidades diarias máximas locales observadas en diciembre de 1916, aunque la fecha exacta de estos máximos no está disponible. La regionalización también produce grandes variaciones espaciales típicas de una topografía compleja (Figura 5a). En www.geography.unibe.ch/december1916 se puede encontrar una animación del viento y la precipitación en el dominio más interior, así como otra animación de la acumulación de nieve del 6 al 16 de diciembre. La precipitación del 13 de diciembre agregó un peso crítico a una capa de nieve que ya había aumentado hasta 2.5 m en los días anteriores (Figura 5b). En el paso de Bernina (2 323 m) en Suiza, la altura de la nieve fue de 3.70 m el 12 de diciembre y luego aumentó a 5 m.

Los reanálisis arrojan luz sobre el desastre de la avalancha de 1916

Además de la cantidad de precipitación, la temperatura fue un factor crítico. El aumento de la temperatura llevó a la lluvia hasta los 2 000 m, volviendo la capa de nieve más pesada. Por debajo de 2 000 m, particularmente en la parte sur y este de la región afectada, se trató de un episodio de “lluvia sobre nieve”, un tipo de evento del que es sabido que desencadena aludes. La combinación de la precipitación intensa y la fusión de la nieve elevó el agua del Wörthersee, el lago más grande de Carintia, hasta el nivel máximo observado. En la línea del frente tuvo que retrasarse una gran ofensiva italiana porque las tropas desplegadas en la meseta kárstica localizada más abajo se estaban “ahogando en el barro”, como informó el general Luigi Cadorna. El aplazamiento duró cinco meses y permitió a los austro-húngaros transferir refuerzos críticos desde el frente oriental.

Las observaciones meteorológicas contemporáneas que no se utilizaron en el reanálisis, en particular la temperatura, las precipitaciones (sobre todo en Suiza) y la profundidad de nieve (en Austria-Hungría), digitalizadas dentro del proyecto ERA-CLIM2, están bastante de acuerdo con los valores simulados, aunque pueden tener localmente grandes desviaciones, especialmente para días concretos (ver Figura 5a). Sin embargo, tomadas solas dibujarían un cuadro incompleto del episodio, porque se dispone de muy pocas observaciones diarias para las áreas más afectadas. Tomados en conjunto, el reanálisis con la reducción de escala y las observaciones proporcionan una visión detallada y completa y permiten una interpretación físicamente significativa. Ahora que se han identificado los principales ingredientes de la situación meteorológica (bloqueo persistente, posible influencia del cálido Mediterráneo oriental, transporte de humedad y aumento de la temperatura), y de la vulnerabilidad social, puede estudiarse el comportamiento de estos factores en un clima futuro o en una sociedad futura.

Un instrumento con gran potencial

Varios reanálisis históricos de larga extensión temporal han sido generados, los cuales proporcionan conjuntos de datos atmosféricos globales, tridimensionales cada 6 horas. ERA-20C y CERA-20C cubren el siglo XX. Las versiones 2 y 2c del Reanálisis del Siglo XX (20CR, Compo et al., 2011) llegan aún más atrás, a 1871 y 1851, respectivamente. Se han llevado a cabo pruebas para los años 1815-1817 (que abarcan el “año sin verano” que siguió a la erupción del Tambora) y existe incluso la posibilidad de emplearlas para el siglo XVIII en Europa central, donde la red de estaciones ya era relativamente densa. Los reanálisis basados en la técnica de la predicción por conjuntos, como el CERA-20C, proporcionan información adicional en forma de dispersión del conjunto.

Sin embargo, los reanálisis se basan en observaciones de presión, que tradicionalmente han sido infravaloradas y, por tanto, aún no han sido digitalizadas en muchos casos. De hecho, los reanálisis muestran cómo las observaciones históricas casi olvidadas pueden volver a ser valiosas, lo que obliga a los científicos a volver a los archivos, trabajo que da mejor resultado cuando se realiza conjuntamente por climatólogos e historiadores. En consecuencia, se dedicaron grandes esfuerzos en los proyectos ERA-CLIM y ERA-CLIM2 para rescatar observaciones históricas, que serán asimiladas en reanálisis futuros. Por lo tanto, los esfuerzos de reanálisis no son sólo grandes tareas que explotan los datos y

modelos disponibles para producir un enorme conjunto de datos. También deben preparar el terreno para futuros esfuerzos de reanálisis mediante el rescate de datos y el desarrollo ulterior de métodos de acoplamiento, métodos de corrección de sesgo y similares.

Es importante también señalar que los reanálisis no siempre son capaces de reproducir correctamente la circulación atmosférica real, especialmente a escala local. Por lo tanto, no pueden ser considerados como la verdad. Más bien, representan una verdad posible, físicamente consistente, que adquiere sentido cuando se analiza junto con la información documental sobre el tiempo meteorológico real.

Los resultados para diciembre de 1916 sugieren que se pueden obtener reconstrucciones fiables de alta resolución disponiendo sólo de datos dispersos de superficie. Combinados con análisis históricos detallados, permiten comprender un evento que no sólo es históricamente relevante sino que todavía está muy presente en la actualidad. Estos análisis dan como resultado una información valiosa para numerosas aplicaciones, incluyendo la atribución de eventos meteorológicos al cambio climático u otras causas, análisis de impacto, evaluación de riesgos y resiliencia social, respuestas y percepción.

LECTURAS SUPLEMENTARIAS

- Brugnara, Y., S. Brönnimann, M. Zamuriano, J. Schild, C. Rohr y D. M. Segesser, 2016: December 1916: Deadly Wartime Weather. *Geographica Bernensia*, G91, 8 pp., doi:10.4480/GB2016.G91.01
- Casanueva, A., C. Rodríguez-Puebla, M. D. Frías y N. González-Reviriego, 2014: Variability of extreme precipitation over Europe and its relationships with teleconnection patterns. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 709–725.
- Compo, G. P., J.S. Whitaker, P.D. Sardeshmukh, N. Matsui, R.J. Allan, X. Yin, B.E. Gleason, R.S. Vose, G. Rutledge, P. Bessemoulin, S. Brönnimann, M. Brunet, R.I. Crouthamel, A.N. Grant, P.Y. Groisman, P.D. Jones, M.C. Kruk, A.C. Kruger, G.J. Marshall, M. Maugeri, H.Y. Mok, Ø. Nordli, T.F. Ross, R.M. Trigo, X.L. Wang, S. D. Woodruff, S.J. Worley, 2011: The Twentieth Century Reanalysis project. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 137, 1–28.
- Laloyaux, P., M. Balmaseda, D. Dee, K. Mogensen y P. Janssen, 2016: A coupled data assimilation system for climate reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 142, 65–78.
- Laloyaux, P., E. de Boissésón y P. Dahlgren, 2017: CERA-20C: An Earth system approach to climate reanalysis. *ECMWF Newsletter No. 150*, 25–30.
- Leoni, D., 2015: La Guerra verticale: Uomini, animali e macchine sul fronte di montagna 1915–1918. Giulio Einaudi editore, Turin.
- Panziera, L. y B. Hoskins, 2008: Large Snowfall Events in the south-eastern Alps. *Weather*, 63, 88–93.
- Poli, P., H. Hersbach, D. Dee, P. Berrisford, A. Simmons, F. Vitart, P. Laloyaux, D. Tan, C. Peubey, J.-N. Thépaut, Y. Trémolet, E. Holm, M. Bonavita, L. Isaksen y M. Fisher, 2016: ERA-20C: An Atmospheric Reanalysis of the Twentieth Century. *J. Clim.*, 29, 4085–4097.
- Poli, P., H. Hersbach, D. Dee, P. Berrisford, M. Fuentes, J.J. Dominguez y M. Manoussakis, 2014: ERA-20C goes public for 1900–2010. *ECMWF Newsletter No. 141*, 9.