

Palo Seco resultaron las que mejor reflejaron en el decenio el nivel mundial y regional de fondo.

Referencias

- BERLYAND, M. E., 1979: *Methodological Directives for Forecasting Air Pollution over Cities* (in Russian). GIDROMETEIOZDAT, Leningrad, 78 pp.
- CEN, 1986: *Reglas para la Vigilancia de la Calidad del Aire*. NC - 93 - 02 - 104, La Habana, Cuba.
- CEN, 1987: *Requisitos Higiénico-Sanitarios: Cma, Alturas Mínimas de Expulsión y Zonas de Protección Sanitaria*. NC - 93 - 02 - 202, La Habana, Cuba.
- GOROSHKO, B.B. and A.S.ZAITSEV, 1974: Some characteristics of contaminant concentration distribution over a territory. In: *Air Pollution and Atmospheric Diffusion*, 2, IPST.
- LOPEZ CABRERA, C.M., 1990: *Criterios para la Evaluación del Nivel y Grado de la*

Contaminación del Aire. Seminario taller CONTAT-90, Academia de Ciencias de Cuba.

- LOPEZ CABRERA, C.M., 1991: *Algunos Resultados sobre la Evaluación del Nivel Regional de la Contaminación del Aire en Cuba*. Taller nacional "Cambios climáticos y sus consecuencias", Academia de Ciencias de Cuba.
- RODHE, H. and R. HERRERA, 1988: *Acidification in Tropical Countries*. SCOPE 36. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England.
- ROVINSKY, F. Ya and G.B. WIERSMA, 1987: *Procedure and Methods for Integrating Global Background Monitoring of Environmental Pollution*. WMO-TD. No. 178. GEMS Information Series, 5.
- SZEPESI, D.J., 1989: *Compendium of Regulatory Air Quality Simulation Models*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 516 pp.
- THOM, G.C. and W.R.OTT. 1976: A proposed uniform air pollution index. *Atmos. Environment*, 10, 261-264.

DESASTRE POR ALUD DE NIEVE EN EL SUDESTE DE TURQUÍA EN EL INVIERNO DE 1992

Por Ibrahim GÜNER¹ y Ayhan SAYIN²

Introducción

El subclima de Turquía, localizado en la franja climática templada del mundo, tiene grandes variaciones a consecuencia de su topografía. Hay cordilleras a lo largo del Mar Negro y de las costas mediterráneas, altas montañas en la parte oriental y sudoriental del país y empinadas colinas. En consecuencia, las fuertes nevadas durante el invierno dan lugar a riesgo de aludes, que se dan en las laderas de los valles desnudos de la región tanto en la cara norte como en la cara sur. Mueren unas

40 personas cada año en los aludes y se causan grandes daños a las propiedades (Gürer, 1987), si bien en el invierno de 1992 murieron 284 personas.

Un alud se desencadena por los efectos tanto de las fuerzas internas como externas, su peligrosidad aumenta continuamente con la acumulación de nieve y alcanza su clímax cuando comienza la estación de la fusión de las nieves. El deshielo intermitente de primavera da lugar a un empaquetamiento de la nieve que contiene capas de diferentes densidades; esto aumenta la resistencia de la cubierta de nieve y

¹ Universidad Hacettepe, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geológica, Beytepe, Ankara, Turquía.

² Servicio Meteorológico Estatal Turco, Kalaba, Ankara, Turquía.

cada nevada forma nueva capa. Esta estratificación de la cubierta de nieve comienza a principios de marzo en Anatolia Oriental y a mediados de febrero en Anatolia Central. En las regiones costeras más templadas, la estratificación puede observarse en enero, pero sólo en los años fríos. Se ha observado que el lapso en que se completa el proceso varía en aproximadamente 15 días de una región a otra.

La gente que vive en las zonas remotas de montaña, los que desarrollan trabajos de mantenimiento de carreteras y de tendidos eléctricos, los que inspeccionan las nieves, los esquiadores, los mineros, todos ellos se enfrentan con el peligro de los aludes.

Para determinar las consecuencias económicas de los aludes para el turismo, las carreteras y líneas de distribución de energía de un país como Turquía, es necesario preparar un mapa de riesgo de aludes.

Registro de aludes de nieve en el pasado

Basándose en las estadísticas de la Dirección General de Desastres (Tuncel, 1989) y en los propios estudios de los autores sobre las noticias en televisión, radio y prensa turcas, el número de muertos por aludes durante el período 1950-1982 fue de 245; entre 1982 y 1991 se registraron 119 muertes; y en los dos primeros meses de 1992, se registró el mayor número de muertos, 284.

Mecánica de los aludes

Para que tenga lugar un alud, la fuerza total de cizalladura sobre la masa de nieve en la ladera debe ser mayor que la totalidad de las fuerzas de cohesión y de resistencia entre las capas de nieve o entre el paquete de nieve y la superficie del suelo. La acumulación de nieve en una zona accidentada muestra una gran variación en profundidad de un punto a otro, dependiendo de la pendiente, de la exposición y de la dirección del viento predominante. Es necesario por lo tanto medir la profundidad y densidad de la nieve y estimar su equivalente en agua especialmente en la estación de la fusión.

Se ha observado, a partir de las medidas de nieve realizadas en la montaña de Uludag durante el período 1975-1982, que la superficie superior de la cubierta de nieve se funde durante el día y se congela por la noche. En primavera se forma una corteza cada vez más gruesa, mientras que la parte interior de la cubierta de nieve posee menor consistencia

que la corteza superficial. Se observa, por tanto, con frecuencia que la nieve se rompe y la masa de nieve se comprime (Gürer, 1983).

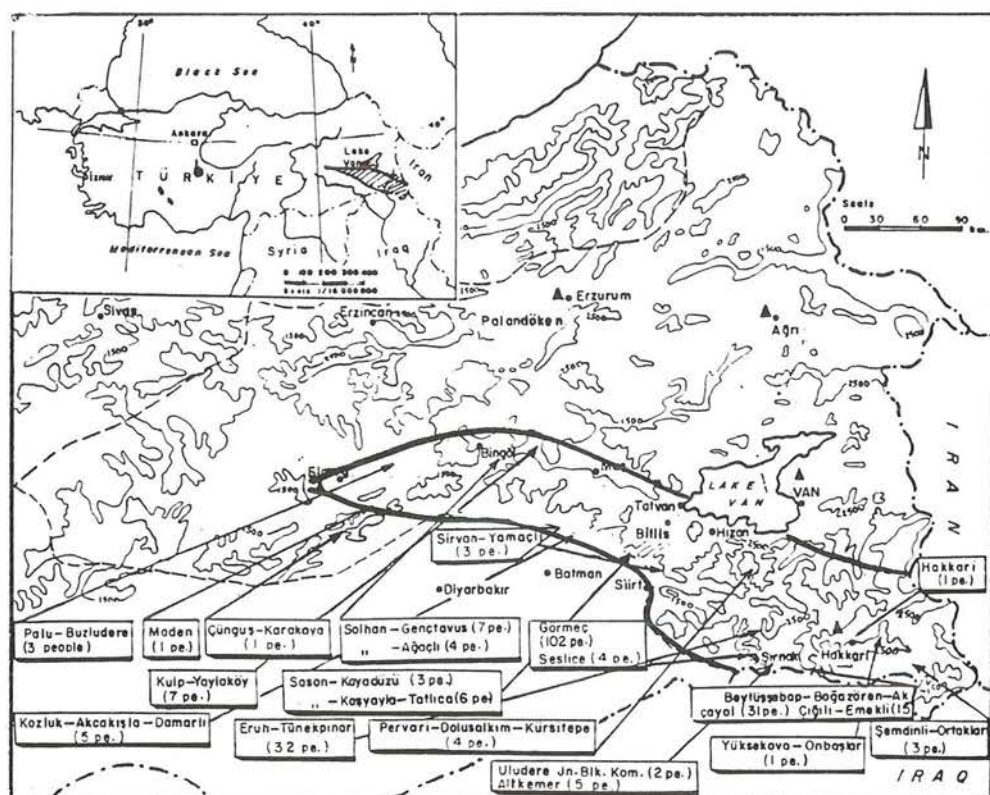
En Anatolia Oriental los aludes de nieve se observan generalmente en las laderas sur durante diciembre y enero; por el contrario, en las desnudas laderas norte, en la segunda mitad de marzo. En enero y febrero de 1992, los aludes en Anatolia Sudoriental mostraron un mecanismo excepcional. Sobre el suelo había una capa antigua de nieve y, debido a un lapso cálido en diciembre y enero, tuvo lugar una fusión parcial en su superficie.

Situación sinóptica

El 1 de enero de 1992, a las 00 TMG, una nevada fuerte, acompañada de temperaturas bajas y vientos fuertes, indujo un alud de nieve en las partes oriental y meridional de Turquía (véase el mapa). Una pequeña vaguada se extendía desde el norte de Turquía hasta el oeste de Egipto a través del Mediterráneo; una baja en 500 hPa se centró sobre la parte norte del país con un geopotencial de 534 mgp y una temperatura de -39° C. Asociado con ella había un centro de presión en superficie de 1000.3 hPa; un frente frío se extendía hasta el sur de Grecia y un frente cálido hasta el sudeste de Turquía. El Servicio Meteorológico Turco (DMI) informó de nevadas fuertes y de temperaturas mínimas en superficie de -12° C. La altura de la nieve en Palandöken y Bitlis fue, respectivamente, de 93 cm y 25 cm.

El 30 de enero de 1992, un importante ciclón situado sobre el norte de Crimea retrocedió hacia el centro del Mar Negro y a continuación hacia Anatolia Central, donde alcanzó su intensidad máxima el 1 de febrero de 1992 a las 00 TMG, ocasionando tormentas graves en las regiones este y sudeste de Turquía. El mapa sinóptico mostraba una baja a 500 hPa sobre Anatolia Central con un geopotencial de 522 mgp y una temperatura de -39° C; el centro de bajas presiones en superficie se sitúa en Anatolia Sudoriental con una presión de 1004 hPa. El temporal se alejó de Turquía al día siguiente.

Con una situación parecida, el 8 de febrero de 1992, una pequeña vaguada en 500 hPa retrocedió desde Crimea y se situó sobre el norte de Turquía con un geopotencial de 528 mgp y un centro asociado de baja presión en Georgia de 1012 hPa. El temporal originó



La zona del desastre por aludes en 1992 y el número de muertos

nuevas precipitaciones de nieve sobre la antigua capa de nieve en Anatolia Sudoriental. Como se muestra en la figura, aumentó la altura de la nieve más de 50 cm/día en las estaciones meteorológicas de Van y Hakkari el 1 y 8 de febrero de 1992. La repentina acumulación de nieve ligera con una densidad que variaba entre 130 kg m^{-3} a 1970 m y 200 kg m^{-3} a 2240 m (Türksoy, 1992) produjo una capa de nieve superficial gruesa e inestable. Esto causó un alud de nieve polvo con un largo recorrido sobre varias laderas, que en su mayor parte estaban desnudas a excepción de arbustos, que no pudieron impedir la arremetida. Continúa la investigación geomorfológica de las zonas de aludes en el suroeste de Anatolia.

Geología

La zona de aludes está localizada en el este de Taurus y la frontera está incluida en la región. La formación geológica más importante es el macizo metamórfico Bitlis, formado principalmente por gneis, diferentes esquistos y

mármol. Hay también caliza cristalizada, oficalcita sedimentaria mesozoica y rocas volcánicas cenozoicas. Puesto que la región está en la zona de contacto de las placas de Arabia y Anatolia (cinturón Bitlis Sture), todas las unidades geológicas observadas están muy deformadas, especialmente las oficalcitas y los esquistos. El efecto sobre las rocas de más nieve, hielo y agua y la diferencia de temperaturas entre la noche y el día es el de su alteración y la formación de superficies lubricantes propensas a los aludes en las empinadas laderas de los valles cubiertos de nieve.

La predicción y el control de los aludes

Actualmente, se pueden utilizar los datos de teledetección, las investigaciones geológicas y el análisis de los episodios históricos de aludes para determinar un mapa de riesgo de aludes en la macroescala. En un estudio a microescala, los aludes locales se pueden definir fácilmente a partir de la topografía, la



(Arriba y abajo): Escenas de las consecuencias de dos aludes que afectaron en febrero de 1992 a la carretera Van-Hakkari-Çukurca en Anatolia Sudoriental, Turquía, en febrero de 1992

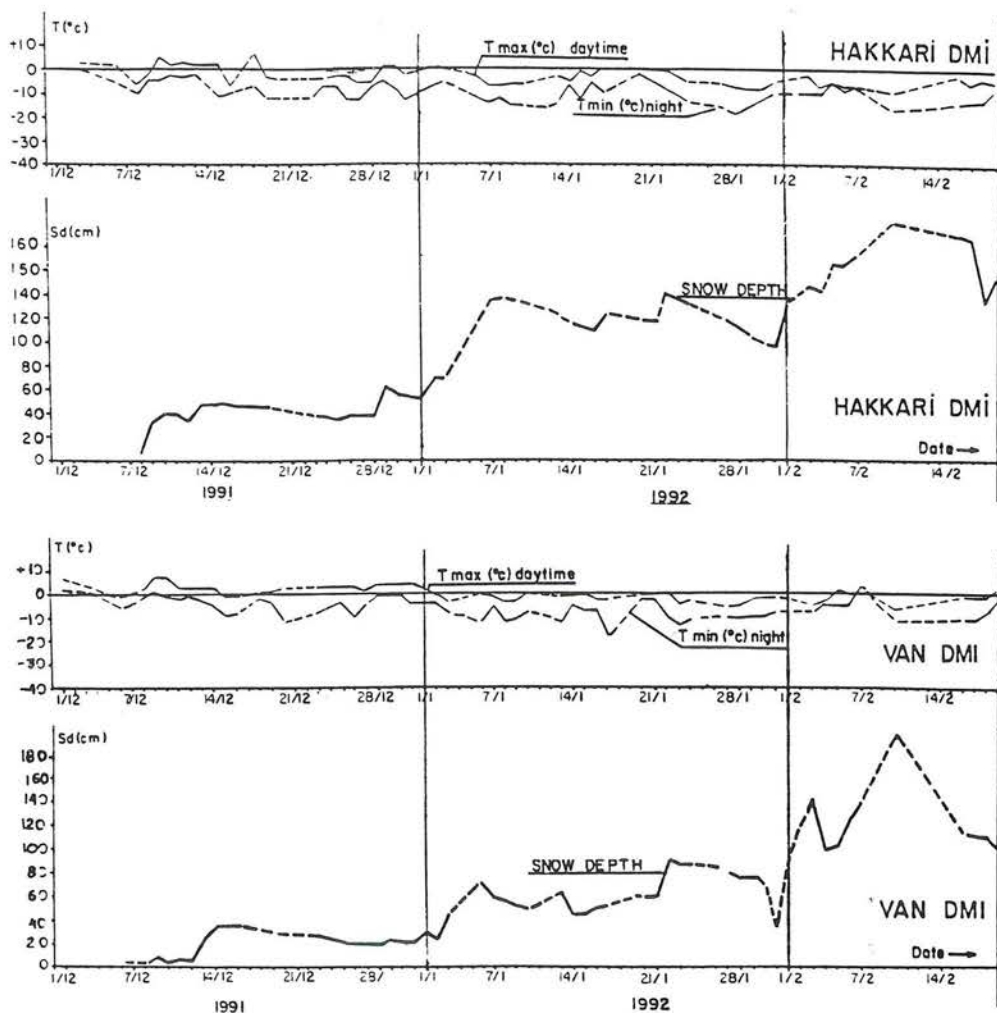


exposición, la pendiente y la cubierta de bosques en la zona. Las laderas desnudas y con gran pendiente ($< 35^\circ$ respecto al plano horizontal) son las zonas naturales de riesgo de aludes. En el este de Anatolia los inviernos son largos y fríos y por lo tanto los métodos de predicción de aludes deben basarse en el estudio de la estructura de la cubierta de nieve compactada en capas y el análisis de las condiciones meteorológicas predominantes.

Las restricciones en el uso de carreteras y de zonas sensibles, el levantamiento de barreras y la construcción de túneles son métodos para el control de los aludes aplicados en Turquía. Durante el pasado decenio, los túneles para aludes se utilizaron con éxito en las carreteras que unen Erzincan y Pülümür, Trabzon y Hamsiköy, Erzincan y Kelkit y Van y Hakkari.

Conclusiones

Aunque no causan tanto daño como los terremotos o las inundaciones, tienen lugar muchos aludes de nieve durante los meses de invierno en las partes montañosas del este de Anatolia y constituyen un riesgo grave. Sólo se informa de los que interrumpen carreteras y líneas férreas, dañan los tendidos eléctricos y las construcciones de minería y afectan a los habitantes; los otros, en áreas remotas, no



Variación de los principales parámetros meteorológicos el 1 y 8 de febrero, según las medidas de los observatorios de Van y Hakkari

pueden registrarse. Debe prepararse un mapa detallado de las zonas de riesgo de aludes para la planificación de nuevos trazados de carreteras, ferrocarril, para la localización de minas, para los tendidos eléctricos y para la reubicación de pueblos.

A la vista del alto tributo en muertes que ocasionan cada año los aludes, pero especialmente tras el desastre de 1992 —que fue siete veces mayor que lo normal—, es esencial que la gente que viva en zonas de riesgo sea consciente de la magnitud del peligro, y que estén prestos los grupos de rescate adecuadamente equipados para ayudar a las víctimas cuando tengan lugar avalanchas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el inestimable apoyo del Sr. Mehmet Örmeci, Director General;

Sr. Aydiner Sarıkaya, Subdirector General; Sr. Sengün Sipahioglu, Jefe de la División de análisis y predicción del tiempo, en el Servicio Meteorológico Nacional de Turquía, y Sr. Oktay Ergünay, Director General de Catástrofes.

Referencias

- GÜRER, I., 1983: *Kar Erimesi ve Akimi*. DSI, Ankara, Turquía.
- GÜRER, I., 1987: *Türkiye' de Çığ Sorunu*. TMH, Ağustos-Eylül 1987, Ankara.
- TUNCEL, H., 1990: *Doğal Çevre Sorunu Olarak Çıglar ve Türkiye' de Çığ Olayları*. *Cografya Arastirmalari*, 2, Reimpresión, Turquía.
- TÜRKSOY, M., 1992: Comunicación personal sobre las densidades de la nieve, Ankara.