

Automatización del Sistema de Alerta Temprana para Frentes Fríos y Nortes

Ricardo Prieto González*, Virginia Edith Cortés Hernández**, Martín Jiménez Espinosa***, Lucía Guadalupe Matías Ramírez***, Héctor Eslava Morales*** y Roberto Ramírez Villa**

*Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

**Posgrado en Ciencias del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

***Centro Nacional de Prevención de Desastres, México.

rprieto@tlaloc.imta.mx

Resumen

La República Mexicana presenta una alta vulnerabilidad socio-económica ante fenómenos meteorológicos extremos tal como los frentes fríos y nortes. Por ello, el uso de modelos meteorológicos de escala regional en conjunto con un sistema objetivo para la delimitación de las áreas de afectación, forman una herramienta importante en la generación y emisión de mapas de alertamiento con la suficiente anticipación ante el ingreso de estos sistemas. Cambios abruptos en la temperatura, velocidad del viento y precipitación son algunas de las variables atmosféricas que permiten identificar el ingreso de frentes fríos y nortes, por lo cual es posible prepararse ante sus afectaciones de manera rutinaria.

Sin embargo, los sistemas de alertamiento temprano apenas se han comenzado a implementar en México, con una respuesta favorable, beneficiando en la toma de decisiones que por anticipado permite reducir las afectaciones en la población ante estos fenómenos. En este trabajo se ha elaborado una climatología basada en datos proporcionados por el modelo NAM, los cuales nos ayudan a determinar valores umbrales de temperatura mínima, cambios abruptos de temperatura, precipitación y viento, asociados al paso de frentes fríos y nortes sobre la República Mexicana. Dentro de este trabajo se ha generado una serie de programas computacionales que descargan desde un servidor datos del modelo meteorológico NAM, extraen la información de las variables requeridas y automáticamente detectan las condiciones meteorológicas atípicas o fuera de los valores umbrales calculados dentro de la climatología de la base de datos.

Objetivos

Identificar anticipadamente y de manera automática, condiciones meteorológicas que representen valores extremos de temperatura, viento y precipitación provocados por frentes fríos y nortes en México, como parte del Sistema de Alerta Temprana para Frentes Fríos y Nortes.

Metodología

El Sistema de Alerta Temprana ante Frentes Fríos y Nortes (SIAT-FFyN) es una herramienta de pronóstico de reciente desarrollo en México. La implementación de este sistema de alertamiento consiste en una serie de metodologías computacionales y de análisis que a continuación serán detallados.

En primer lugar, se generaron una serie de programas computacionales, que desde un servidor de datos extraen información del modelo NAM para las variables requeridas, detectando automáticamente las condiciones meteorológicas atípicas o fuera de los umbrales calculados dentro de una climatología de la base de datos; generando tres matrices de alertamiento que incluyen las variables: temperatura, viento y precipitación. Los umbrales de alertamiento para cada una de estas variables fueron determinados a escala de punto de malla del modelo NAM, el cual tiene un espaciamiento entre nodos de 32 km, una resolución temporal de 3 horas y 12 niveles de presión.

Los datos que emplea el SIAT-FFyN incluyen los resultados modelados con hasta 48 horas en anticipación de las siguientes variables: componente zonal del viento (superficie y a 10 m), componente meridional del viento (superficie y a 10 m), precipitación acumulada en 24 horas, presión en superficie., temperatura (superficie, 2 m, niveles), altura geopotencial, humedad relativa.

Para crear una base de datos de los valores extremos (umbrales) de las variables meteorológicas de interés, se calcularon los valores máximo extremo, máximo promedio, promedio, mínimo promedio y mínimo extremo del periodo septiembre 2010 a marzo de 2011, a través del sistema GrADS.

El SIAT-FFyN para bajas temperaturas, emite alertamientos sólo cuando las ondas atmosféricas producen temperaturas por debajo de un umbral determinado. Los valores de este umbral se definen localmente para cada punto de malla, como aquellos valores por debajo de la temperatura mínima promedio del mes más frío desde septiembre de 2010 hasta marzo de 2011, menos un cuarto del valor entre el mínimo mensual promedio del mes más frío y la temperatura extrema más fría del período septiembre 1, 2010 a marzo 31, 2011. Como este rango de temperatura puede ser bastante amplio para un punto de malla (la resolución del modelo es de 32 km x 32 km), el rango se subdivide en cinco sub-rangos, con el objetivo de aplicar medidas de prevención con mayor anticipación para ondas frías que son más intensas, que para ondas frías relativamente moderadas. La figura 1 muestra esquemáticamente estos sub-rangos para temperaturas bajas y para precipitaciones altas o vientos fuertes.

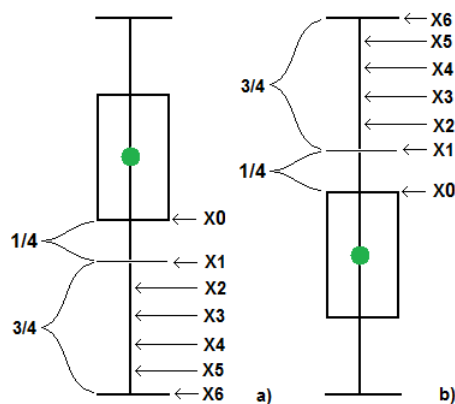


Figura 1. Determinación de valores umbrales para a) Temperaturas bajas y b) precipitación. X0 es el valor mínimo de temperatura y viento medio mensual durante el 1 de septiembre de 2010 al 31 de marzo de 2011. Para la precipitación X0 es la media mensual máxima más una desviación estándar.

En la tabla 1 se muestran los valores X0 y X6 calculados basados en los umbrales de la temperatura, precipitación y viento para el observatorio de Monterrey.

Tabla 1. Umbrales de alertamiento para temperatura, precipitación y viento, durante septiembre de 2010 a marzo de 2011.

| Observatorio | Latitud (°N) | Longitud (°O) | | Temperatura en 24 hrs (°C) | precipitación en 24 hrs (mm) | Viento en 24 hrs (m/s) |
|--------------|--------------|---------------|----|----------------------------|------------------------------|------------------------|
| Monterrey | 25.73 | 100.3 | X0 | 8.3 | 5.7 | 4.6 |
| | | | X1 | 3.8 | 17.7 | 6.0 |
| | | | X2 | 1.1 | 24.9 | 6.9 |
| | | | X3 | -1.6 | 32.1 | 7.7 |
| | | | X4 | -4.3 | 39.4 | 8.5 |
| | | | X5 | -7.0 | 46.6 | 9.3 |
| | | | X6 | -9.7 | 53.8 | 10.2 |

Se crearon tres matrices de alertamiento para bajas temperaturas, precipitaciones altas (acumuladas en 24h) y vientos fuertes.

La tabla 2 muestra las matrices de alertamiento para la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, donde cada color corresponde a un nivel de alertamiento distinto. Por ejemplo, para una onda fría que se predice que alcance su mínima temperatura en el intervalo del tercer renglón (de -1.6 a -4.3°C), la alerta azul se alcanza a las 54 h antes de la llegada del valor de temperatura mínima (con tiempo de llegada: t_{min}), mientras que la alerta verde se alcanza 42 h antes de t_{min} , la alerta amarilla a las 30 h antes de t_{min} , la alerta naranja a las 18 h antes de t_{min} , y la alerta roja se alcanza a las 6 h antes de t_{min} .

Tabla 2. Color de alertamiento basado en los valores umbrales de la temperatura, velocidad del viento y precipitación acumulada en 24 horas del observatorio de Monterrey.

| Temperatura mínima (°C) | Velocidad del viento (km/h) | Precipitación acumulada en 24 hrs | 54 a 48 hrs | 48 a 42 hrs | 42 a 36 hrs | 36 a 30 hrs | 30 a 24 hrs | 24 a 18 hrs | 18 a 12 hrs | 12 a 6 hrs | 6 a 0 hrs |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 3.8 a 1.1 | 6.0 a 6.9 | 17.7 a 24.9 | Blue | Blue | Green | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Red |
| 1.1 a -1.6 | 6.9 a 7.7 | 24.9 a 32.1 | Blue | Blue | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Red |
| -1.6 a -4.3 | 7.7 a 8.5 | 32.1 a 39.4 | Blue | Blue | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Red |
| -4.3 a -7.0 | 8.5 a 9.3 | 39.4 a 46.6 | Blue | Green | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Red |
| -7.0 a -9.7 | 9.3 a 10.2 | 46.6 a 53.8 | Blue | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Red |
| < -9.7 | >10.2 | >53.8 | Blue | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Red |

En la tabla 3 se describe el significado de cada color y su correspondiente nivel de alertamiento, además de algunas recomendaciones generales.

Tabla 3. Significado de los colores de alertamiento del SIAT-FFyN.

| NIVEL Y COLOR DE ALERTAMIENTO Y RECOMENDACIONES GENERALES | | |
|---|------------------------------|--|
| AZUL | PELIGRO MÍNIMO ALERTAMIENTO | Notificar a protección civil dentro de los organismos federal, estatal y municipal. |
| VERDE | PELIGRO BAJO PREVENSIÓN | Emisión a los medios de comunicación masiva de las medidas que debe tomar la población ante los efectos del frente frío. |
| AMARILLO | PELIGRO MODERADO PREPARACIÓN | Iniciar operativos de cooperación y preparar albergues. |
| NARANJA | PELIGRO ALTP ALARMA | Evacuación de las áreas de riesgo y suspensión de actividades. |
| ROJO | MÁXIMO PELIGRO AFECTACIÓN | Evitar exposición a bajas temperaturas, mantener a la población afectada a salvo. |

Resultados

La implementación operativa y automatizada del Sistema de Alerta Temprana de Frentes Fríos y Nortes (SIAT-FFyN), ayudará a reducir los tiempos de respuesta del personal dedicado a emitir alertamientos y a incrementar la precisión de los mismos.

Se realizaron mapas de alertamiento ante frentes fríos y nortes con casos de estudio, considerando temperaturas frías de los días 28 de enero al 9 de febrero de 2011 (Ver figuras 2 y 3). Con el seguimiento de los resultados obtenidos es posible alertar con anticipación a las regiones que pueden ser afectadas ante el paso de estos sistemas. Una aplicación del uso del SIAT-FFyN se presenta con el caso de estudio de la tercera tormenta invernal de 2011, asociada al paso del frente frío número 26 que se extendió sobre el centro y norte de México, trayendo consigo cielos nublados, temperaturas bajas extremas en el norte y norte y centro, con precipitaciones antes en el este y sureste del país, y vientos fuertes en los Golfos de México y California y en la Península de Baja California. El paso de este sistema causó amplios daños, sobre todo en las cosechas a causa de heladas en el noroeste afectando a cultivos de hortalizas, granos, cítricos y caña de azúcar. Las bajas temperaturas también provocaron el rompimiento de tuberías de agua potable, además de provocar pérdidas de vidas humanas y animales debido a hipotermia.

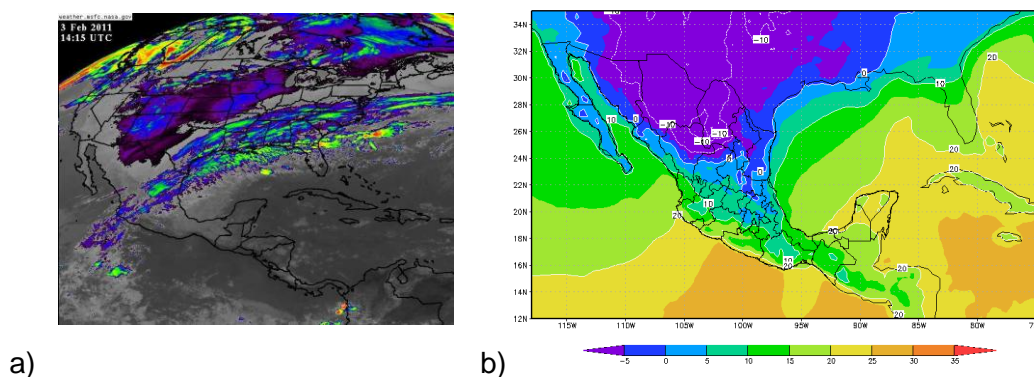


Figura 2. a) Imagen de satélite en canal infrarrojo a las 8:45 AM del 3 de Febrero de 2011 (cortesía de NASA); y b) Temperaturas mínimas esperadas por el modelo NAM para 24 horas a partir de las 12 UTC del 4 de febrero de 2011.

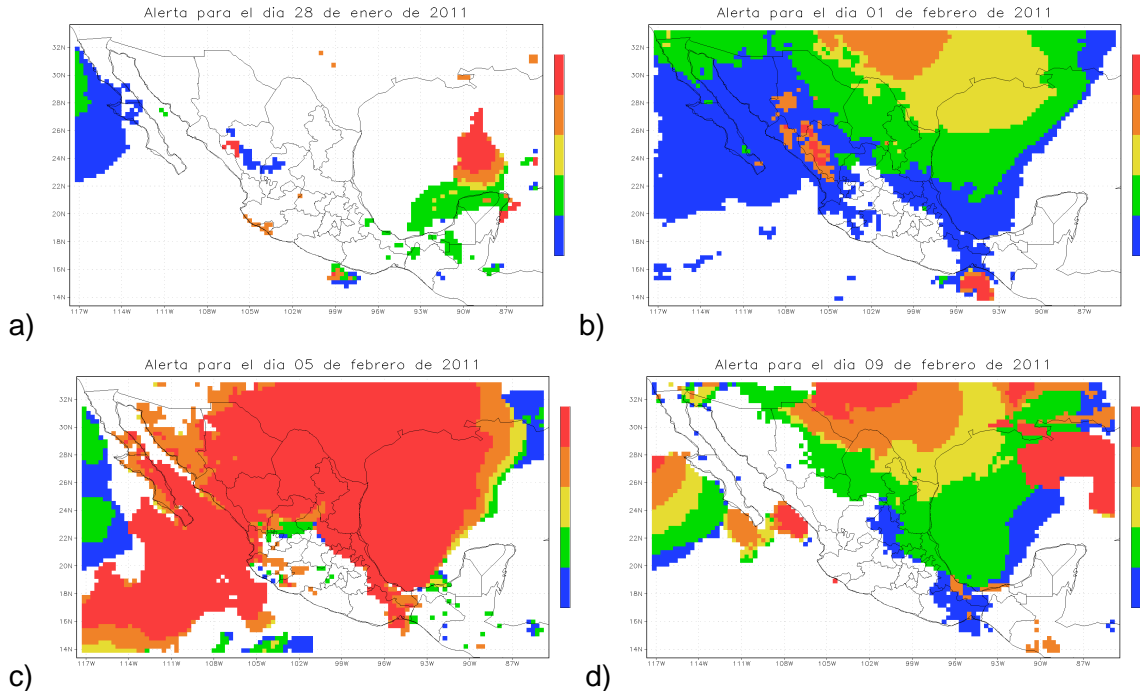


Figura 3. Áreas de alertamiento debido al paso del frente frío número 26 de 2011 para los días: a) 28 de enero, b) 1 de febrero, c) 5 de febrero y d) 9 de febrero. Los colores azul, verde, amarillo y naranja sugieren la implementación de medidas de preparación, mientras que el color rojo indica la afectación por temperaturas bajas extremas.

Conclusiones

México presenta una alta vulnerabilidad socioeconómica a eventos meteorológicos extremos como los frentes fríos y nortes; la implementación operativa y automatizada del Sistema de Alerta Temprana de Frentes Fríos y Nortes (SIAT-FFyN), permitirá reducir los tiempos de respuesta del personal dedicado a emitir alertamientos e incrementará la precisión de los mismos. El uso de modelos meteorológicos de escala regional y un sistema objetivo que delimita las áreas de afectación son una herramienta importante en la generación de mapas de alertamiento con la suficiente anticipación a la entrada de estos sistemas. Como caso de estudio, se generaron mapas de alertamiento por frentes fríos y nortes para los días 28 de enero al 9 de febrero de 2011, donde se pronosticaron y validaron temperaturas extremas; mostrando buena capacidad para la emisión anticipada de alertas para aquellas regiones susceptibles de afectación ante el paso de los sistemas frontales.

Bibliografía

- Magaña V. y Vázquez J.L. (2000). Interannual variability of Northern activity over the Americas. Memorias de la XXIV Conferencia de Huracanes y Meteorología Tropical. Ft. Lauderdale. Fla. 29 de Mayo – 2 de Junio, 2000, pp. 116-117.
- Ramírez V.R., Prieto G.R. (2008). Estudio de Nortes de la temporada 2006-2007 en el Golfo de México utilizando como apoyo el modelo MM5 (dos casos de estudio). Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana, 90 pg.
- Schultz D.M., Bracken W.E. y Bosart L.F. (1998). Planetary and Synoptic Scale Signatures Associated with Central American Cold Surges. Mon. Wea. Rev., pp. 126:5-27.