

# Sistema de Información Meteorológica en el Estado de Tlaxcala como Herramienta en la Gestión de Riesgo

<sup>1</sup>Morales-Acoltzi T., <sup>2</sup>Magaña-Rueda V. O., <sup>2</sup>Vázquez-Cruz G., <sup>3</sup>Bernal-Morales R.

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera, **UNAM**, Circuito exterior, Ciudad Universitaria D. F. 04510, [acoltzi@atmosfera.unam.mx](mailto:acoltzi@atmosfera.unam.mx)  
<sup>2</sup>Geografía Física, Instituto de Geografía, **UNAM**, Circuito exterior, Ciudad Universitaria D. F. 04510, [victormr@servidor.unam.mx](mailto:victormr@servidor.unam.mx)  
<sup>3</sup>Licenciatura en Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología, **UATx**, Campus Tlaxco, [rbernal07@hotmail.com](mailto:rbernal07@hotmail.com)

## RESUMEN

El Sistema de Información Meteorológica implementado en el Estado de Tlaxcala, trata de responder a la caracterización, monitoreo y pronóstico de las amenazas meteorológicas. Estableciendo una red de estaciones meteorológicas de superficie que permita documentar de mejor forma los sistemas que ocurren regionalmente en el estado y que en ocasiones terminan en desastre, como la granizada extrema del 15 de mayo en Tlaxcala Capital, principalmente, y la helada del 07, 08 y 09 de septiembre, ambos del año en curso. Aunque existe un sistema de observación del tiempo y clima implementado por el Servicio Meteorológico Nacional (**SMN**), el estado de Tlaxcala sólo cuenta con tres estaciones automáticas que permiten la transmisión de información en tiempo real. Aumentando la cobertura de monitoreo se pueden estudiar y eventualmente comprender la dinámica de eventos meteorológicos extremos, con lo cual se puede mejorar en su pronóstico y por tanto en acciones de prevención. Presentamos un análisis del impacto de la nueva información en un sistema de asimilación de datos.

## METODOLOGÍA

**Necesidad de un monitoreo meteorológico regional** Las condiciones extremas de tiempo son reconocidas como una amenaza natural que puede llevar a la ocurrencia de desastres. Sin embargo, se reconoce que los desastres ocurren al rebasar el riesgo ciertos niveles críticos que dependen de la amenaza y la vulnerabilidad a dicha amenaza (Fig. 1). Por ello, se ha tratado de estimar cuál es el nivel crítico de riesgo ante sistemas meteorológicos como tormentas intensas, ondas de calor o rachas de vientos fuertes.

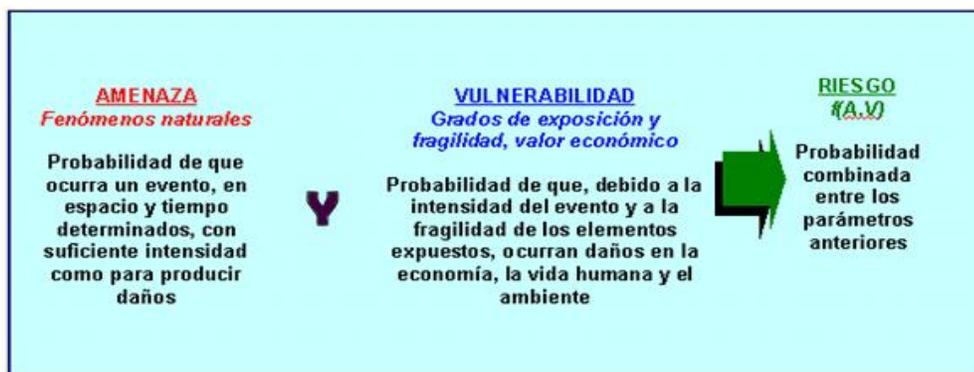


Fig. 1 Relaciones amenaza, vulnerabilidad y riesgo (fuente: **BID**)

Es común escuchar que los desastres, mal llamados naturales, son impredecibles y cada vez más frecuentes debido a que "la naturaleza es impredecible o se pone en nuestra contra". Recurrir a este paradigma naturalista lleva a que la sociedad juegue un papel pasivo

ante un elemento activo como el tiempo o el clima. Las implicaciones de esta visión, hacen que el estado y La sociedad no asuman las responsabilidades inherentes a toda organización en materia de seguridad, al no reconocer la influencia de los procesos sociales, económicos y políticos en la construcción de la vulnerabilidad. La vulnerabilidad económica, física o de percepción, generalmente construida por la sociedad y los patrones de desarrollo no sostenibles, constituye por tanto un elemento de importancia a analizar (Bert et al. 2011; Boyd, 2001).

Aunque existe un sistema de observación del tiempo y clima implementado por el Servicio Meteorológico Nacional (**SMN**), el estado de Tlaxcala solo cuenta con tres estaciones automáticas que permiten la transmisión de información en tiempo real, representadas por estrellas blancas (Fig. 4). Aumentando la cobertura de monitoreo se pueden estudiar y eventualmente comprender la dinámica de eventos meteorológicos extremos, con lo cual se puede mejorar en su pronóstico y por tanto en acciones de prevención.

Es claro que no es posible determinar las características de los sistemas meteorológicos de mesoescala sin observaciones. Por ello, **un primer paso para la gestión de riesgo** consiste en documentar de mejor forma las condiciones dominantes de tiempo meteorológico en la región de interés (monitoreo meteorológico), lo que eventualmente deberá llevar a un mejor entendimiento de procesos y con ello a mejores pronósticos meteorológicos para la toma de decisiones en materia de Protección Civil (Hellery and Mani, 2002).

Transitar de la respuesta al desastre, a una gestión de riesgo con enfoque en prevención, requiere también de esquemas de predicción del tiempo que permitan anticiparse a los efectos negativos de tiempo severo. En el caso de eventos meteorológicos extremos, el conocimiento de la gente de Tlaxcala y los reportes de desastres de origen hidrometeorológico reconocen las lluvias intensas y tempestades como amenazas importantes, sin dejar atrás los daños que causan las sequías (Fig. 2). Éstas con frecuencia aumentan la posibilidad de incendios forestales.

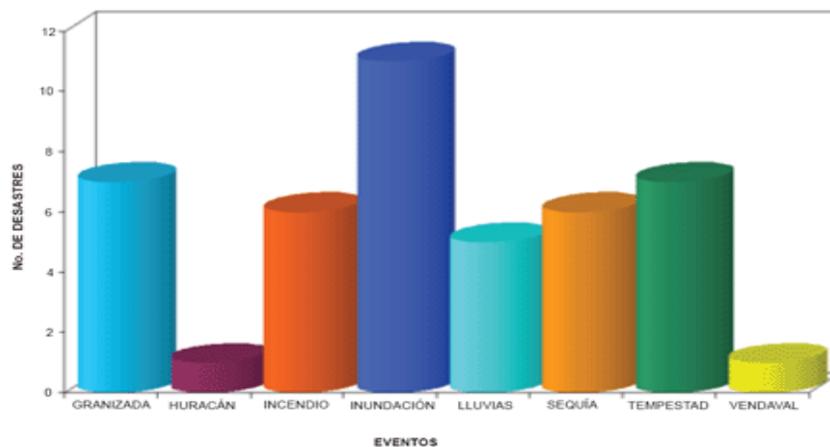


Fig. 2 Amenazas causantes de desastres más comunes en el estado de Tlaxcala

Muchos eventos meteorológicos en Tlaxcala exhiben un carácter regional que pocas veces ha sido documentado con detalles espaciales y temporales, como por ejemplo el evento de tormenta severa con granizo que impactó el 15 de mayo del año en curso en Tlaxcala Capital y Acuitlapilco. Las estimaciones de la lluvia hechas por el **SMN** a nivel regional tienen poca resolución espacial y no reflejan las características del evento (Fig. 3). Incluso con estimaciones de lluvia por satélite, como las que se obtienen con **CMORPH** no logran entregar los detalles del evento que ocasionó daños en las actividades agrícolas e incluso en zonas urbanas. Por ello, se vuelve necesario un monitoreo de mayor detalle. La disponibilidad de mejores datos en la región, permitirá construir diagnósticos de condiciones meteorológicas que permitan documentar los eventos de tiempo meteorológico extremo (Grassi 1983, Morales-Acoltzi et al. 2011).

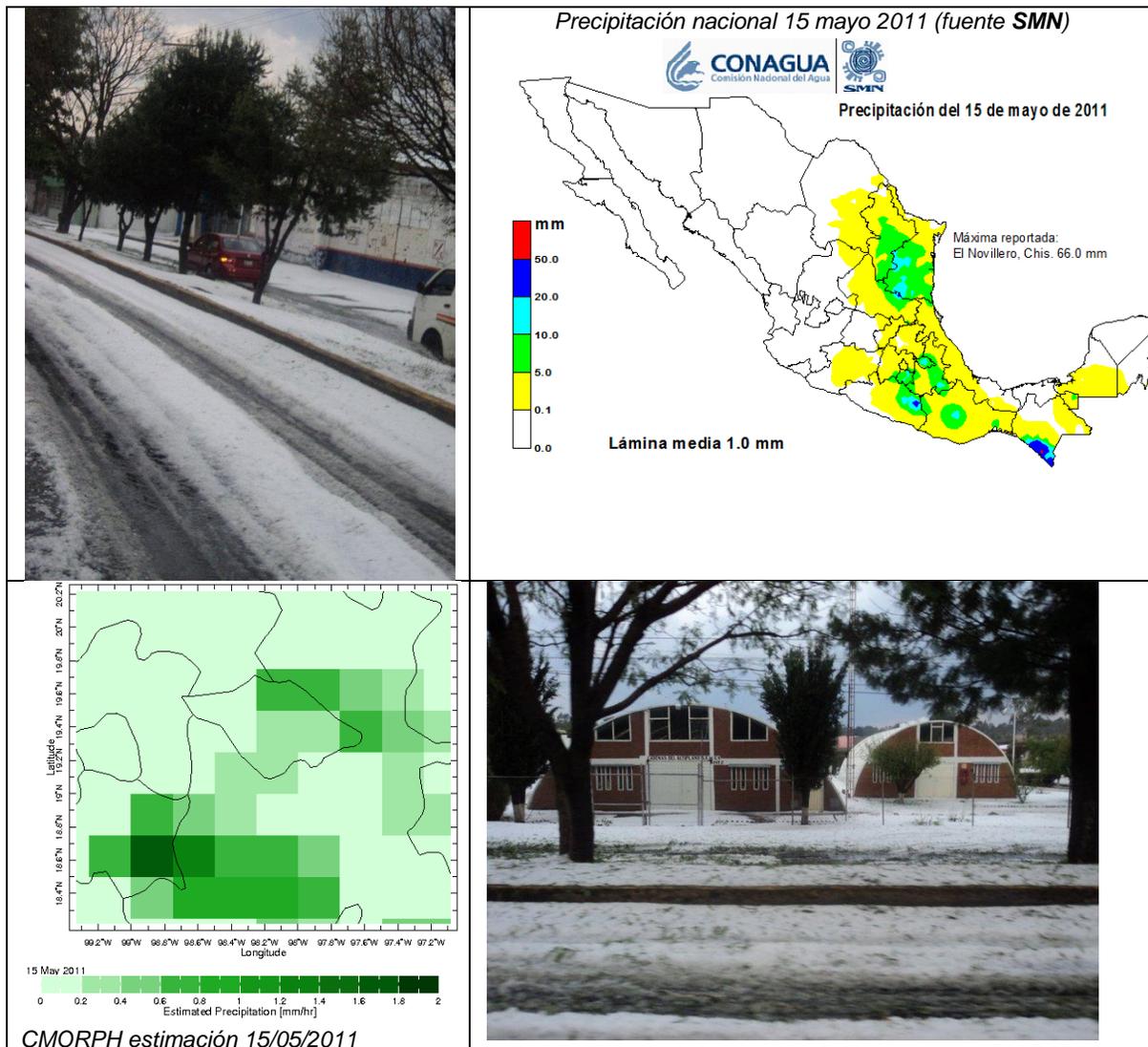




Fig.3 Imágenes de evento de granizo del 15 de mayo de 2011

**Acceso a información para toma de decisiones** La Protección Civil ha hecho esfuerzos para realizar acciones preventivas que disminuyan los desastres (Morales-Acoltzi, et al. 2011). Los apoyos recibidos por **FOPREDEN** apuntan a un cambio de estrategia en la gestión de riesgo, pues es bien sabido que la prevención paga al 6 X 1 al menos, con respecto a la recuperación del desastre. Sin embargo, cada estado debe construir capacidades para la reducción de vulnerabilidad y una de dichas capacidades está en la posibilidad de monitorear y pronosticar tiempo meteorológico (INE 2007). Es claro que la puesta en marcha de una red de monitoreo va de la mano formación de recursos humanos entrenados para interpretar información meteorológica, y es en ese sentido que se trabaja en el proyecto. Eventualmente, personal de Protección Civil de Tlaxcala será incorporado al proceso de capacitación en cuanto se instale el sistema de asimilación y despliegue de datos meteorológicos. Mejores datos no solo permiten describir las condiciones ocurridas, sino que permiten generar condiciones iniciales mejoradas para modelos de pronóstico del tiempo a corto plazo.

## RESULTADOS

**Construcción de información meteorológica** El monitoreo que se ha diseñado para el estado es como en muchas otras partes del mundo, basado en estaciones meteorológicas de superficie que miden: temperatura, precipitación, humedad del aire, vientos, presión atmosférica en superficie, radiación solar y ultravioleta. A partir de estos parámetros se derivan meteorológicas otras cantidades que constituyen información de relevancia (eg. índices de confort, rachas de viento, etc.). De esta forma, la cantidad de parámetros que se pueden construir para cada estación permiten un análisis de peligros más detallados. Sin embargo, las informaciones puntuales requieren de ser convertidas en campos que estimen la condición regionalmente. Los esquemas de asimilación de datos constituyen una herramienta adecuada para el despliegue de información a nivel regional. No se trata de una simple interpolación, sino de una estimación de valores a puntos de malla bajo ciertas consideraciones físicas y de estimación de error. Un esquema simple para este propósito es el Análisis Objetivo de tipo Cressman que es de uso común en muchos centros meteorológicos del mundo.

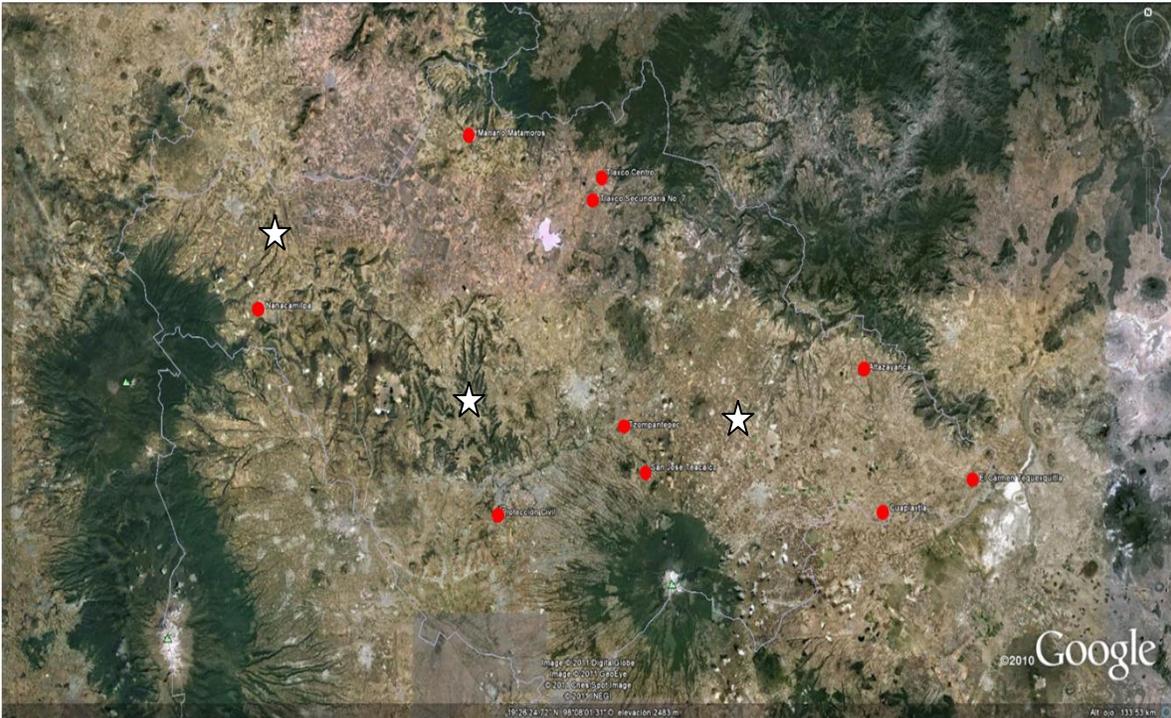
En los meses recientes el esquema desarrollado se ha puesto a prueba para construir campos meteorológicos de mesoescala. Así, la red de estaciones meteorológicas despliega no solo valores puntuales sino campos meteorológicos de forma periódica que permitan analizar la evolución del estado del tiempo y eventualmente, la ocurrencia de condiciones que constituyan

un peligro. Ya se comienza a pasar de una red de estaciones que captura datos, a un sistema que genera información meteorológica para la toma de decisiones (Williams 2011).

La lista de estaciones al 3 de agosto de 2011 es el siguiente, faltando cuatro por instalar:

- |                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 1) PROTECCIÓN CIVIL                   | 2) TLAXCO SECUNDARIA No. 7 |
| 3) MARIANO MATAMOROS                  | 4) CUAPIAXTLA              |
| 5) EL CARMEN TEQUEXQUITLA             | 6) NANACAMILPA             |
| 7) TLAXCALA CAPITAL, PROTECCIÓN CIVIL | 8) ALTZAYANCA.             |
| 9) SAN JOSÉ TEACALCO                  | 10) TZOMPANTEPEC           |

Aun se trabaja en resolver algunos problemas técnicos de comunicación para tener a todas las estaciones reportando en tiempo real.



*Fig. 4 Distribución de las estaciones meteorológicas de la Red de Protección Civil de Tlaxcala (círculos rojos). Las estrellas blancas corresponden a las EMAs de CONAGUA.*

Se observa que las dos redes de estaciones automáticas, diez de Protección Civil y tres de CNA, se complementan desde el punto de vista de cobertura espacial.

La transmisión de los sitios se realiza con frecuencia de 30 minutos y se detiene solo en caso de fallas en internet. De cualquier forma, los datos se almacenan en el equipo y se transmiten en cuanto se restablece la comunicación. La instalación de los equipos se realizó a mediados de junio y en la última semana del mismo mes, del año en curso.



Fig. 5 Proceso de instalación estaciones meteorológicas, 5a; despliegue de información a través de **weather link**, 5b.

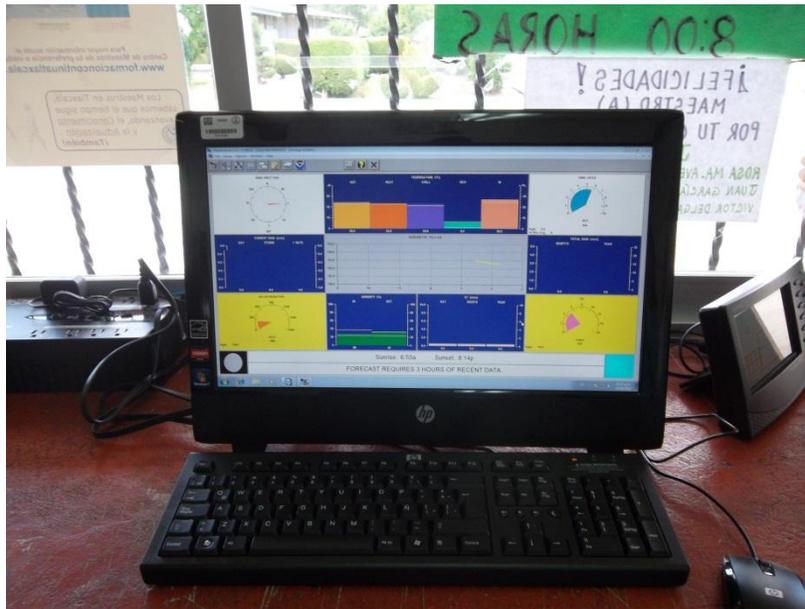


Fig. 5b Continuación

**Condiciones del servidor** El procesamiento de la información que se recibe de las estaciones, así como su asimilación y despliegue se realizan a través de sistemas de cómputo que funcionan en tiempo real.

**Transmisión de datos** Las estaciones ya transmiten información a un nodo central ubicado en Protección Civil de Tlaxcala Capital, donde se comienzan a archivar los datos, y donde son desplegados en tiempo real, mediante el despliegue gráfico **weather link** (Fig. 6). Los archivos de datos se almacenan en forma de texto y se trabaja para que estén disponibles a aquéllos que deseen consultarlos, mediante página web. Un ejemplo de la información que se recibe es el de la estación Cuapiaxtla.

La información que se obtiene de las estaciones de la Red de Protección Civil (PC) Tlaxcala es comparable en precisión con la que se obtiene de la Red de **CONAGUA**, como es el caso de la estación Tlaxcala, la cual no coincide exactamente en ubicación con la de PC Tlaxcala, pero entrega información comparable.

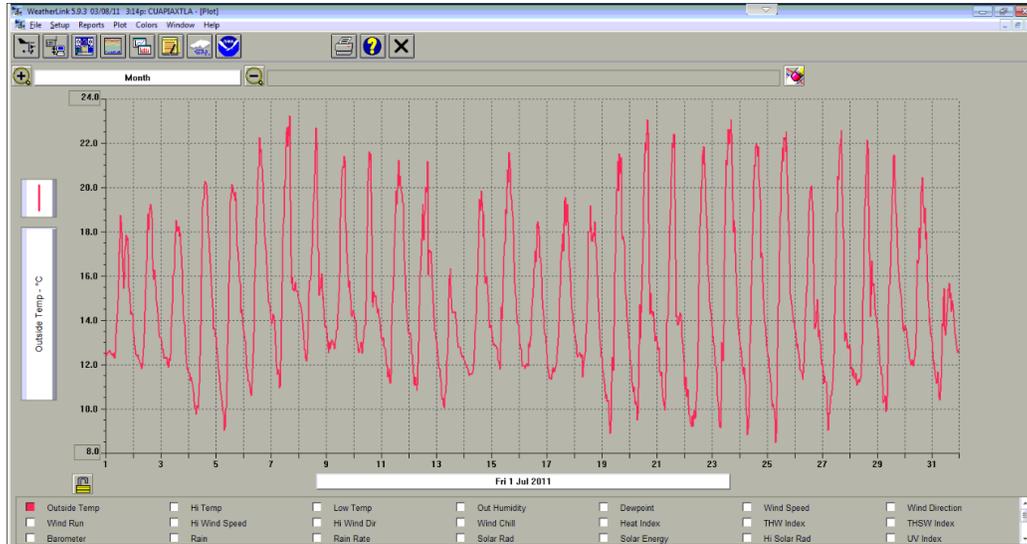


Fig. 6 Datos de temperatura cada 30 minutos en la estación Cuapiaxtla, Tlaxcala ente el 1 y 31 de julio de 2011.

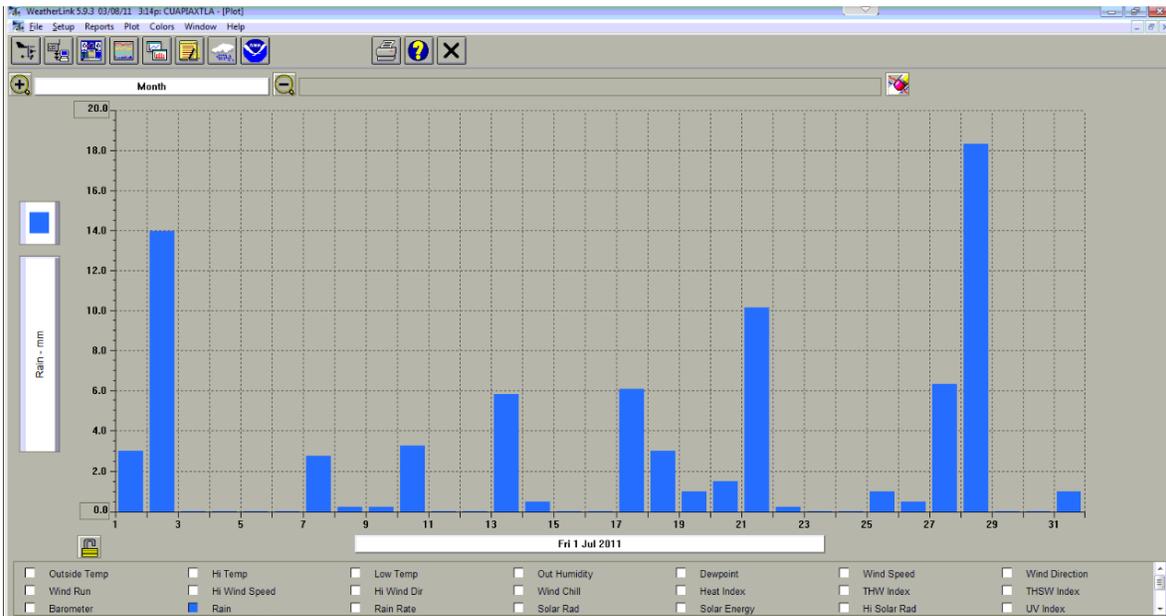


Fig. 6 Continuación

Por ejemplo, la temperatura para la estación Tlaxcala de PC Tlaxcala y **SMN CONAGUA** presenta un comportamiento similar con variantes en la máxima y mínima relacionadas principalmente con la ubicación misma de la estación que lleva a diferencias de alrededor de 1°C (Fig. 7).

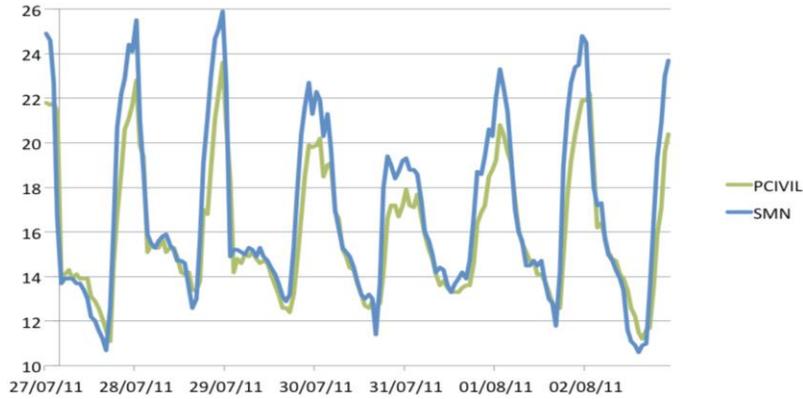


Fig. 7 Temperatura (°C), estación Tlaxcala capital de **PCivil** y del **SMN** entre el 27 de julio y el 3 de agosto de 2011.

Los datos se están preparando para el análisis objetivo con el método de Cressman para su despliegue mediante un equipo que está por ser instalado en las oficinas de PC Tlaxcala. De esta manera se dispondrá de un sistema de información meteorológica que permitirá caracterizar los fenómenos que se convierten en amenaza para el estado. Los datos colectados por las estaciones permitirán obtener estadísticas que lleven a caracterizar el clima, principalmente en relación con condiciones de sequía meteorológica.

Con base en la información recibida es posible obtener una mejor representación de los campos meteorológicos de mesoescala. Para ello, es necesario no solo utilizar esquemas de interpolación, sino usar consideraciones físicas que permitan una mejor estimación de variables. Así por ejemplo, los campos de temperatura deben considerar el efecto de la altura y cómo varía la temperatura con ésta. Baste comparar la información sobre orografía que se usa en los reanálisis **NARR** y compararla con una mejor representación (Fig. 5). Cuando a un campo preliminar de temperatura corregido por altura se usa como campo preliminar para un esquema de análisis objetivo, se obtiene una mejor estimación del campo. Por ejemplo, el campo de temperatura máxima para el día 21 de julio de 2011 muestra mucho mejor los efectos de la orografía y los reportes de las estaciones de la red, que el campo de **NARR**.

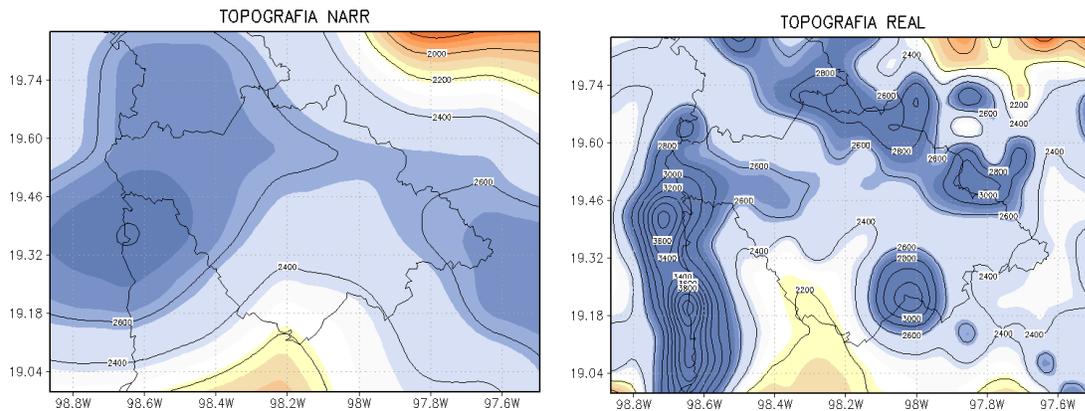


Fig. 8 Orografía estado de Tlaxcala usada para los reanálisis **NARR**, y corregida a mayor resolución, **REAL**.

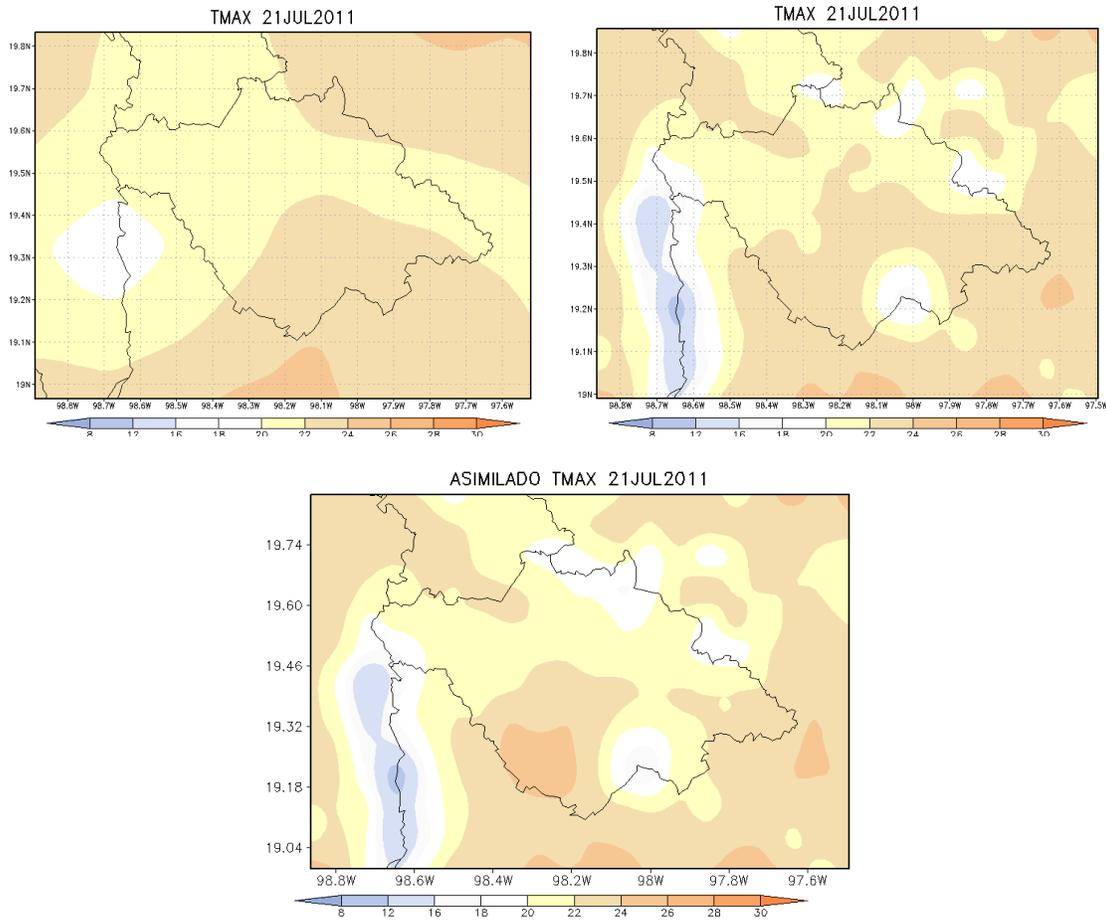


Fig. 9a Campo de temperatura máxima observado el 21 de julio de 2011, de acuerdo a los reanálisis **NARR**, al análisis objetivo con asimilación de los datos reportados por la red, y a la orografía corregida.

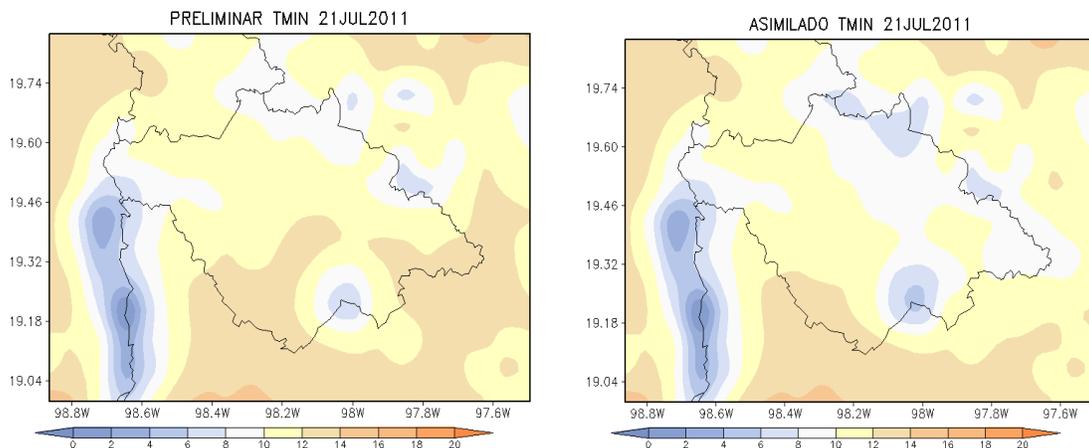


Fig. 9b Continuación, para el campo de temperatura mínima

En la figura 9, presentamos los campos preliminares **NARR** para los campos de Temperaturas Máximas, 9a, Mínimas, 9b, y Precipitación, 9c. Se puede apreciar modificación de los patrones

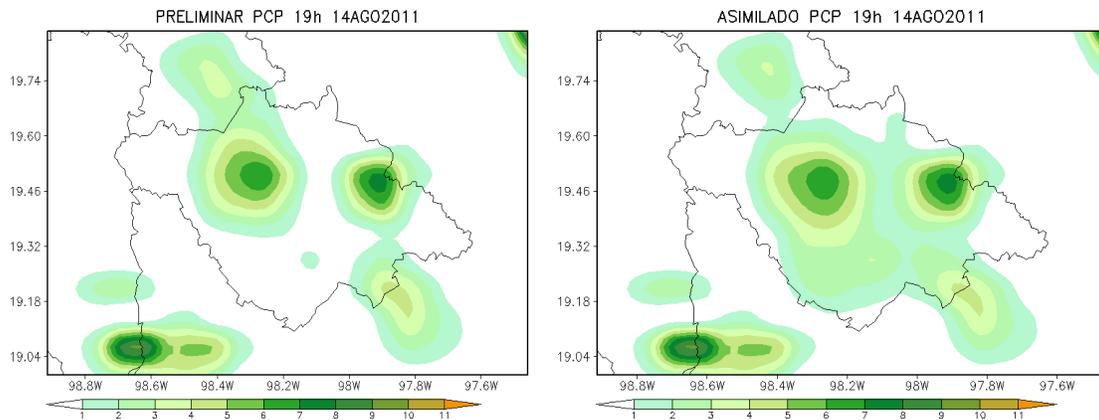


Fig. 9c Continuación, para el campo de precipitación

por incluir una orografía mejorada en resolución y por los datos registrados en las nuevas estaciones automáticas.

**Sistema de Despliegue de Información** El despliegue de datos y campos meteorológicos aprovecha el software disponible de las estaciones para despliegue de datos meteorológicos en el sitio de observación (*Weather link*) con capacidad de desplegar datos en tiempo real. *Weather link* también despliega datos históricos de la estación (Fig. 5) e incluso las estadísticas mensuales y anuales de datos meteorológicos. Los productos de cada una de las estaciones quedarán disponibles (datos y gráficos) en la página de información (portal de internet) correspondiente.

## CONCLUSIONES

El trabajo de montar una red de monitoreo no se limitó a la instalación de estaciones meteorológicas para capturar datos. Los datos deben ser convertidos en información relevante para la toma de decisiones, y éstas solo se dan cuando se dispone de productos adecuados en tiempo y forma, por ejemplo, aquí destacamos la importancia de tener una representación adecuada de la orografía.

Por otro lado, resaltamos el realizar análisis objetivos incluyendo o no los datos observados. De esta forma, los diagnósticos del tiempo incrementan el entendimiento de las condiciones que llevan a tiempo severo, y sirven para verificar y generar confianza en los esquemas de pronóstico.

Un diagnóstico adecuado no sólo implica el despliegue visual de la información sino que requiere de un análisis de la condición. Por ello, es importante que se pueda visualizar la evolución de la condición de tiempo meteorológico con relativa frecuencia para poder hacer proyecciones a muy corto plazo.

## TRABAJOS FUTUROS

Aún falta poner en forma operacional el sistema completo de alerta a eventos extremos, lo cual se desarrollará en los meses por venir, en conjunto con un sistema de **nowcasting** basado en

los diagnósticos de tiempo que realiza el sistema cada 30 minutos. El pronóstico a cortísimo plazo o **nowcasting** es básicamente una extrapolación a una o dos horas de las condiciones de tiempo basadas no solo en conocimiento estadístico del tiempo, sino en principios físicos.

**Agradecimientos:** Al Ing. Ismael Hernández Hernández de Fundación Produce Tlaxcala, por su apoyo con la gestión de ampliar la red con cuatro estaciones automáticas, vigilar el pronóstico de precipitación mensual a nivel experimental, con aplicaciones agrícolas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Bert**, Federico E., Guillermo P. Podestá, Santiago L. Rovere, Ángel N. Menéndez, Michael North, Eric Tatara, Carlos E. Laciana, Elke Weber, Fernando Ruiz Toranzo **2011**. "An agent based model to simulate structural and land use changes in agricultural systems of the argentine pampas" *Ecological Modelling*, Vol, 222, Issue 19. Pages 3486-3499.

**Boyd**, Mike, 2001. "Regional Sustainable Development Strategy" **ISBN:** 0-7785-1924-4. A copy of the Regional Sustainable Development Strategy can be found at <http://www.gov.ab.ca/env/regions/neb/rsds/>. 07 octubre **2011**, 39 pp.

**Gobierno** del Estado de Tlaxcala. 2004. Ordenamiento Ecológico del Estado de Tlaxcala.

**Grassi**, C. B., (1983). *Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala, respecto a los cultivos básicos*. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

**Hellery P.** y M. Mani 2002: La adaptación al cambio climático, Finanzas y Desarrollo. Disponible en Internet.

**INEGI** Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala, edición 2006.

**INE, Informe** (2007) Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. Disponible en Internet, **INE**, 31 Págs.

**INEGI**, (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Disponible en <http://www.inegi.org.mx>.

**Lv**, Cuimei and Wu, Zening, 2009. "Emergy Analysis of Regional Water Ecological-Economic System" *Ecological Engineering* 35, 703-710.

**Morales-Acoltzi Tomás**, Bernal-Morales Rogelio, Suárez-Sánchez Juan, Hernández-Rodríguez María de Lourdes, Magaña-Rueda Víctor Orlando, Herrera-Cortés Silvia, Gómez Leticia, Ordoñez-Díaz Benjamín José Antonio, Barrera-Bassols Narciso, Cuevas-Sánchez Adolfo, **2011** "Variabilidad y Cambio Climático de la lluvia en Tres Sitios en el Estado de Tlaxcala" Cap. Libro En prensa. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla.

**SEMARNAP:** 1997. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Primera Edición. **SEMARNAP**. México

**Williams**, Byron K., Mitchell J. Eaton, David R. Breininger, **2011**. "Adaptive resource management and the value of information" *Ecological Modelling*, Volume 222, Issue 18, Pages 3429-3436