



LA PRECIPITACIÓN COMO VARIABLE DE RIESGO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS

Variable precipitation climate risk as to the state of Tamaulipas

Por Dr. Manuel de Jesús Aguirre-Bortoni*, Dra. Virginia Vargas-Tristán, Dr. Joel Gutiérrez-Lozano,
M. C. Jorge Fernández-Villarreal y Dr. Jacinto Treviño-Carreón

*Autor responsable: maguirre@uat.edu.mx

RESUMEN

La variabilidad temporal de la precipitación influye en múltiples actividades humanas, sobre todo en la gestión y manejo de los recursos hídricos, la prevención de inundaciones y sequías, la planificación y operación de actividades agrícolas, la generación hidroeléctrica y el abastecimiento de agua a la población humana. El objetivo del estudio fue generar la cartografía de lluvias torrenciales para Tamaulipas, para lo cual se utilizaron 140 estaciones meteorológicas, las que se ubicaron geográficamente utilizando tecnología GPS. Se capturó la información de lluvias torrenciales (máxima en 24 horas) en archivos en formato digital. Para la transformación y análisis de datos geográficos se creó una imagen *grid* (*raster*) con un área específica por píxel (1 km²), basada en la cobertura de las estaciones climatológicas y área de estudio total del proyecto. En la creación de la cartografía temática, se utilizó el método de interpolación espacial Kriging Universal. El peligro

potencial de las lluvias torrenciales se ubican para los intervalos de 230.7 a 580.0 mm, los cuales se localizaron para los municipios de la costa del golfo de México, Soto la Marina y Aldama. Además los ubicados en la porción sur como Ocampo, Xicoténcatl, Antigua Morelos, Nuevo Morelos y Gómez Farías.

PALABRAS CLAVE: lluvia torrencial, cartografía, estaciones meteorológicas.

ABSTRACT

The temporal variability of rainfall affects many human activities, especially in the handling and management of water resources, prevention of floods and droughts, planning and operation of agriculture, hydropower generation and water supply to the population human. The objective was to generate the mapping of rainfall to Tamaulipas, which were used for 140 meteorological stations, which are geographically located using GPS

technology. We captured information Torrential Rains (Maximum in 24 hours) in digital format files. For processing and analysis of geographic data is created an image grid (*raster*) to a specific area per pixel (1 km²), based on the coverage of weather stations and study area of the project. In the creation of thematic mapping, we used the method of Universal Kriging spatial interpolation. The potential danger of heavy rainfall are found for the interval 230.7 to 580.0 mm, which is located to the towns of the Gulf Coast of Mexico, Soto la Marina and Aldama. Furthermore, the portion located in the South such as Ocampo, Xicoténcatl, Old Morelos, Nuevo Morelos y Gómez Farías.

KEY WORDS: torrential rain, maps, weather stations.

INTRODUCCIÓN

El impacto de los desastres naturales en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en



Fuente: http://caminoonotomai.blogspot.com/2009_10_01_archive.html

un amplio número de publicaciones desarrolladas por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes y la metodología de valoración (Horcajada *et al.*, 2000). Por definición, cualquier suceso con valor alejado de la media ocurre menos veces que aquellos próximos al valor central. Entre ellos, los menos probables son denominados estadísticamente eventos o sucesos extremos. Generalmente en climatología reciben este calificativo aquellos eventos que superan un determinado umbral (Wigley, 1985). Para una clara comprensión de esto, sería un cambio en la cantidad, frecuencia e intensidad de un elemento climático, que afecta a la variabilidad climática natural (Curtis *et al.*, 2007). Lo elementos climáticos son la temperatura, la radiación solar, la precipitación, la humedad relativa, la presión atmosférica, la nubosidad, la evaporación y el viento en sus variantes de dirección y velocidad (Vargas, 2003).

Sin embargo, lo que climáticamente puede denominarse extremo en una región puede no serlo en otra aunque, en ambas, tanto la naturaleza como la sociedad estén más adaptadas a los valores promedio antes que a los sucesos extraordinarios. En

consecuencia, el impacto ecológico y socioeconómico del clima es sentido principalmente por los sucesos extremos, los cuales pueden ser potencialmente muy destructivos (De Luis *et al.*, 2001).

La variabilidad temporal de la precipitación influye en múltiples actividades humanas, sobre todo en la gestión y manejo de los recursos hídricos, la prevención de inundaciones

y sequías, la planificación y operación de actividades agrícolas, la generación hidroeléctrica y el abastecimiento de agua a la población humana (Ablan *et al.*, 2008).

Un evento extremo es cuando el 20 % o más de la estacionalidad climática total de una localidad cae en un día (Carvalho *et al.*, 2002). La precipitación extrema o lluvia torrencial (máxima en 24 horas) en una estación climatológica se presenta cuando esta variable se ubica por encima del 16 % del promedio de la precipitación estacional total (Carvalho *et al.*, 2004).

Cuando se producen episodios de intensidades de precipitación extremas son potencialmente susceptibles de ser origen de otros encadenados o secundarios como son las inundaciones y mucho más, lo que supone una suma de efectos primarios y secundarios que da lugar a las temidas avenidas en los cauces de los ríos, cuyas consecuencias son temidas a la vista de los grandes perjuicios humanos, económicos, sociales y medioambientales que originan.

La problemática que provocan las lluvias extremas asociada a las avenidas y las inundaciones es compleja, ya



Fuente: <http://geoespacialvas.blogspot.com/2009/09/inundacion-en-mexico.html>

que intervienen numerosos factores entre los cuales se encuentran la magnitud y localización de las poblaciones, las obras y la actividad antropogénica en las zonas, las características fisiográficas y morfométricas del sistema fluvial (Rodríguez *et al.*, 2010).

Por lo tanto se puede considerar que las lluvias torrenciales (máxima en 24 horas) son el origen primario de un desastre natural tan temido como son las inundaciones, las cuales representan el 37.0 % de la frecuencia de los desastres naturales a nivel mundial, las cuales tienen un efecto desencadenante en todos los sectores de la población (OMM, 2003). Para el 2008, este organismo menciona que el 90.0 % de los desastres naturales son de origen hidrometeorológico desencadenados por el fenómeno de las lluvias torrenciales.

Las desviaciones con respecto al promedio se denominan anomalías y estas se clasifican como variabilidad climática, mientras que el cambio del promedio refleja el cambio climático. Siguiendo la propuesta de Houghton *et al.* (2001) se entiende como eventos extremos aquellos eventos raros dentro de una distribución de frecuencias de un parámetro meteorológico (en nuestro caso la precipitación) registrados en un sitio en particular (la estación meteorológica).

En el estado de Tamaulipas, la variable precipitación se caracteriza por presentar episodios intensos sobre todo en los meses de junio a octubre, condicionados por factores permanentes y variables, tales como la Sierra Madre Oriental y la sierra de Tamaulipas, las perturbaciones de la circulación atmosférica, la cercanía al golfo de México y otros factores locales, lo cual da como consecuencia una gran variabilidad espacial y temporal en este importante elemento.

Al respecto se puede mencionar que, en el estado de Tamaulipas, se tienen regiones identificadas con un alto

grado de vulnerabilidad debido a las inundaciones ocasionadas por el fenómeno meteorológico de lluvias torrenciales o máximas en 24 horas. En el norte y centro del estado se tienen importantes obras hidráulicas que captan las grandes avenidas en los meses de máximas precipitaciones. Sin embargo, en el sur se carece de estas obras, lo que aunado a las condiciones biofísicas ocasiona que en etapas de eventos extremos se produzcan mermas en las poblaciones que van desde económicos, sociales, ambientales y hasta pérdida de vidas. Debido a lo an-

terior, en este estudio se planteó como objetivo generar la cartografía de la variable lluvias torrenciales (máxima en 24 horas) con información meteorológica actualizada y determinar las zonas de riesgo por este evento climático extremo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tamaulipas se localiza al noreste de la república mexicana, se ubica entre los meridianos 22° 12' 31" y 27° 40' 52" de latitud norte y los paralelos 97° 08' 38" y 100° 08' 51" de longitud oeste. Su extensión territorial es de 79 829.00 km²,

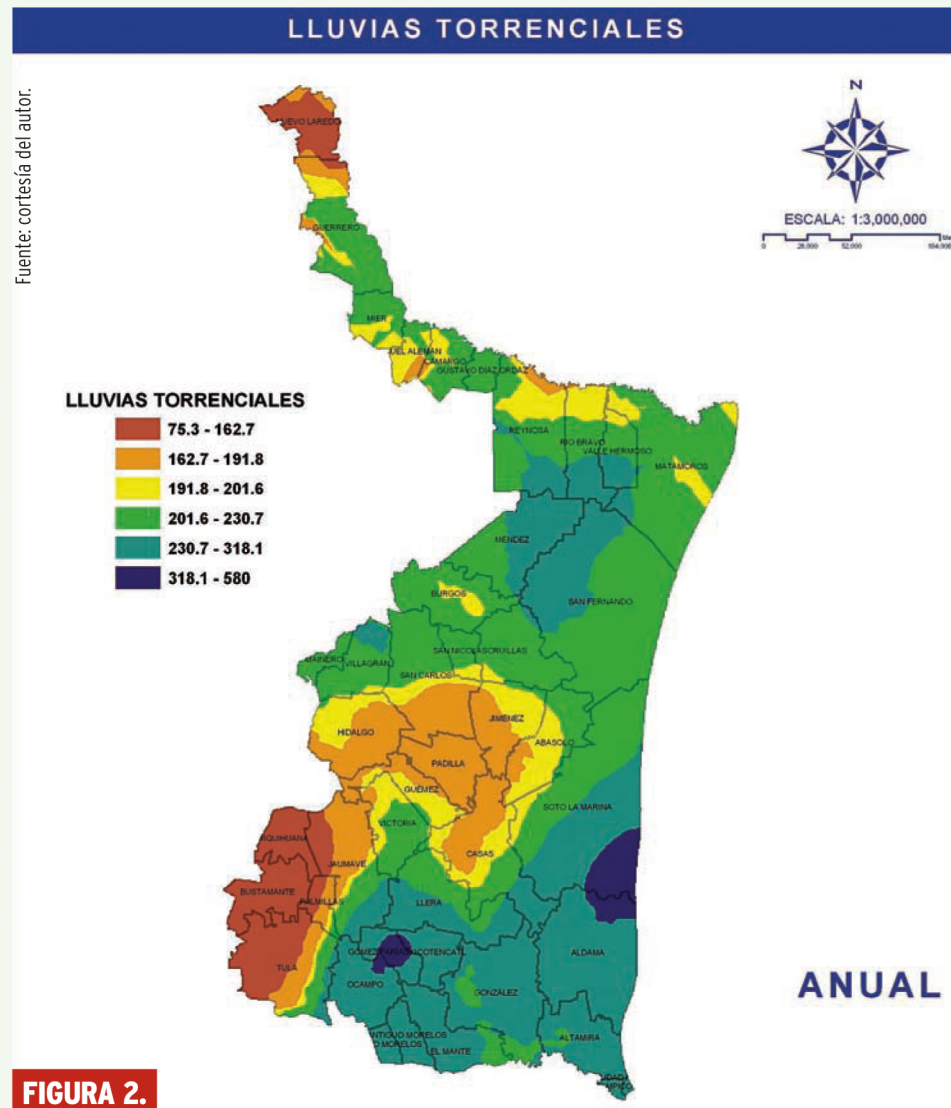


FIGURA 2.

LOCALIZACIÓN DEL ESTADO DE TAMAULIPAS, MÉXICO.



Fuente: <http://www.elpais.com/fotografia/internacional/fuerza/jimena/disminuye/>
e.pdian/20090902eipepint_11/es/

representando el 4.1 % de la superficie del territorio nacional y ocupando el séptimo lugar entre las entidades federativas del país.

Densidad de estaciones meteorológicas

Se utilizaron 140 estaciones meteorológicas del estado de Tamaulipas, las cuales se ubicaron geográficamente utilizando tecnología de geoposicionamiento global (GPS) de calidad submétrica. Posteriormente se capturó la información de lluvias torrenciales (máxima en 24 horas) en archivos en formato digital. Los archivos históricos (1960-2007) de esta variable, a nivel diario, fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua. Los datos fueron analizados con la finalidad de homogeneizarlos y que presentaran series sin errores de captura.

Generación de la cartografía

Para el manejo de la base de datos, se crearon archivos de datos en formato ASCII con dos columnas: una con el identificador de cada estación meteorológica y otra con el valor Z, que contenía la información de las lluvias torren-

Fuente: cortesía del autor.



FIGURA 1.

LOCALIZACIÓN DEL ESTADO DE TAMAULIPAS, MÉXICO.

ciales. Para la transformación y análisis de datos geográficos se creó una imagen *grid* (*raster*) con un área específica por píxel (1 km²), basada en la cobertura de las estaciones climatológicas y área de estudio total del proyecto. En la creación de la cartografía temática, se utilizó el método de interpolación espacial Kriging Universal, incluido en el Arc-Map 9.2. La presentación de resultados es la etapa final del sistema, donde los mapas digitales fueron impresos de acuerdo a los objetivos planteados en este estudio. La salida de los datos fue en forma de mapa temático de la variable lluvias torrenciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lluvias torrenciales en el estado de Tamaulipas

En la figura 1 se presenta la cartografía del fenómeno de lluvias torrenciales (máxima en 24 horas) para el estado de Tamaulipas. Cabe aclarar que esta información se tiene, además, en formato digital para su actualización.

En la porción suroeste compuesta por municipios como Miquihuana, Jaumave, Bustamante, Palmillas y Tula se encontraron los más bajos valores de lluvias torrenciales (máxima en 24 horas) que oscilan de 75.3 a 191.8 mm (figura 1).

La presencia de la Sierra Madre Oriental impide en cierta medida que los vientos húmedos lleguen hacia los altiplanos del suroeste del estado de Tamaulipas, ocasionando un clima seco con precipitaciones entre 250 y 400 mm al año. Sin embargo, en esta región se puede presentar entre el 30.2 y 40.7 % de estas cantidades en un día (lluvia torrencial).

Este tipo de precipitaciones podrían ser de utilidad para estos municipios, siempre y cuando se realicen obras de captación de humedad para utilizarla

en los periodos de sequía que son característicos de esta región.

Durante el verano, la cercanía del mar da lugar a vientos húmedos y ciclones que provocan la precipitación de gran parte de las lluvias anuales; en invierno, las masas de aire polar o “nortes” causan una alta humedad y lluvias que afectan las partes centro y norte del estado. Particularmente, la precipitación interanual en Tamaulipas presenta dos regímenes característicos: el bimodal en las zonas norte y centro, en los meses de diciembre-enero-febrero, así como los meses de junio, noviembre y diciembre son de baja pluviosidad, contrario ocurre en abril, mayo y junio, cuando se presentan precipitaciones altas, las cuales se incrementan considerablemente hacia los meses de septiembre y octubre, los cuales son los de mayor pluviosidad. El régimen unimodal se distribuye principalmente en la parte sur, donde se presentan las más altas precipitaciones del estado.

Siguiendo con la tendencia en orden ascendente de la distribución espacial de las lluvias torrenciales en Tamaulipas, se tiene que el intervalo de 191.8 a 201.6 mm se ubica hacia los municipios de la zona centro de Tamaulipas como Padilla, Hidalgo, Güémez, Casas, Victoria y Abasolo. Estos mismos intervalos y hasta los de 201.6 y 230.7 se podrían presentar en los municipios de la parte norte del estado como Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Gustavo Díaz Ordaz y parte alta de Reynosa, Río Bravo y Matamoros. Este mismo intervalo se aprecia en una pequeña porción del municipio de San Fernando y en una región paralela a los municipios de Abasolo, Jiménez, Soto la Marina y Casas.

El peligro potencial de las lluvias torrenciales se ubica para los intervalos de 230.7 a 580.0 mm, los cuales se localizaron para los municipios de la costa del golfo de México, Soto la Marina y Aldama. Además, los ubicados en la porción sur como Ocampo, Xicoténcatl, Antigua Morelos, Nuevo Morelos y Gómez Farías. Estas dos zonas son las que más han sido afectadas por causa de este fenómeno meteorológico y es donde no se tienen obras de captación para evitar

el riesgo por inundaciones, que tanta problemática pudieran ocasionar a las poblaciones ubicadas en esta región.

Las diferentes altitudes de la sierra determinan la temperatura cálida en la costa, donde se ubican los municipios de Aldama y Soto la Marina, considerados como peligrosos para el fenómeno de lluvias torrenciales, debido a que en esta región se pudiera presentar más del 52.4 % de la precipitación anual (1105.8 mm) en un día (figura 2).

CONCLUSIONES

Este estudio puede servir como una herramienta de planeación para afrontar el peligro potencial del fenómeno de lluvias torrenciales, sobre todo en los municipios de la costa del golfo de México y los ubicados en el sur de la entidad, donde se han tenido pérdidas potenciales en las épocas de huracanes.

Gran parte de las lluvias en Tamaulipas son originadas por masas de aire con gran contenido de humedad que

se desplazan desde el golfo de México a través de toda la costa del estado. Las altas temperaturas y gran cantidad de humedad sobre esta zona y la acción convectiva aumentan aún más el contenido de humedad de las masas de aire. Entre los factores que condicionan la precipitación en Tamaulipas se tienen los siguientes: la presencia de la Sierra Madre Oriental, los llanos de San Fernando, la orografía de la Sierra Madre Oriental y las perturbaciones de la circulación general de la atmósfera.

La base de datos recabada en este estudio y el modelamiento espacial de la variable lluvias torrenciales (máxima en 24 horas) puede servir como una herramienta para realizar el pronóstico de eventos extremos, periodos de retorno y planeación de los recursos, siempre y cuando se alimente con otras variables como modelos digitales de terreno, escurrimientos superficiales, vegetación y tipos de suelo, entre otros. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ablan, M., Anderessen, R., Vargas, M. P. y Acevedo, M. (2008). “Propuesta metodológica para el control de calidad de datos de precipitación”, en *Agronomía Tropical*. 58(01): 57-60.
- Carvalho, L. M. V., Jones, Ch. y Liebmann, B. (2002). “Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone”, en *Journal of Climate*. 15: 2377-2394.
- Carvalho, L. M. V., Jones, Ch. y Liebmann, B. (2004). “The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall”, en *Journal of Climate*. 17: 88-108.
- Curtis, S., Salahuddin, A., Adler, R. F., Huffman, G. J., Gu, G. y Hong, Y. (2007). “Precipitation Extremes Estimated by GPCP and TRMM: ENSO Relationships”, en *J. Hydrometeorol.* 8: 678-689.
- De Luis, M., Hidalgo, G. J. C., Raventos, J. y Sánchez, J. R. (2001). “Modificación del ajuste de Ahnert para calcular periodos de retorno de precipitaciones extremas en ambientes de elevada variabilidad pluvial. Aplicación a la comunidad valenciana”, en *Geographicalia*. 2001(39): 1-15.
- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, D. J., Van Der Linden, P. J. y Xiaosu, D. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Horcajada, H. T., Simancas, C. M. R. y Dorta, A. P. (2000). “La constatación y validación de los mapas de riesgo de avenidas en pequeñas cuencas hidrográficas mediante sistemas de información geográfica. Propuesta metodológica y aplicación a la ordenación del territorio”, en *Boletín de la AGE*. 30: 135-154.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2003). *Sexto plan a largo plazo de la OMM 2004-2011*. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2008). *Reglamento Técnico*, vol. III, Hidrología, núm. 49. Ginebra.
- Rodríguez, L. Y., Marrero de León, N. y Gil, U. L. (2010). “Modelo lluvia-escorrentamiento para la cuenca del río Reno”, en *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 19(2): 31-37.
- Vargas, T. V. (2003). “El clima como factor abiótico”, en *Medio ambiente y desarrollo sustentable*. 2.ª ed. México: Impresores Fernández. 1: 123-135.
- Wigley, T. M. L. 1985. Impact of extreme events. *Nature*, 316:106-107.