



Teleconexiones del fenómeno ENSO a la precipitación mensual en México

JORGE MÉNDEZ GONZÁLEZ*, JOSÉ DE JESÚS NÁVAR CHÁIDEZ, HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ*,
EDUARDO J. TREVIÑO GARZA***

Actualmente, el entendimiento de la variabilidad del clima es uno de los temas más relevantes de las ciencias ambientales. El clima varía de un año a otro, entre décadas e incluso entre milenios. El hombre o la naturaleza pueden modificar el clima de la Tierra. La complejidad de esta variación dificulta identificar el origen de la misma. Eventualmente, a los fenómenos naturales o variaciones climáticas ocurridas en alguna parte del planeta, que influyen en el clima de otra parte lejana, se les conoce como teleconexiones. La actividad industrial y los gases traza, liberados a la atmósfera como consecuencia de las actividades antropogénicas, han alterado el clima de la Tierra.¹ En este sentido, se han encontrado cambios en los patrones de precipitación asociados al calentamiento global,^{2,3} intensificando el ciclo hidrológico.⁴ Sin embargo, no existen evidencias claras a escalas locales sobre los efectos del calentamiento global de la Tierra. Según estudios de las décadas pasadas, la precipitación ha incrementado a nivel global aproximadamente un 2%, desde inicios del siglo XX,⁵ siendo más notable en el hemisferio norte y áreas continentales, este incremento es estadísticamente significativo; sin embargo, no posee consistencia espacial.

Un fenómeno natural con influencia directa en la variabilidad del clima a nivel mundial es El Niño Southern Oscillation (ENSO). El ENSO es una

combinación de El Niño (componente oceánico) y Southern Oscillation (componente atmosférico), para identificar casos de anomalías cálidas de temperatura de la superficie del mar en el este y centro del Pacífico Ecuatorial.^{6,7} Durante este fenómeno, la temperatura en el ecuador presenta desviaciones de $\pm 5^{\circ}\text{C}$, con respecto a la media; así, puede haber periodos desde unos meses hasta más de un año. De esta forma, las anomalías cálidas de temperatura significan la presencia de un evento de El Niño, mientras que al ser éstas frías indican presencia de La Niña. Un índice que representa el promedio de las características ocurridas durante El ENSO es el MEI (Multivariate Enso Index), promedio ponderado de la combinación de seis variables océano-atmosféricas (presión atmosférica, componentes de la superficie del viento de este-oeste y norte-sur, temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire y nubosidad total) y corresponde al primer componente principal sin rotar de esta serie de variables.⁸ Este fenómeno afecta los patrones de temperatura y precipitación alrededor del mundo, ya sea incrementándolos o decrementándolos.⁵ La relación del ENSO sobre alguna variable meteorológica ha sido motivo de estudio en varias partes del mundo.

*Facultad de Ciencias Forestales, UANL.

Contacto: jmendezg@fcf.uanl.mx

**CIIDIR-IPN, Unidad Durango.

Los factores climatológicos representan, para la mayoría de los países, la parte más importante en su desarrollo.⁹ Específicamente, la variabilidad de precipitación tiene un papel importante en el manejo de los recursos naturales, debido a que controla las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, así como una gran variedad de actividades económicas e incluso el comportamiento y desarrollo social¹⁰ y México no es la excepción. En este sentido, se ha demostrado que los patrones de precipitación están fuertemente asociados a eventos extremos del ENSO.¹¹

En nuestro país, las investigaciones son muy escasas y persiguen otros objetivos.^{12,13} La cercanía del fenómeno del ENSO a nuestro país, así como la serie de anomalías, especialmente el cambio en el régimen pluviométrico, aunado a los numerosos eventos inusuales detectados en décadas recientes en todo el mundo y, sobre todo, en México, son fuente de inspiración de esta investigación y serán un elemento medular para profundizar en las causas y efectos del cambio climático que en el futuro se esperan. En este contexto, el propósito de la presente estudio fue: *a*) investigar las posibles teleconexiones del fenómeno del ENSO a la variabilidad de precipitación (PP) registrada en México; *b*) identificar los patrones espacio temporales de la precipitación, asociada al fenómeno del ENSO; *c*) determinar cuantitativamente las influencias del ENSO en la precipitación mensual, bajo la hipótesis de cambios en los regímenes de precipitación a consecuencia de las teleconexiones del fenómeno del ENSO acorde a la cercanía al mismo.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

México se localiza en la parte norte del Continente Americano, es el país latinoamericano más septentrional, su territorio abarca 1,953,162 km² y está distribuido, casi por partes iguales, a ambos lados del Trópico de Cáncer.¹⁴ La topografía del país es el resultado de una gran actividad tectónica ocurrida durante el Mesozoico Tardío-Cenozoico Temprano (Orogenia laramnide); aproximadamente 65% del área del país se encuentra por encima de 1000 msnm

y cerca de 47% de la superficie tiene pendientes superiores a 27%.¹⁵ Su clima contiene prácticamente todos los grupos y subgrupos climáticos posibles, y hay variaciones de climas secos a húmedos en una distancia de pocos kilómetros. La línea del trópico marca hacia el norte el clima árido y el semiárido y hacia el sur el húmedo y semihúmedo, el cual es influido por los vientos alisios y por los ciclones que se presentan en esta zona.¹⁵ En México se registra una precipitación pluvial media anual de 777 mm, en el noroeste y noreste apenas alcanza un promedio anual de 100 mm, mientras que en el sureste y parte de la costa sur del Pacífico se presenta una media anual de entre 2000 y 4000 mm.¹⁶ La mayor parte de la precipitación ocurre durante el verano y el otoño (70%), el resto se distribuye durante el año.¹⁵

Datos

La información utilizada proviene de estaciones climatológicas distribuidas en casi todo el país, las cuales son supervisadas por la Comisión Nacional del Agua (CNA) y varían de 1921 a 2005. La selección de estaciones consideró la consistencia anual e interanual y la homogeneidad de las series anuales, evaluadas mediante pruebas de Kolmogorov Smirnov.¹⁷ Se analizaron 762 estaciones (ubicadas geográficamente en la figura 1).



Fig. 1. Área de estudio y distribución espacial de estaciones climatológicas analizadas.

Procedimientos y análisis estadístico

Teleconexiones del ENSO a la PP mensual

Se utilizó el MEI,⁸ los valores bimensuales cubrieron el periodo de diciembre 1949/enero 1950 hasta diciembre de 2005. Mediante el programa estadístico SAS Ver. 8.0, los datos de precipitación fueron estandarizados (Z) teniendo media "0" y desviación estándar de "1". Posteriormente se llevaron a cabo análisis de correlación de Pearson "r" (dicho cociente oscila entre -1 y +1), a escalas mensuales entre el MEI y Z, a un nivel de confianza de $p \leq 0.05$. Se realizaron retardos (*lags*) de correlación de 0 a 12 años. Los datos se integraron a un sistema de información geográfica (SIG) para realizar interpolaciones de "r" y determinar los patrones geográficos de la influencia del ENSO a la PP.

Influencia del ENSO sobre PP

La determinación cuantitativa de la influencia del ENSO sobre la precipitación se realizó de la siguiente manera: una vez obtenidas las regiones geográficas determinadas en SIG por la interpolación de "r", se procedió a promediar y graficar la precipitación mensual de todas aquellas estaciones inmersas dentro de las regiones correspondientes, mismas que se ubicaron sobre un mapa. Adicionalmente se consideró la precipitación del mes (según influencia del ENSO), el valor de "r" de la región y el intervalo de confianza de ambas.

Resultados

Análisis temporal entre en ENSO y PP (escalas anuales)

La figura 2 indica el porcentaje |%| de estaciones que mostraron correlación significativa (+ y -) entre el MEI y la PP en México ($p \leq 0.05$), del año uno hasta doce años después, en la que se incluyen todos los meses del año. En un primer término se observa que la mayor influencia del ENSO se da a escalas interanuales; es decir, una vez que ocurre el fenómeno de El Niño en periodos invernales, se nota una influencia importante en los registros de preci-

pitación durante ese mismo mes y año. Los resultados indican que, durante el primer año, un 20.1% de 762 estaciones evaluadas muestra influencia del ENSO. Al segundo año de la evolución del fenómeno ocurrido en el Pacífico Ecuatorial, las teleconexiones a la PP en México disminuyen drásticamente a solamente un 6.9% de las estaciones analizadas. No obstante, 11 años posteriores a la ocurrencia del ENSO se detectan relaciones importantes, destacando principalmente la ocurrencia de correlaciones significativas durante el tercero y noveno año.

La contribución mínima del ENSO a la PP se registra después de los seis años de presentarse el evento. En términos globales, posterior al primer año, se observa que entre un 5 y 10% de las estaciones meteorológicas evaluadas registran cambios importantes en la precipitación, ya sea aumentando o disminuyendo.

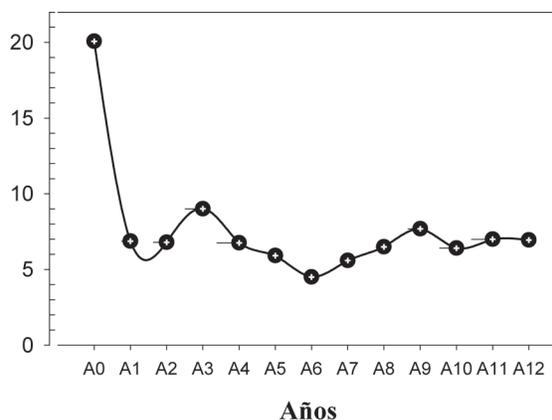


Fig. 2. Porcentaje de estaciones con "r" significativa ($p \leq 0.05$) desde el año 0-12 (escala anual).

Análisis temporal entre en ENSO y PP (escalas mensuales)

En la figura 3 se destacan aquellas estaciones significativas ($p \leq 0.05$), positivas y negativas entre el ENSO y la PP mensual durante el primer año. El análisis a escalas mensuales, sin interesar la tendencia (+ o -), indica que los meses que registran las teleconexiones más importantes entre el ENSO y la PP son: febrero, diciembre y noviembre con 29.0, 27.4 y 25.6%, mientras los meses menos afectados son: abril, octubre y julio con 3.2, 7.9 y 9.2% del total de estaciones analizadas, respectivamente.

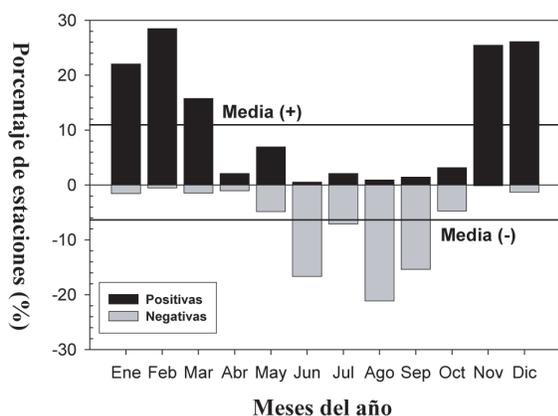


Fig. 3. Porcentaje de estaciones con "r" significativa ($p \leq 0.05$) durante el año "0" (escalas mensuales).

Según los resultados obtenidos, al inicio de la ocurrencia de El Niño, la precipitación mensual se incrementa de enero a marzo. Posteriormente, de junio a septiembre, la precipitación tiende a disminuir, pero a inicios del invierno, la precipitación nuevamente tiende a incrementarse. Cuando el ENSO contribuye al incremento de PP en México, en ésta se observa que los regímenes pluviométricos son los más bajos, según lo indicado en las figuras 3, 4 y 5, y viceversa, con excepción de la región de la Península de Baja California.

Las estadísticas básicas del coeficiente de correlación a nivel mensual y por tendencia (+ y -) entre el MEI y PP se reportan en la tabla I. A pesar de la no aditividad de "r", los valores de las medidas de tendencia central y de dispersión se presentan en forma original, siendo éstos para información, apoyo y referencia a los mapas correspondientes. Según los resultados, las tendencias positivas registran los promedios más altos que las tendencias negativas con +0.350 y -0.331, respectivamente. Asimismo, los altos coeficientes de variación se observan cuando mayor es el valor de N, tendiendo a disminuir proporcionalmente si N disminuye.

Análisis espacial entre en ENSO y precipitación mensual

En las figuras 4a y 4b se reportan únicamente los meses cuya variabilidad de precipitación se ve principalmente afectada por el fenómeno del ENSO. Los mapas indican la región o distribución espacial

Tabla I. Estadísticas básicas de "r" entre el MEI y la precipitación mensual en México.

Mes	Tend.	Prom.	Med.	C.V.	Min.	Máx.
Ene.	(+)	0.325	0.319	12.27	0.268	0.461
	(-)	-0.322	-0.321	-13.61	-0.392	-0.265
Feb.	(+)	0.403	0.396	20.67	0.261	0.634
	(-)	-0.297	-0.293	-3.81	-0.313	-0.288
Mar.	(+)	0.428	0.416	21.27	0.259	0.646
	(-)	-0.331	-0.309	-15.26	-0.427	-0.263
Abr.	(+)	0.359	0.327	23.31	0.265	0.612
	(-)	-0.296	-0.290	-8.05	-0.339	-0.271
May.	(+)	0.356	0.349	16.01	0.262	0.541
	(-)	-0.341	-0.334	-15.11	-0.479	-0.265
Jun.	(+)	0.302	0.304	4.98	0.283	0.317
	(-)	-0.357	-0.344	-18.19	-0.594	-0.266
Jul.	(+)	0.334	0.331	11.88	0.278	0.402
	(-)	-0.333	-0.324	-13.77	-0.455	-0.266
Ago.	(+)	0.316	0.309	10.34	0.277	0.366
	(-)	-0.354	-0.336	-17.04	-0.575	-0.260
Sep.	(+)	0.322	0.313	16.14	0.260	0.429
	(-)	-0.350	-0.338	-18.16	-0.546	-0.260
Oct.	(+)	0.333	0.336	11.84	0.266	0.409
	(-)	-0.330	-0.318	-16.95	-0.564	-0.264
Nov.	(+)	0.369	0.362	18.86	0.263	0.599
	(-)	-0.350	0.350	N.D.	N.D.	N.D.
Dic.	(+)	0.353	0.340	17.92	0.261	0.655
	(-)	-0.328	-0.302	-16.15	-0.405	-0.264

Tend. = Tendencia; Prom. = Promedio; Med. = Mediana; C.V. = Coeficiente de variación; Min. = Valor mínimo; Máx. = Valor máximo; N.D. = No detectado por valor único.

de las áreas de influencia y la magnitud de "r", según la escala de colores.

Las teleconexiones del ENSO a la PP se dan de la siguiente forma: tan pronto inicia el fenómeno de El Niño (diciembre), una pequeña región ubicada al centro del país registra un incremento de PP a inicios de enero, pero la teleconectividad no es aún muy fuerte, según se puede notar en los valores de "r", los cuales van de +0.2 a +0.3. Posteriormente, una vez que el fenómeno va evolucionando se perciben varias cosas interesantes destacando lo siguiente: 1) una influencia muy rápida de fenómeno al segundo mes del año (febrero); 2) el área de influencia en México se hace más extensa, acentuándose en las partes costeras de la república mexicana; 3) Una relación más estrecha entre el ENSO y la PP, ya que

los valores de "r" se incrementan significativamente de +0.3 a +0.5 y +0.6 (especialmente en las correlaciones positivas), traduciéndose en un incremento significativo de PP en regiones con régimen pluviométrico bajo, pero también a latitudes mayores.

Durante marzo, el efecto del ENSO en la precipitación en México disminuye (a pesar de que este fenómeno puede permanecer activo, incluso después de un año),¹¹ tendiendo a desaparecer casi completamente desde abril hasta julio (mapas no presentados).

Cabe subrayar que a pesar de la gran cantidad de estaciones meteorológicas que muestran influencias del ENSO de forma negativa (parte inferior de la figura 3), no se forman regiones consistentes en sus patrones de correlación; esto es, la ubicación geográfica de tales influencias se dan de forma aislada en casi todo el país.

De la misma manera, en la figura 4b indica que, durante el mes de agosto, la PP tiende a disminuir en el centro de México, siendo éste uno de los meses más lluviosos del año (según la figura 5). Los resultados indican que el efecto del ENSO (disminución de PP) tiende a moverse hacia el sur de México, de agosto a octubre.

A partir de noviembre, nuevamente el efecto positivo del ENSO sobre la PP se observa sobre las partes costeras del Pacífico, y sobre las regiones II y III indicadas en la figura 5 en el mes de diciembre. Las teleconexiones entre el ENSO y la PP mensual de noviembre y diciembre son bastante fuertes, según lo indican los coeficientes de correlación los cuales van desde 0.3 hasta >0.5.

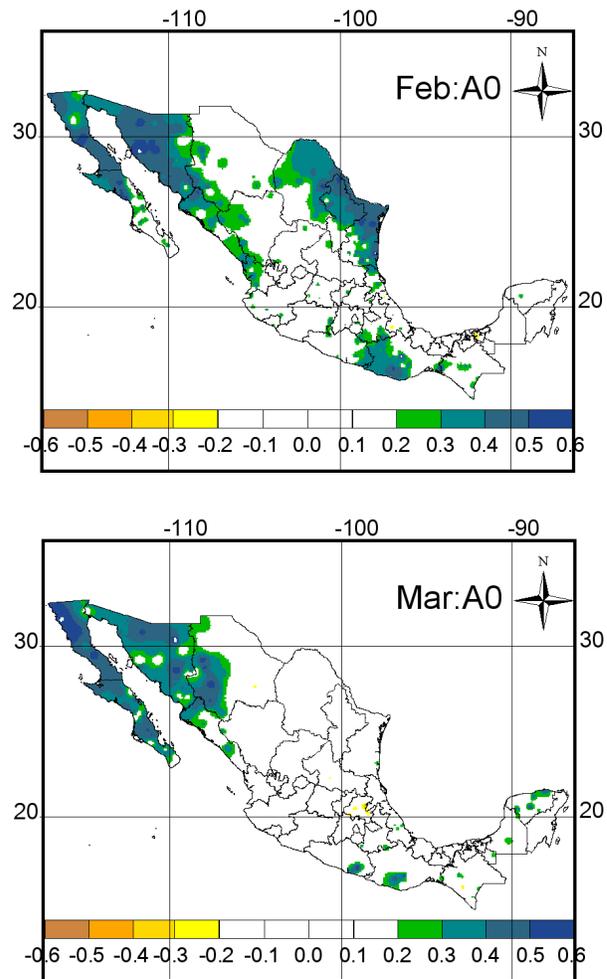
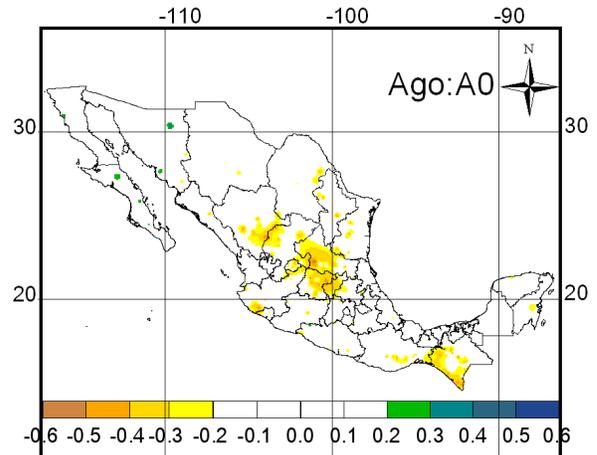
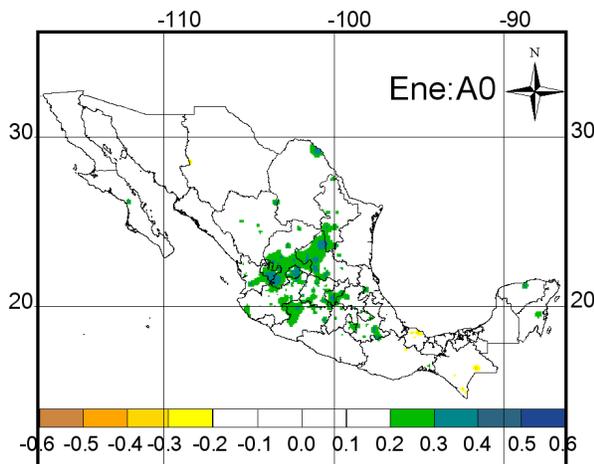


Fig. 4a. Patrones espaciales de correlación ($p \leq 0.05$) entre el MEI y PP mensual en México.



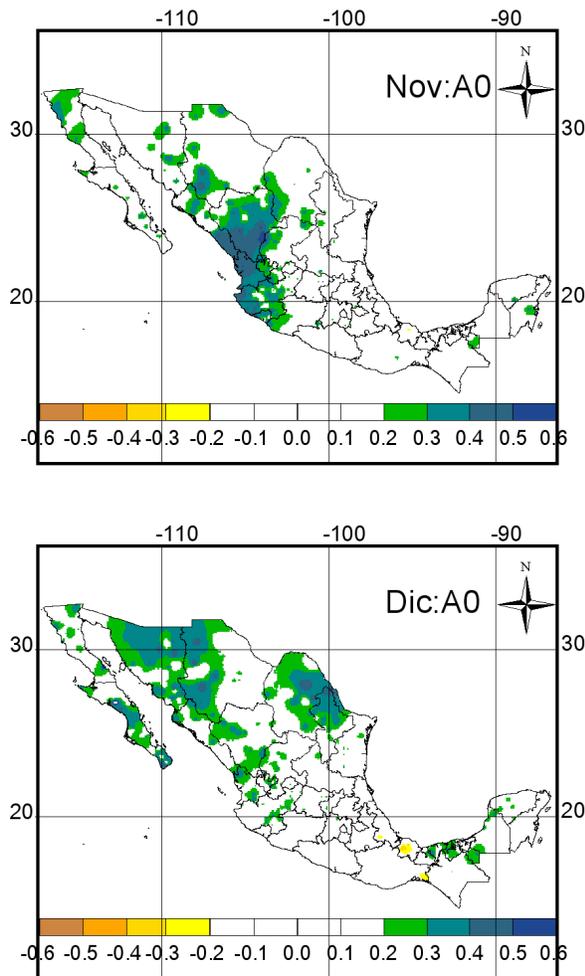


Fig. 4b. Patrones espaciales de correlación ($p \leq 0.05$) entre el MEI y PP mensual en México.

Según las figuras 4a, 4b y 5, todo parece indicar que los efectos del ENSO obedecen a rasgos fisiográficos al mismo tiempo que los incrementos de PP por efectos del ENSO se amplían hacia la parte norte del continente, principalmente por las regiones costeras del Pacífico y del Golfo.

Contribución del ENSO a la PP mensual en México

Algunos autores¹⁸ reportan que más de 70% de la lluvia registrada en México se presenta entre los meses de mayo y octubre. Este hecho es fundamental para determinar la cantidad de lluvia que reci-

ben o dejan de recibir aquellas regiones influenciadas por el ENSO. Las gráficas de precipitación promedio mensual, según la región de influencia del ENSO, se indican en la figura 5.

Los resultados que a continuación se reportan corresponden a la contribución promedio del ENSO sobre la precipitación mensual en México, contemplados dentro de los periodos de tiempo considerados en esta investigación, tanto del ENSO como de las series de PP.

Se detectaron cuatro regiones importantes en la contribución del ENSO sobre la PP en México, las cuales, para efectos de este estudio, se denominaron: I: Región Centro; II: Noreste de México; III: Región Noroeste y IV: Región de las Bajas Californias. Las gráficas de precipitación indican que la región I y II presentan una precipitación de tipo unimodal, registrándose los mayores porcentajes de lluvia de junio a septiembre, con más de 70% de precipitación total anual. Asimismo, las regiones III y IV registran un tipo de precipitación bimodal, cuyos porcentajes máximos de lluvia se registran de julio a septiembre, con más de 50%, y de diciembre a febrero, variando de 15 a 25% de la precipitación total anual.

En virtud de que durante enero en el centro del país sólo se registran alrededor de 20 mm al año, la influencia del ENSO en términos cuantitativos y considerando los valores de correlación, así como el intervalo de confianza correspondiente, son del orden de 5.82 ± 1.91 mm durante la presencia del ENSO, equivalente a un 0.84% de la precipitación de enero. Durante febrero, la precipitación se incrementa en aproximadamente 6.33 ± 2.30 , 8.10 ± 5.13 y 5.49 ± 5.18 , para las regiones II, III y IV, con porcentajes promedio de 1.07, 1.36 y 2.74%, respectivamente. En marzo incrementa su PP en 4.97 ± 3.52 y 4.45 ± 5.36 mm (0.83 y 2.22%) para las Regiones III y IV, respectivamente.

La disminución de PP durante agosto en la Región I es del orden de 54.52 ± 16.92 mm (7.91% en promedio), considerando que la media mensual de PP es >154 mm.

A finales del año, nuevamente la PP tiende a aumentar en las costas centrales del Pacífico mexicano con la presencia del ENSO, en este sentido, noviembre experimenta un incremento porcentual

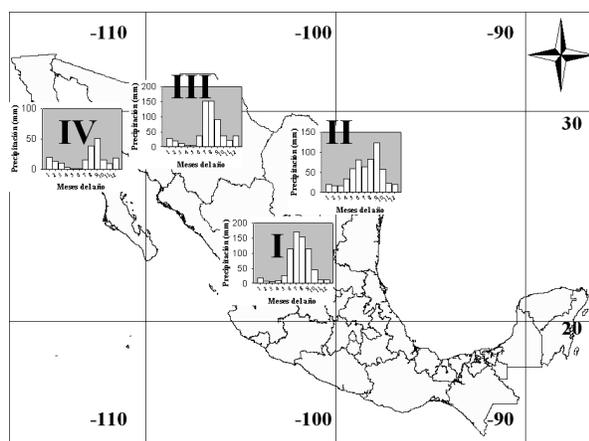


Fig. 5. Distribución mensual de la precipitación en México en las regiones influenciadas por el ENSO.

promedio de 0.65% equivalente a 4.49 ± 1.25 mm. En el noreste de México, Región II, en diciembre promedia un incremento porcentual de 1.13%, correspondiente a aproximadamente 6.73 ± 3.13 mm, mientras que en el noroeste se registra un incremento de 2.16% equivalente a 12 ± 7.34 mm.

Es importante subrayar que el PP/t, los cambios en los regímenes de PP (incremento o decremento) en las regiones indicadas durante el fenómeno del ENSO, encontrados en esta investigación, no implican de ninguna manera, un cambio significativo global de las series mensuales de precipitación, es decir, pueden indicar un cambio temporal, pero no significativo a la escala de tiempo considerada.¹⁹

Los resultados confirman la hipótesis de la teleconectividad significativa del ENSO a las series mensuales de precipitación registrada en México, no así a la mayor influencia del fenómeno en regiones de México cercanas al origen del fenómeno (Pacífico Ecuatorial).

Un análisis reciente sobre cambio climático, impactos y consecuencias indica que a escala global, sobre escalas de tiempo interanuales, la moda dominante es y continuará siendo el ENSO, con efectos especialmente sobre el hemisferio norte,²⁰ contribuyendo más aun a la variación climática global.

Conclusiones

Son evidentes las teleconexiones entre el ENSO y

la PP mensual en México, cuya influencia se da a escalas interanuales, pero registrando también contribuciones importantes después del primer año. Los meses que registran las teleconexiones más importantes son: febrero, diciembre y noviembre con 29.0, 27.4 y 25.6% del total de estaciones analizadas.

El ENSO contribuye al incremento de PP en México, cuando los regímenes pluviométricos son los más bajos, registrándose además, en este periodo, las teleconexiones más fuertes. Por el contrario, el fenómeno contribuye a disminuir la precipitación cuando la lluvia en México es más alta. En este sentido, las correlaciones positivas entre el MEI y la PP parecen ampliarse hacia la parte norte del continente, principalmente por las regiones costeras del Pacífico y del Golfo, mientras que las correlaciones negativas se registran hacia el sur del mismo. Lo anterior se traduce en un incremento de precipitación en latitudes superiores y disminución en latitudes bajas.^{5,19,21}

La modificación en PP (incremento o decremento) en las regiones indicadas no implica de ninguna manera el cambio significativo global de las series mensuales de precipitación.

Adicionalmente, un pronóstico preliminar del MEI realizado en este estudio indica que a nivel global el fenómeno del ENSO se intensificará durante los próximos años, esto traerá como consecuencia cambios importantes en el clima de México y de todo el mundo. No obstante, los mecanismos de cómo el ENSO cambia, interactúa y contribuye al cambio climático están aún en discusión.²¹

Resumen

Esta investigación explora la posible teleconectividad entre el fenómeno del ENSO y la precipitación mensual registrada en México, 762 estaciones meteorológicas, distribuidas en la mayor parte del territorio mexicano, variando desde 1921 a 2005, proporcionando información espacial razonable, fueron analizadas. Los resultados indican una influencia significativa del ENSO sobre las series estandarizadas mensuales de precipitación, la cual se da a escalas interanuales, principalmente en los meses de febrero, noviembre y diciembre. Las corre-

laciones positivas indican un incremento de precipitación en medianas y altas latitudes por las regiones costeras, mientras que las correlaciones negativas se registran hacia el Sur. Un análisis de las tendencias del MEI indican que el fenómeno se intensificará durante las próximas décadas, lo cual podría traer consecuencias importantes en el clima de México y del mundo.

Palabras clave: El Niño, Teleconexiones, Tendencias, Correlación.

Abstract

This research explores the possible teleconnectivity between the ENSO phenomenon and the interannual variability of rainfall registered in México. A total of 762 long-term stations (1921-2005), distributed all over Mexico providing reasonable spatial coverage over most of the country, were analyzed. The influence of ENSO over the standardized monthly precipitation was found to be significant and is given to interannual scales and mainly during the months of February, November, and December. The positive correlation indicates an increase in the precipitation regime over the middle and high latitudes, principally on coastal regions, while the negative correlations are registered toward lower latitudes. An analysis of MEI series indicates the intensification of ENSO events during the next decades which may carry important changes in the climate of Mexico and over the world.

Key Words: El Niño, Teleconnections, Trends, Correlation.

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias al apoyo de Conacyt por otorgar beca-doctoral al primer autor, así como a la comunidad del Servicio Meteorológico Nacional, por el apoyo con la bases de datos.

Referencias

- Houghton, J. T., Jenkins, G. K. and Ephraim, J. J. 1990. Climate change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, 364 pp.
- Bradley, R. S., Díaz H. F., Eischeid J. K., Jones P. D. and Goodess P. M. 1987. Precipitation fluctuations over Northern Hemisphere land areas since the mid-19th century. *Science*, 237: 171-175.
- Díaz, H. F., Bradley R. S. and Eischeid J.K. 1989. Precipitation fluctuations over global land areas since the late 1800's. *Journal of Geophysical. Research*, 94: 1195-1210.
- IPCC, 1996: Climate change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K Maskell (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, 572 pp.
- Jones, P. D. and Hulme M. 1996. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations. *International Journal of Climatology*, 16, 361-377.
- Quinn, W. H., Neal V. T., and S Entunes de M. E. 1987. El NIÑO Occurrences over the past four and half centuries. *Journal of Geophysical. Research*, 92: 14449-14461.
- Bigg, G. R. 1996. The Oceans and Climate. Cambridge University Press. Cambridge. 266 pp.
- Wolter, K. and Timlin M. S. 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. Proc. of the 17th Clim. Diag. W., Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, 52-57.
- Indeje, M., Semazzi F. H. M. and Ogallo, L. J. 2000. ENSO signals in East African rainfall seasons. *International Journal of Climatology*, 20: 19-46.
- Corte-Real, J., Qian B. and Xu H. 1998. Regional climate change in Portugal: Precipitation variability associated with large-scale atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, 18: 619-635.
- Roppelwisky, C. F. and Halper M. S. 1986.

- North American precipitation and temperature patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation (ENSO), *Monthly Weather Review*, 114: 2352-2362.
12. González, E. M., Jurado E., González E. S., Aguirre C. O., Jiménez P. J. y Nívar J. 2003. Cambio climático mundial: orígenes y consecuencias. *Revista Ciencia UANL*, 3: 337-385.
 13. Jurado, E., Jiménez J., Treviño E. 1998. Biodiversidad en peligro. *Revista Ciencia UANL*, 1: 43-47.
 14. INEGI, 1997. Estadísticas del medio ambiente. INEGI. México. D.F.
 15. UNAM, 1990. Atlas nacional de México. Instituto de Geografía. México, D.F.
 16. INEGI, 1994. Estadísticas históricas de México. Tomos I y II. INEGI. México D.F.
 17. WMO, 1996. Climate Change, WMO Technical Note 79, World Meteorological Organization, Geneva, 79 pp.
 18. Mosiño, P. A. and García E. 1974. The climate of México. *World survey of climatology*. Vol. II Climates of North America. R. A. Bryson and F.K. Hare (Editors). London, Elsevier pp. 345-404.
 19. Méndez, G. J., Nívar Ch. J de J., González R. H. y Jurado Y. E. 2005. Tendencias de precipitación, temperatura máxima y mínima de décadas recientes en México. VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Chih. Méx. Nov., 2005.
 20. Trenberth, K. E., P. D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai, 2007: Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of IPCC* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
 21. Somerville, R., H. Le Treut, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather, 2007: Historical Overview of Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Recibido: 7 de marzo de 2007
Aceptado: 23 de mayo de 2007