

SOBRE LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMATICO

Dr. Víctor O. Magaña Rueda

*Investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera
de la Universidad Nacional Autónoma de México*

1. INTRODUCCION

Los fenómenos hidro-meteorológicos extremos, como los huracanes o nortes, provocan precipitaciones y vientos intensos que en muchas ocasiones se traducen en afectaciones para la sociedad en términos de pérdidas económicas e incluso de vidas humanas. Los efectos del huracán Paulina en 1997 en las costas de Oaxaca y Guerrero, o más recientemente, del huracán Mitch en América Central (Fig. 1), nos muestran claramente el grado de vulnerabilidad de las sociedades ante condiciones meteorológicas adversas. Por ello es importante conocer los factores que controlan el tiempo y el clima.

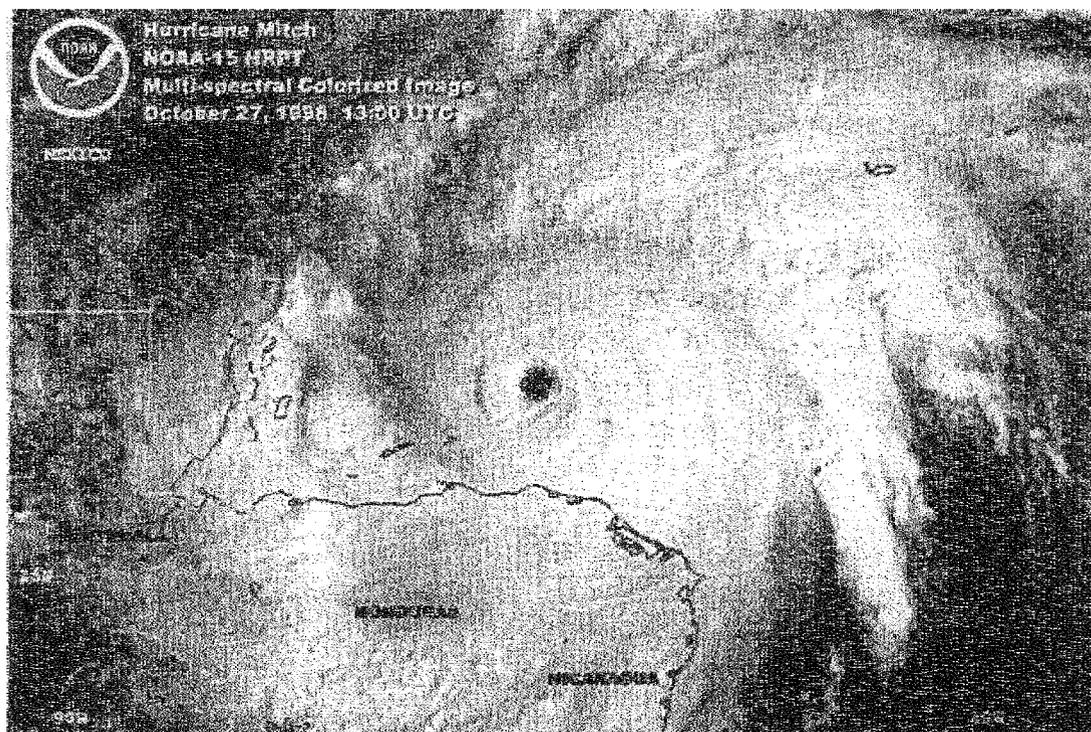


Fig 1. Imagen de Satélite del huracán Mitch (27 de febrero de 1998) Tomada de NOAA.

El clima de México tiene gran variabilidad espacial debido a la presencia de océanos que lo rodean, a lo complicado de su orografía y a los cambios en el uso de suelo de una región a otra. Tales diferencias resultan en variaciones en el tiempo meteorológico que se experimentan de un lugar a otro, día con día. Sin embargo, el clima regional está modulado por factores de gran escala espacial en escalas de tiempo mayores. Los recientes avances en nuestro entendimiento del fenómeno conocido como El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) nos han llevado a establecer relaciones entre la temperatura de superficie del mar en el océano Pacífico tropical del este y las condiciones climáticas de invierno y verano en México. Sin embargo, El Niño es sólo uno de los factores que modulan el clima y sus variaciones interanuales. Existen muchos otros factores que deben ser tomados en cuenta para entender mejor las variaciones del clima a escala regional como son: humedad del suelo, concentración de gases de invernadero en la atmósfera, etc.

2. El fenómeno El Niño

Durante años de Niño o ENOS, los vientos alisios en el Pacífico se debilitan por lo que las aguas más calientes del Pacífico tropical, generalmente confinadas a la región del Pacífico del oeste, se esparcen a lo largo del ecuador y por tanto, las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico central y del este son más elevadas que lo normal en uno o dos grados centígrados (Fig. 2). Aunque no parece un gran aumento en la temperatura del océano, la cantidad de energía (calor) que esto involucra si lo es (baste imaginar la cantidad de agua anómalamente caliente que está involucrada).

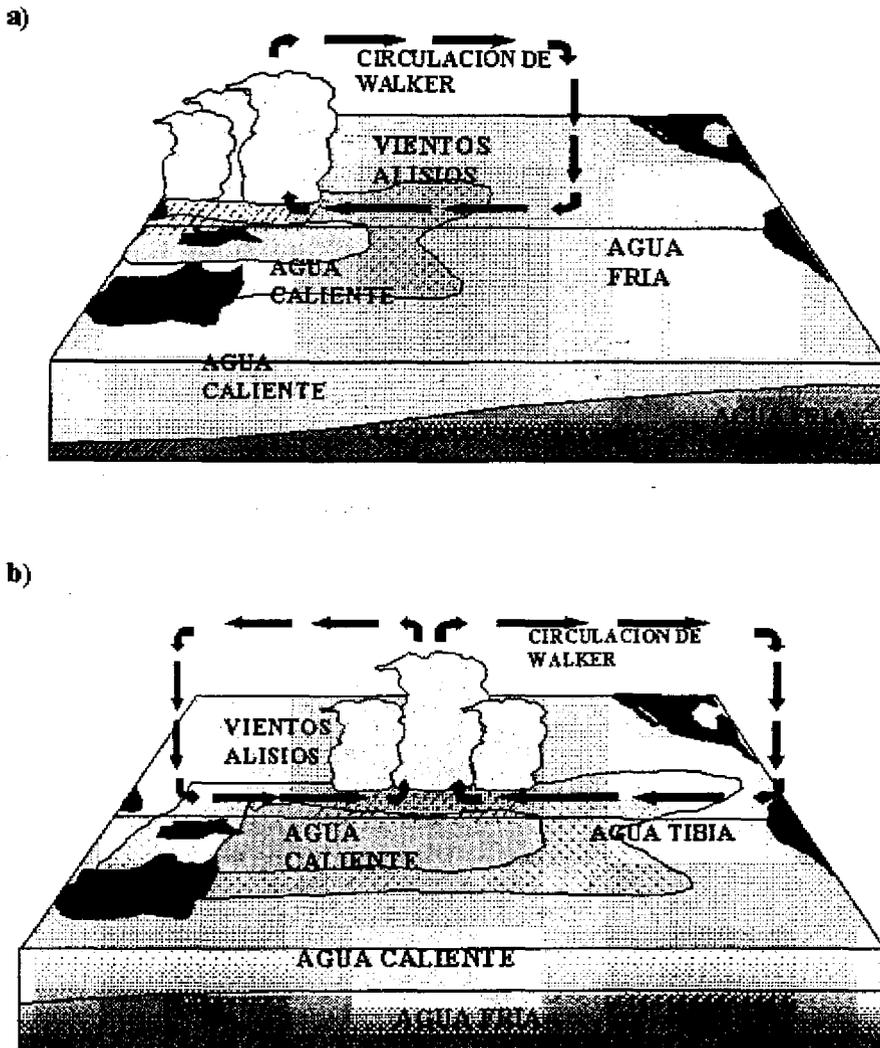


Fig. 2 Esquema de las condiciones a) climáticas medias y b) durante condiciones de El Niño.

Con la aparición de una zona de agua caliente en el Pacífico central y del este, la región de mayor actividad convectiva, es decir la zona de mayor formación de nubes profundas y precipitaciones intensas, se desplaza hacia esta parte de los trópicos. Con tales cambios, donde antes llovía poco (por ejemplo, en las islas del Pacífico tropical o frente

a las costas de Perú y Ecuador) ahora se producirán lluvias intensas e incluso inundaciones, mientras que donde antes llovía mucho lloverá menos, como en el Pacífico del oeste (Indonesia, norte de Australia, Filipinas). Incluso los huracanes que afectan a Filipinas, Taiwan, etc., comenzarán a formarse cerca de Thaiti, Fiji, etc., causando graves daños a la población.

No se piense sin embargo que el fenómeno de El Niño es una amenaza apocalíptica que va a terminar con la humanidad. En realidad, tal tipo de variabilidad en el clima ha existido desde siempre. Los seres humanos y los ecosistemas en general, se han adaptado a tales extremos en el clima. Quizá hoy en día estos fenómenos causen más preocupación por afectar a más personas. Es natural, el gran aumento de la población ha llevado a desarrollar centros de población en más zonas que pueden ser afectadas por fenómenos naturales.

Además del fenómeno El Niño, se habla de su contraparte: La Niña, que corresponde a anomalías negativas en la temperatura superficial del Pacífico tropical centro-este. En general, este fenómeno provoca eventos climáticos contrarios a lo experimentado durante El Niño o simplemente un regreso a las condiciones climáticas medias. A un evento de El Niño, no siempre sigue uno de La Niña, mostrando la no-periodicidad del sistema climático. (Fig. 3).

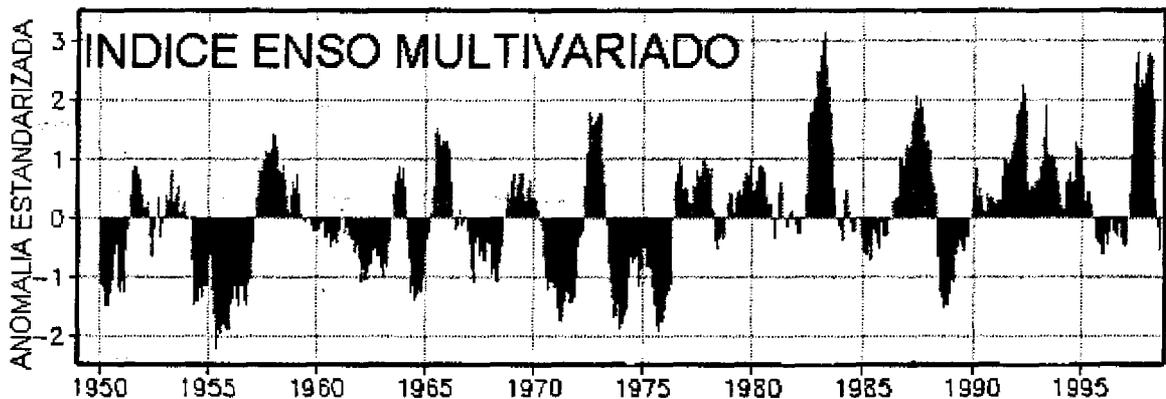


Fig. 3 Anomalías estandarizadas de temperatura superficial del océano Pacífico del este de 1950 a 1998. (áreas rojas > 1 => El Niño, áreas azules > 1 => La Niña. Tomado de <http://www.cdc.noaa.gov>)

3. Impactos del El Niño en México

Hasta hace algunos años, el factor clima era tomado en cuenta sólo en la planeación de actividades agrícolas con base en el ciclo anual es decir, épocas de lluvias y de secas, frías y calientes. En muy pocos casos se tomaba en cuenta la variabilidad interanual del clima (años de secas, lluviosos, etc.) para planear otras actividades económicas o de protección civil. El Niño es un modo de variabilidad que impacta de manera importante el clima en México, tanto en invierno como en verano. En la mayoría de los años, inviernos de Niño resultan en mayor precipitación; veranos de Niño resultan en sequía. Tales resultados, aunados a la creciente capacidad de monitoreo y predicción de este fenómeno, nos llevan a plantearnos seriamente el cómo usar esta información para obtener mayores beneficios en actividades socio-económicas.

a) La señal de invierno

En inviernos de El Niño, la corriente en chorro de latitudes medias, en la que los ciclones de latitudes medias se encuentran inmersos, se desplaza hacia el sur provocando una mayor incidencia de frentes fríos y lluvia en la zona norte y centro de México (Fig. 4a). Aunque El Niño se manifiesta en general como lluvias invernales por encima de lo normal, en el noroeste de México, en ciertos inviernos de Niño la señal varía. Eventos de ENOS como el del 1986-1987 no parecen haber resultado en mucha mayor lluvia de invierno.

Existen así variaciones regionales al patrón de respuesta de las lluvias invernales en México. El sur de Veracruz, Tabasco y Yucatán parecen no responder directamente a la ocurrencia del El Niño. El que el invierno de Niño genere mayores precipitaciones, principalmente en la región norte de nuestro país permite que, en principio, se pueda planear la administración de aguas de las presas.

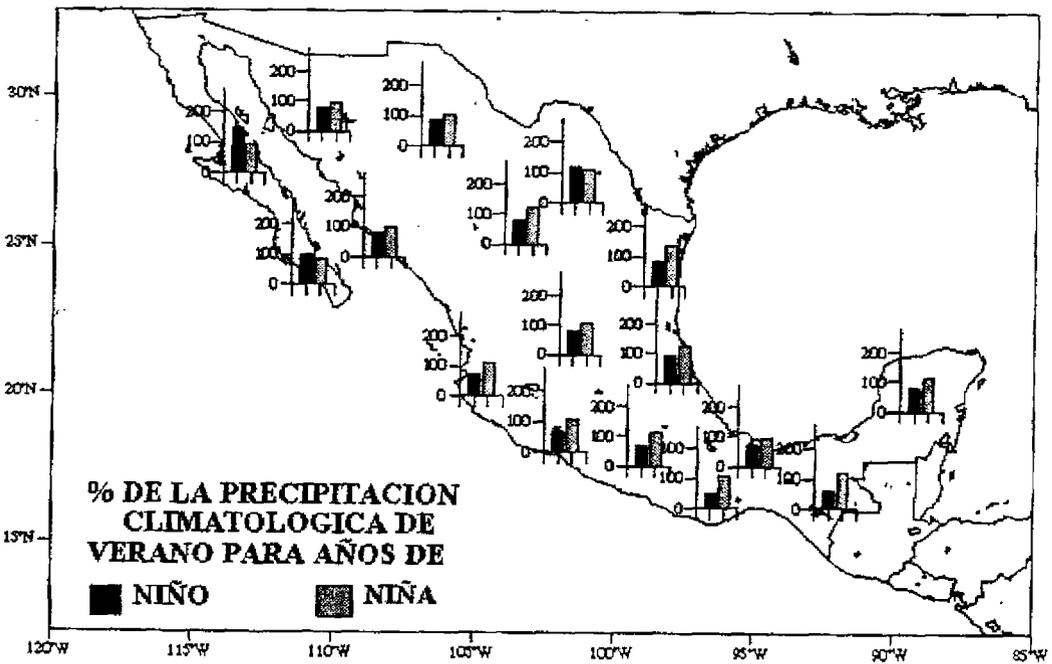
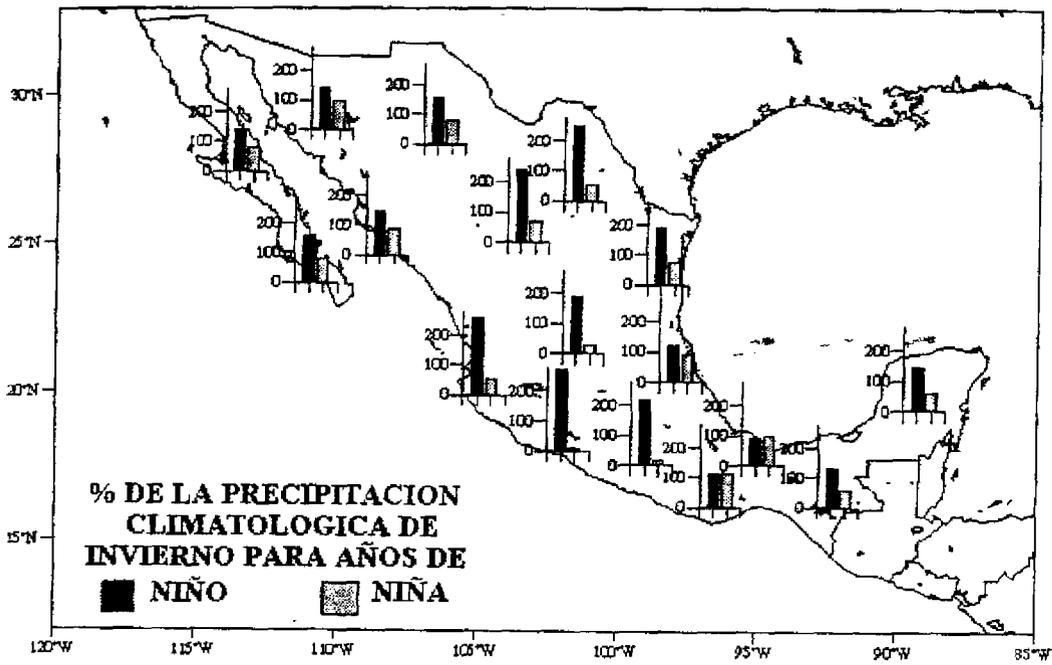


Fig 4. Porcentajes de la precipitación media dea invierno y verano durante años de Niño y Niña.

b) La señal de verano

Durante el verano de El Niño, las lluvias en la mayor parte de México disminuyen (Fig. 4b), por lo que la sequía aparece. En este periodo, la Zona Inter-Tropical de Convergencia (ZITC) en la región del Pacífico del este donde existe gran cantidad de nubes profundas y lluvia, tiende a permanecer más cercana del ecuador, por lo que la fuente de humedad en la costa oeste de México, permanece alejada y con ello las lluvias de verano son bajas. La subsidencia en años de Niño, anómalamente intensa, que se experimenta sobre la mayor parte de México en estos años, también inhibe el desarrollo de nubes profundas. Este fue el caso del verano de 1997, cuando las lluvias en la mayor parte del país estuvieron muy por debajo de lo normal. Por el contrario, en años de Niña, las lluvias parecen estar por encima de lo normal en la mayor parte de México, pero especialmente en la costa del Pacífico. Tal fue el caso de 1988 y de la temporada de lluvias que acabamos de vivir (1998).

En verano, el país se ve afectado por huracanes, tanto en el Pacífico como en el Atlántico. Relaciones estadísticas sugieren que durante años de El Niño no cambia significativamente el número de huracanes en el Pacífico. Por otra parte, el número de huracanes en el Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México sí disminuye. Tal relación tiende a revertirse durante años de Niña. No es claro sin embargo, en que parte del Pacífico se formaran más huracanes y si tenderán a seguir trayectorias más cercanas o alejadas de las costas mexicanas. Al parecer durante veranos en que la anomalía de agua caliente aparece en el Pacífico del oeste, la dispersión en la génesis y trayectorias de huracanes aumenta, pudiendo incluso extenderse hacia regiones del Pacífico central. La anomalía de agua caliente, puede alcanzar las costas mexicanas, por lo que se piensa que la intensidad de los huracanes puede verse aumentada por la ocurrencia de El Niño, como parece haber ocurrido con el huracán Paulina en 1997. Sin embargo, no se puede afirmar que la trayectoria seguida por este huracán a lo largo de Oaxaca y Guerrero se debió a El Niño o sea algo anómalo. Durante cada verano existe la posibilidad de huracanes entrando a las costas de nuestro país.

La disminución de huracanes en el Golfo de México, afecta las lluvias del norte de Veracruz, Tamaulipas y Coahuila, por lo que la sequía durante veranos de ENOS puede ser severa en esta región. Así sucedió durante el verano de 1997, debido la formación de un intenso fenómeno de El Niño. Una vez que El Niño se debilitó en 1998, el número

de huracanes en el Atlántico se recuperó, y con ello las lluvias en el noreste de México. En este sentido, debe también pensarse en la importancia que los huracanes tienen para nuestro país como "proveedores de agua".

Existen además otros fenómenos que modulan las lluvias en México y que no necesariamente están relacionados con la ocurrencia de El Niño o La Niña. Tal es el caso de la sequía intraestival o canícula que se manifiesta en las lluvias de verano en el centro y sur de México como un mínimo relativo durante julio y agosto. La dinámica de tal mínimo relativo está altamente relacionado a la "alberca de agua caliente" que se forma durante el verano frente a las costas del Pacífico mexicano.

4. El Niño en 1997 y 1998

a) Invierno 97-98

Durante 1997 y 1998 se estableció uno de los eventos El Niño más intensos de los que se tiene registro (Fig.5). Ante tal panorama, muchos países tomaron acciones preventivas para disminuir sus impactos negativos, pero también para aprovechar sus efectos positivos. Algunos científicos han propuesto que en épocas recientes la aparición de eventos ENOS más intensos será más frecuente por estarse produciendo un cambio global en el clima. Tal aseveración es aún motivo de estudio. Diversos pronósticos indicaron que las condiciones de El Niño permanecerían hasta mediados de 1998, alcanzando una máxima intensidad durante el invierno 97-98.

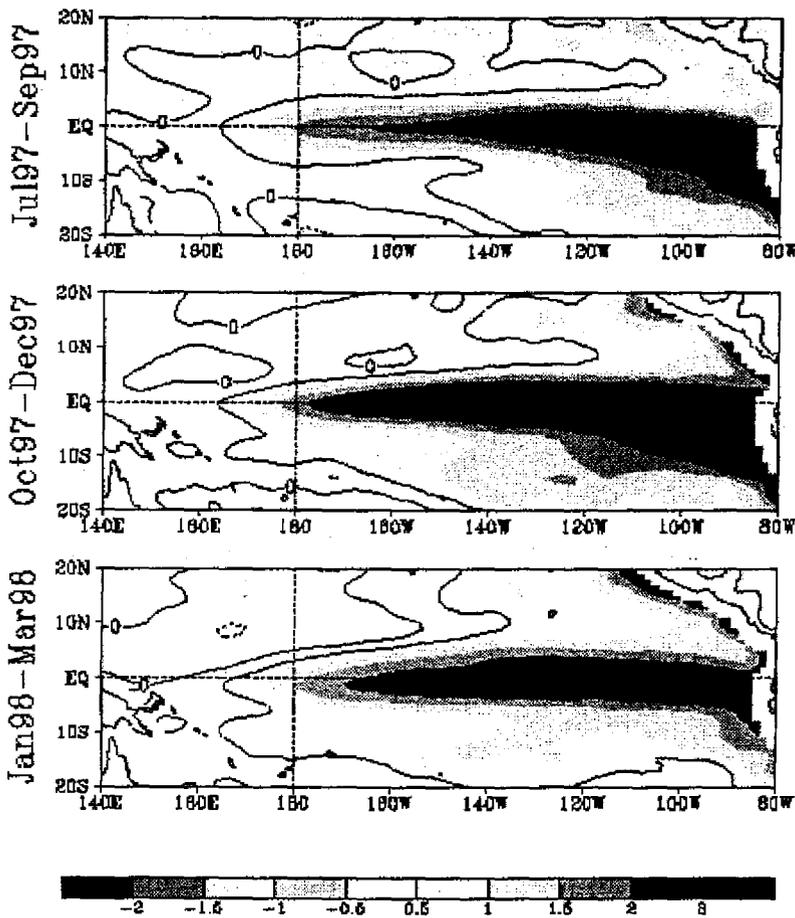


Fig. 5 Pronósticos de las anomalías de la temperatura superficial del mar para 1997 y 1998 (°C) (Tomado de <http://www.ncdc.noaa.gov>).

Tales pronósticos resultaron ciertos. Los impactos que este evento fueron parecidos a los experimentados en 1982-1983, que era hasta hace poco uno de los eventos más intensos de los que se tenía registro. Ante condiciones de Niño intenso la circulación atmosférica de invierno fue anómala sobre Norte América, teniéndose una corriente en chorro desplazada hacia el sur y con ello, frentes fríos sobre la parte norte de nuestro territorio.

Al igual que en otras partes del mundo, en México se realizaron pronósticos de condiciones climáticas regionales medias para el invierno a partir de las relaciones establecidas entre El Niño y el clima regional. Para realizar el pronóstico se emplearon

los pronósticos de temperatura superficial del océano en el Pacífico del este. El pronóstico, emitido en octubre de 1997 para las condiciones de diciembre, enero y febrero siguientes, indicaba que se experimentaría un invierno frío para los estados del norte, con fuertes lluvias en la región de Baja California Norte, por encima de lo normal en el norte de Sonora y en Yucatán, y ligeramente por encima de lo normal en el norte del país (Fig. 6). Por otro lado, los pronósticos también indicaban que en la región central, las lluvias estarían cercanas a la normal o incluso por debajo de la normal, como en la región de Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

PRONOSTICO DE ANOMALIAS DE PRECIPITACION INVIERNO 1997 (m m)

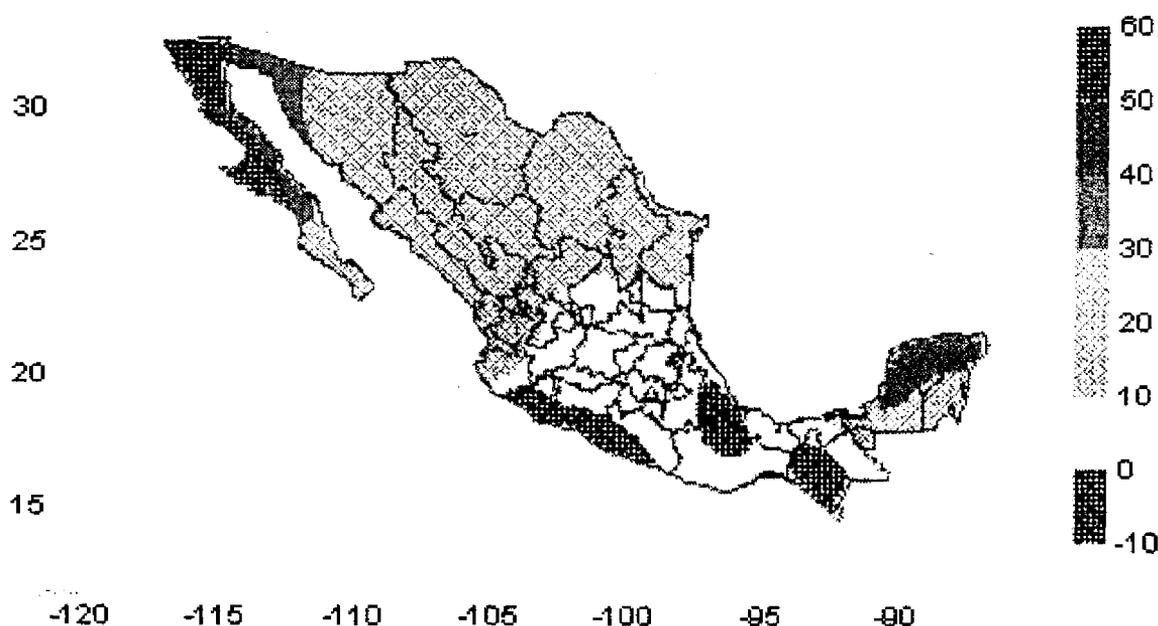


Fig. 6. Pronóstico de anomalías de precipitación (mm) para Dic97-Ene-Feb98, en México, basado en un modelo de regresión estadística con anomalías de temperatura del mar pronosticadas con modelos dinámicos.

La comparación de los pronósticos de anomalías de precipitación con los análisis de lluvias observadas indica que en general llovió por encima de lo normal en el noroeste de México (Baja California) y la península de Yucatán (Fig. 7). Sin embargo, las lluvias en el norte de México, principalmente en Sonora, no correspondieron a lo pronosticado. Por otra parte, la zona centro del país, principalmente cerca del Golfo de México, sobre Veracruz, sufrió un severo déficit de precipitación, que aproximadamente coincide con lo pronosticado.

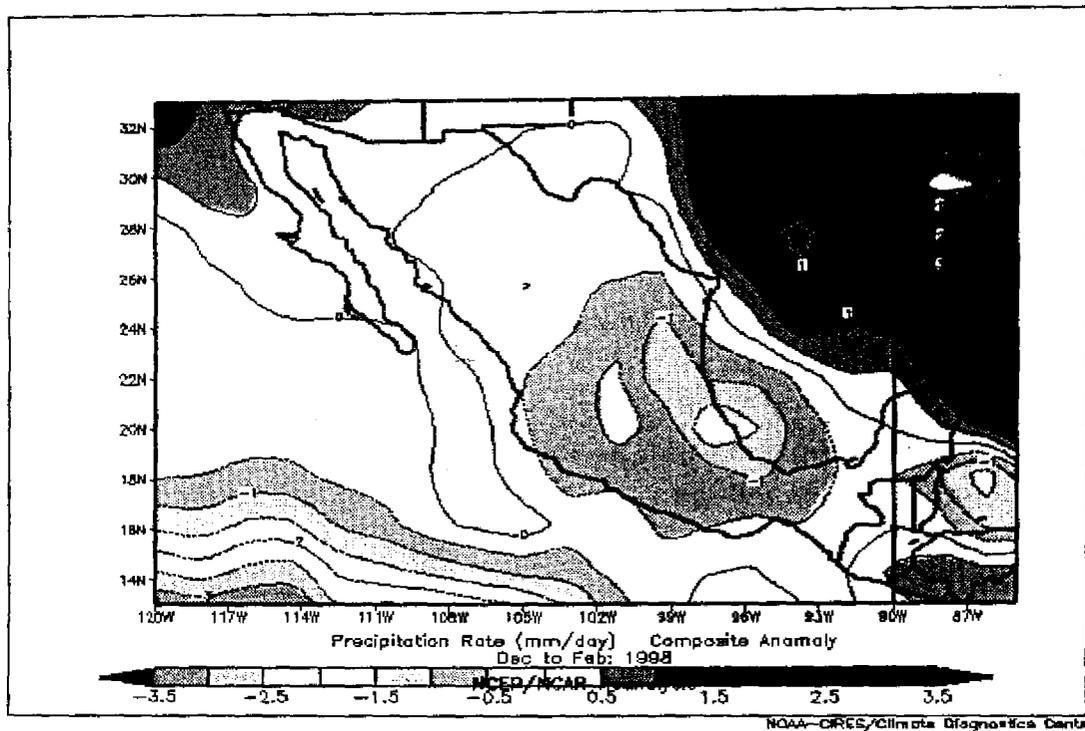


Fig. 7 Análisis de anomalías de precipitación (mm/día) para diciembre 97, enero y febrero de 1998 (Tomado de los re-análisis de NCEP)

El pronóstico también indicaba que de mantenerse las condiciones de Niño hasta el verano de 1998 podría regresarse a condiciones de lluvia por debajo de lo normal y por tanto de sequía.

b) Verano 98

A principios de 1998 los pronósticos de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico del este indicaban que las condiciones de Niño permanecerían hasta principio del verano, hasta junio aproximadamente, después de lo cual desaparecerían y darían paso a condiciones de La Niña. Tal predicción permitió pronosticar que las lluvias en la mayor parte de México serían escasas en los inicios del verano, pero que en cuanto se establecieran condiciones de La Niña, las precipitaciones volverían a la normal o podrían incluso estar por encima de la media.

En la mayor parte de los sitios de interés se tuvo un inicio tardío en las lluvias y una recuperación substancial de estas hacia finales del verano. Considerando que los pronósticos fueron emitidos en marzo, se puede decir que el grado de acierto fue elevado.

De los pronósticos realizados a escala local y regional se comienza a ver que existe potencial para pronosticar el clima, principalmente cuando se presentan eventos intensos de Niño o Niña. Es claro que una verdadera evaluación de los pronósticos requerirá de una operación sistemática, por varios años del esquema de pronóstico.

5. El clima y la agricultura

La importancia que las lluvias tienen en la agricultura, principalmente de temporal, se refleja en la estrecha relación que existe entre periodos lluviosos y húmedos, y la eficiencia en la producción de maíz, definida como superficie cosechada entre superficie cultivada. Tal es el caso del Estado de Tamaulipas (Fig. 8), donde la influencia del fenómeno El Niño es evidente. Así, en los veranos de 1982 y 1986, años de Niño, las lluvias disminuyeron y con ello la eficiencia en la producción. Por otro lado, durante eventos de mayor lluvia asociados a La Niña, como en 1988, las lluvias adecuadas permitieron una mayor eficiencia en la producción de maíz.