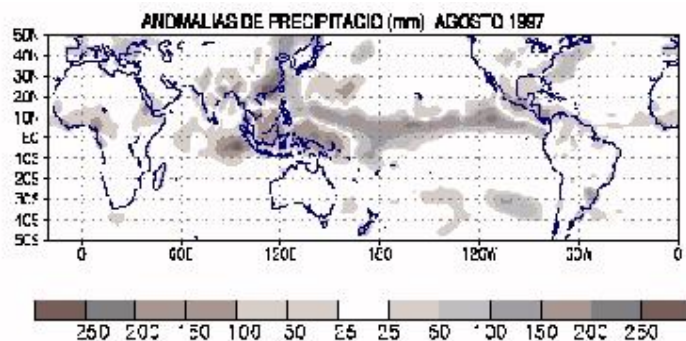
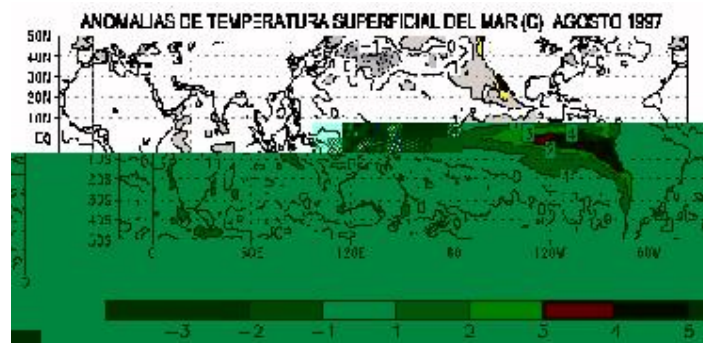


EL FENOMENO DE EL NIÑO y la OSCILACION DEL SUR (ENOS) Y SUS IMPACTOS EN MÉXICO

por

Víctor O. Magaña R., José Luís Pérez, Cecilia Conde, Carlos Gay y Socorro Medina

Departamento de Meteorología General
Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México
México D.F. 04510
Tel: 622-4088
e-mail (victormr@servidor.unam.mx)



Octubre 1997

Introducción

Durante mucho tiempo, el mayor reto en las Ciencias Atmosféricas ha sido el entender las variaciones climáticas que se producen año con año. Períodos de secas han resultado en cosechas pobres y en muchas ocasiones en hambruna y migraciones masivas. Hoy en día, no solamente la agricultura se ve afectada por la variabilidad interanual en el clima.

También otras actividades económicas, como la generación de energía eléctrica, la pesca, etc., se ven afectadas. Incluso la salud humana depende de cambios extremos en el clima. En las últimas tres décadas se ha encontrado que la variabilidad interanual en el clima está relacionada en gran medida con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

Los primeros intentos por entender; la variabilidad del clima se dieron durante el siglo pasado, cuando el científico inglés, Gilbert Walker, trabajó en el estudio del fenómeno conocido como el monzón de la India. Sus observaciones mostraron que en años en que la presión en superficie en Australia era en promedio más baja que lo normal, en el océano Pacífico central era más alta de lo normal. Esta especie de sube y baja en la presión, con periodos de dos a cuatro años, se denominó Oscilación del Sur.

Por otro lado, los pescadores de las costas del Perú encontraron que en ciertos años las aguas donde pescaban estaban más calientes de lo normal, lo que ocasionaba que la pesca fuera mala. En esos mismos años, lluvias torrenciales afectaban a esta región de Sudamérica. Como la anomalía en la temperatura del océano alcanzaba un máximo hacia finales de año, durante diciembre, los pescadores asociaron a esta especie de corriente de agua caliente con la llegada de El Niño Jesús, por estar próxima la Navidad. En realidad esta anomalía en la temperatura superficial del océano se extiende en los trópicos desde el océano Pacífico central hasta las costas de Sudamérica.

En los años cincuentas y sesentas, el meteorólogo Jacob Bjerknes estableció que la llamada oscilación del sur y la corriente del Niño eran parte de un mismo fenómeno climático que involucraba interacciones entre la atmósfera y el océano Pacífico tropical. Más adelante, se encontró que las señales de la ocurrencia del fenómeno ENOS no se limitaban a las regiones tropicales del océano Pacífico, sino que podían afectar regiones tan distantes como los Estados Unidos o Sudáfrica.

Las campañas de observación, el uso de satélites y el aumento de las comunicaciones han incrementado nuestro conocimiento del fenómeno ENOS. Hoy sabemos cual es el patrón de anomalías en superficie del mar que lo caracteriza. También hemos determinado en que medida afecta el clima del planeta. Incluso se habla de que este fenómeno, sin periodo regular (a veces ocurre cada dos, cuatro, cinco años o incluso en años consecutivos), puede ser pronosticado.

Descripción del fenómeno de El Niño.

En el océano Pacífico tropical, los vientos dominantes cerca de la superficie son del este y se denominan alisios. Tales vientos tienden a acumular el agua tropical más caliente hacia el lado oeste, es decir, en la región de Indonesia, etc. (Fig. 1a). Por ser la temperatura de superficie del mar elevada ($> 28^{\circ}\text{C}$) en esta región, el aire es más ligero formando una atmósfera inestable en la que hay gran formación de nubes y lluvias intensas. Por otro lado, el Pacífico tropical del este es en general más frío ($< 27^{\circ}\text{C}$), por presentarse surgencias del fondo del océano, las cuales son ricas en nutrientes, razón por la cual algunas de las pesqueras más ricas se presentan frente a las costas de Perú. Sin embargo, la presencia de aguas relativamente frías inhibe la formación de nubes por lo que en las costas de Perú y Chile solo se tienen nubes estratos bajas que producen muy poca lluvia.

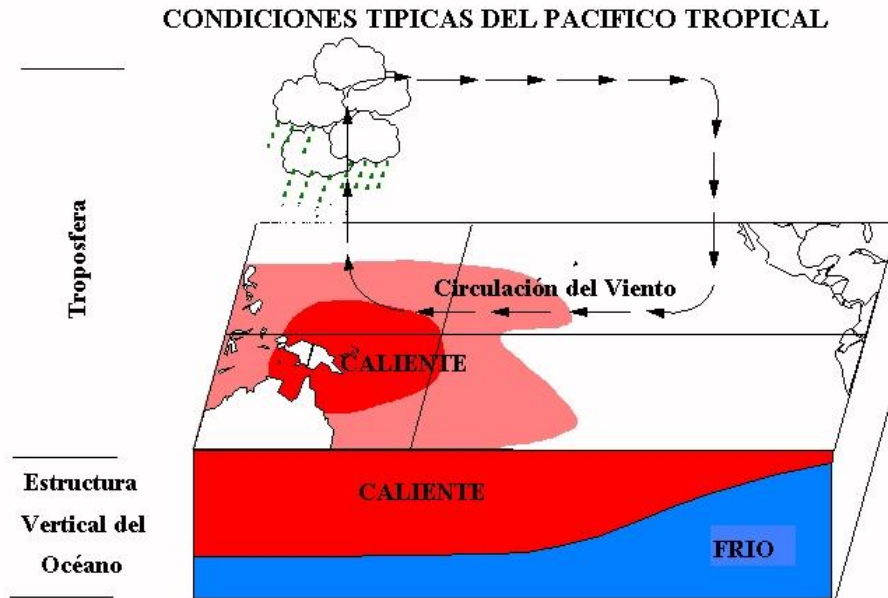


Fig. 1a. Diagrama que representa la circulación atmosférica zonal tropical y las condiciones medias del océano Pacífico.

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 mas elevadas en uno o dos grados centígrados (Fig. 1b). 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 anualmente caliente que esta involucrada).

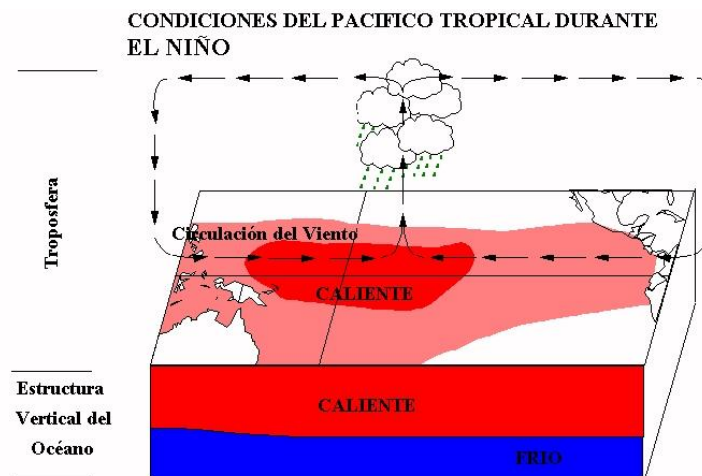


Fig. 1b. Como en la Figura 1a, pero durante condiciones de El Niño.

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 cumulonimbus profundas y precipitaciones más intensas, se desplaza hacia esta parte de los trópicos. Tal corrimiento en la zona más lluviosa no se debe a mayor evaporación in situ, sino a que la convergencia de humedad se da ahora en esta región. Con tales cambios, donde antes llovía poco (por ejemplo, en las islas del Pacífico 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 durante El Niño, como en el Pacífico del oeste (Indonesia, norte de Australia, Filipinas). Incluso los huracanes que afectan por lo regular a Filipinas, Taiwán, etc., comienzan a formarse cerca de Tahití, Fiji, etc., causando graves daños a la población.

En Perú, la aparición de aguas más calientes provoca que especies de peces como la anchoveta, emigren hacia regiones donde la temperatura es más baja u otros lugares en busca de alimento, ya que el debilitamiento de los vientos produce una reducción en la surgencia de aguas frías del fondo, impactando las pescas peruanas. Pero no sólo los pescadores se ven afectados, las aves marinas de las Galápagos pierden su fuente de alimento y sus poblaciones decrecen. Es tan importante el efecto de El Niño en las pesquerías, que las acciones de la harina de pescado en la bolsa de valores de Nueva York cambian de precio al recibirse las primeras informaciones de la aparición de El Niño.

La influencia del ENOS se siente también en regiones alejadas del Pacífico tropical. En el nordeste del Brasil, se producen sequías intensas con un consecuente impacto en la agricultura. En Australia, la agricultura y ganadería también resultan afectadas por la sequía por lo que se implementan planes de emergencia ante avisos de ocurrencia de El Niño. De manera similar, en California se establecen planes de prevención de desastres ante las fuertes lluvias de invierno e inundaciones que aparecen durante inviernos de Niño. Los costos de tales impactos se calculan en cientos de millones de dólares.

Los cambios en el clima se reflejan incluso en la salud. Cierta tipo de enfermedades, como el dengue, o el paludismo pueden aparecer mas frecuentemente en periodos húmedos y calientes, como los que ocurren en ciertas regiones de Latinoamérica (e.g., Colombia y Centro América) durante El Niño.

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 desmedido aumento de la población ha obligado a establecer asentamientos en más zonas que pueden ser afectadas por fenómenos naturales. Por ejemplo, la posibilidad de que un huracán cause daños a un núcleo de población es mayor hoy en día, al haber más gente viviendo cerca de las costas.

Además de el fenómeno de El Niño, se habla de su contraparte, La Niña, que corresponde a anomalías negativas en la temperatura superficial del Pacífico tropical centro-este. Al parecer, este fenómeno provoca eventos climáticos contrarios a lo experimentado durante El Niño, por ejemplo, en algún lugar de Pacífico tropical (e.g. Australia), en vez de sequía durante El Niño, llover mas de lo normal durante La Niña.

No es completamente claro sin embargo, que los efectos en el clima en otras regiones del planeta sean simétricos durante El Niño y La Niña. Incluso, hoy es mas claro que aunque el clima durante años de Niño tiende a ser anómalo en cierta dirección (más lluvias, huracanes, etc.), hay grandes variaciones en las respuestas climáticas regionales de un año de Niño a otro, por lo que se habla de la no-linearidad del sistema océano-atmósfera. Por otra parte, a un evento de El Niño, no siempre sigue uno de La Niña, mostrando la no-periodicidad del sistema climático. (Fig. 2).

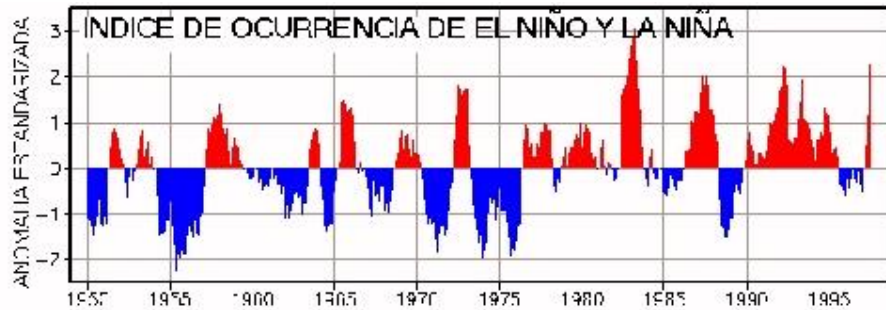


Fig. 2 Anomalías estandarizadas de temperatura superficial del océano Pacífico del este. (Áreas rojas $> 1 \Rightarrow$ El Niño, áreas azules $< -1 \Rightarrow$ La Niña), tomado de <http://www.cdc.noaa.gov>

Los impactos en México.

En nuestro país el fenómeno del Niño tiene grandes repercusiones en el clima y en gran medida, en nuestras actividades socioeconómicas. Estudios recientes muestran que los regímenes de lluvias de invierno y verano se ven afectados. De manera general podemos decir que las lluvias de invierno se intensifican durante años de El Niño, como ocurrió durante el invierno de 1991-1992 (Fig. 3).

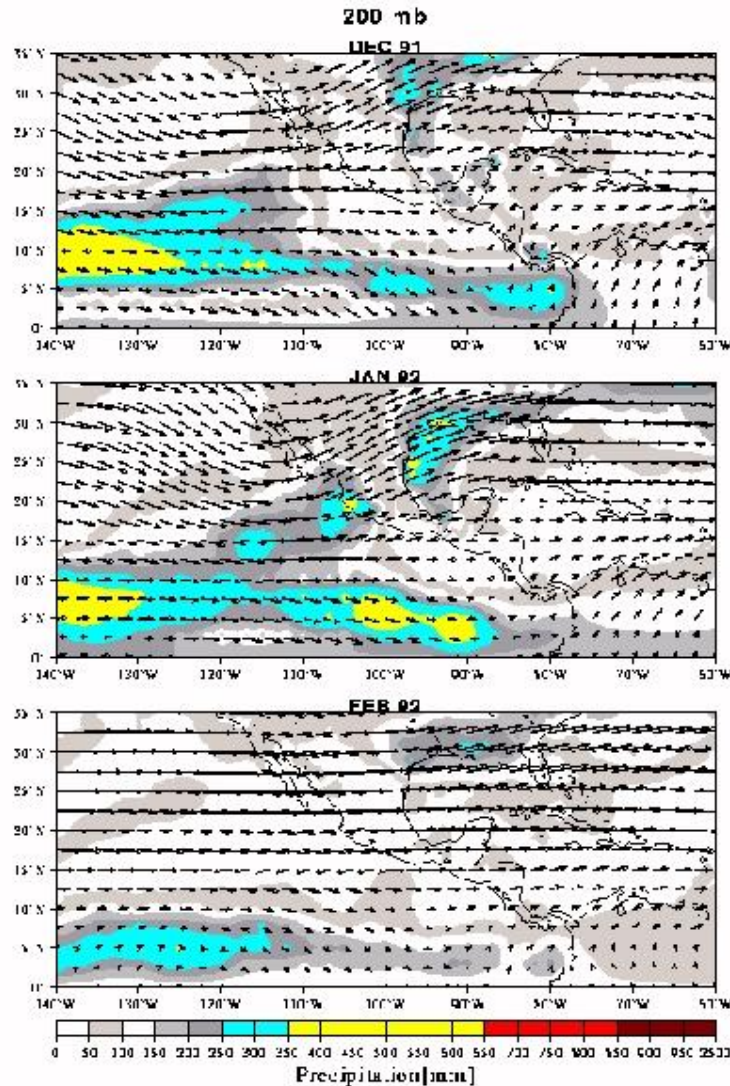


Fig. 3 Precipitación y vientos en altura (200 mb) durante el invierno de El Niño 1991-1992.

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.

El impacto de El Niño en las lluvias de invierno de México no es siempre el mismo, principalmente cuando se analizan los cambios a nivel regional. Eventos de ENOS como el del 1986-1987 no parecen haber resultado en mucha mayor lluvia de invierno. Incluso el ENOS de 1982-1983, aunque produjo lluvias invernales por encima de lo normal, tuvo un impacto aparentemente menor al del invierno de 1991-1992 (Fig. 4).

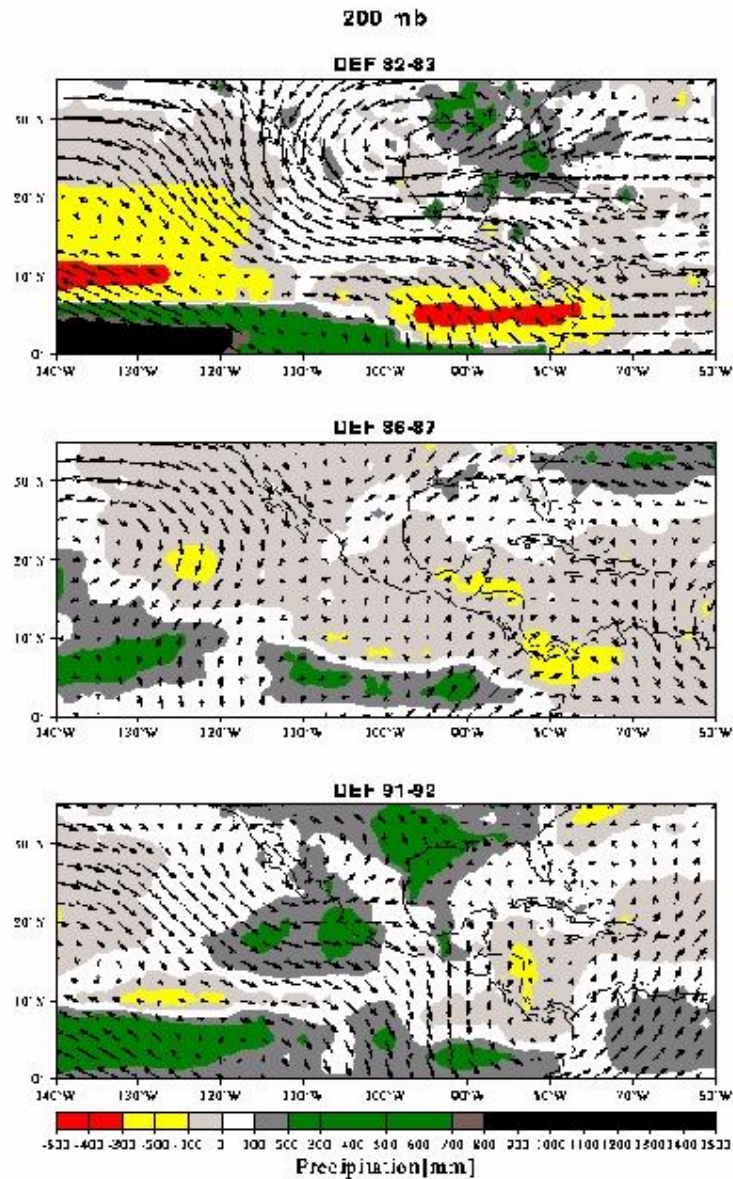


Fig. 4 Anomalías de precipitación (mm) y anomalías de viento en altura (200 mb) para inviernos de años de El Niño (1982-83, 1986-87, 1991-92).

Las diferencias de año a año en las anomalías invernales de lluvia dependen en gran medida de la posición de las circulaciones estacionarias que a su vez dependen de las características de la actividad convectiva anómala en el Pacífico central durante El Niño.

Existen así variaciones regionales al patrón de respuesta de las lluvias invernales en México. Regiones como el sur de Veracruz, Tabasco y Yucatán parecen no responder directamente a la ocurrencia del ENOS. Otras regiones, como Centroamérica, parecen

siempre verse afectadas por sequía durante años de El Niño, aunque las montañas dan características diferentes a las anomalías de precipitación en el Caribe y en el Pacífico.

Durante el verano de El Niño, las lluvias en la mayor parte de México disminuyen (Fig. 5), por lo que la sequía comienza a aparecer. En este periodo, la zona intertropical de convergencia 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 para las lluvias en la costa oeste de México, durante los meses de junio, julio y agosto, permanece alejada y con ello las lluvias de verano son bajas. 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 (Fig. 6).

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 aumenta el número de huracanes en el Pacífico, mientras que disminuyen en el Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México. Tal relación tiende a revertirse durante años de Niña. No es claro sin embargo en que parte del Pacífico se formaran más huracanes (Fig.7) y si tenderán a seguir trayectorias más cercanas o alejadas de las costas mexicanas (Fig.8). 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. Sin embargo, no se puede afirmar que la trayectoria seguida por este huracán a lo largo de Oaxaca y Guerrero se debía este fenómeno o sea algo anómalo. Durante cada verano existe la posibilidad de huracanes entrando a las costas de nuestro país.

Por otra parte, 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 a la formación de un intenso fenómeno de El Niño (Fig. 9).

En este sentido, debe también pensarse en la importancia que los huracanes tienen para nuestro país como "proveedores de agua". Un entendimiento más completo de las lluvias de verano debe incluir efectos como el de la llamada canícula o sequía intraestival y su relación con el fenómeno de El Niño.

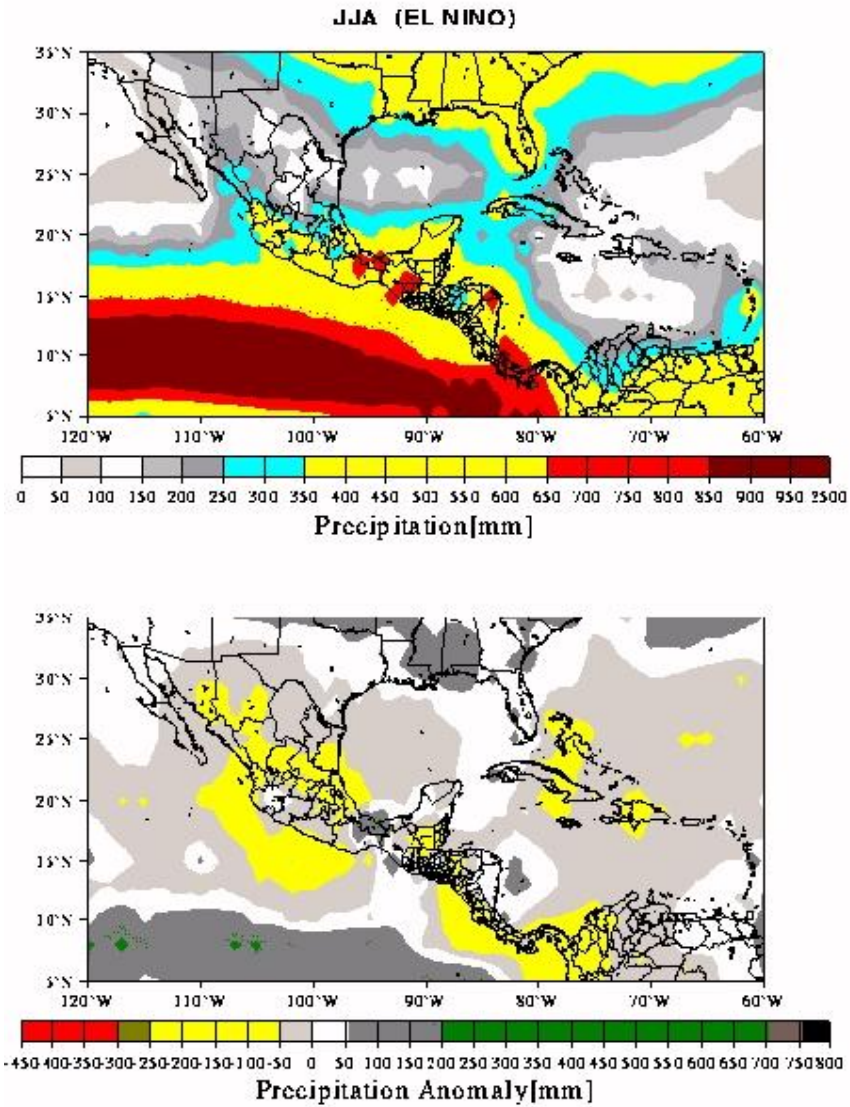


Fig. 5 Lluvia acumulada en el verano (junio-julio-agosto) y su anomalía durante años de El Niño (1982, 1987,1992).

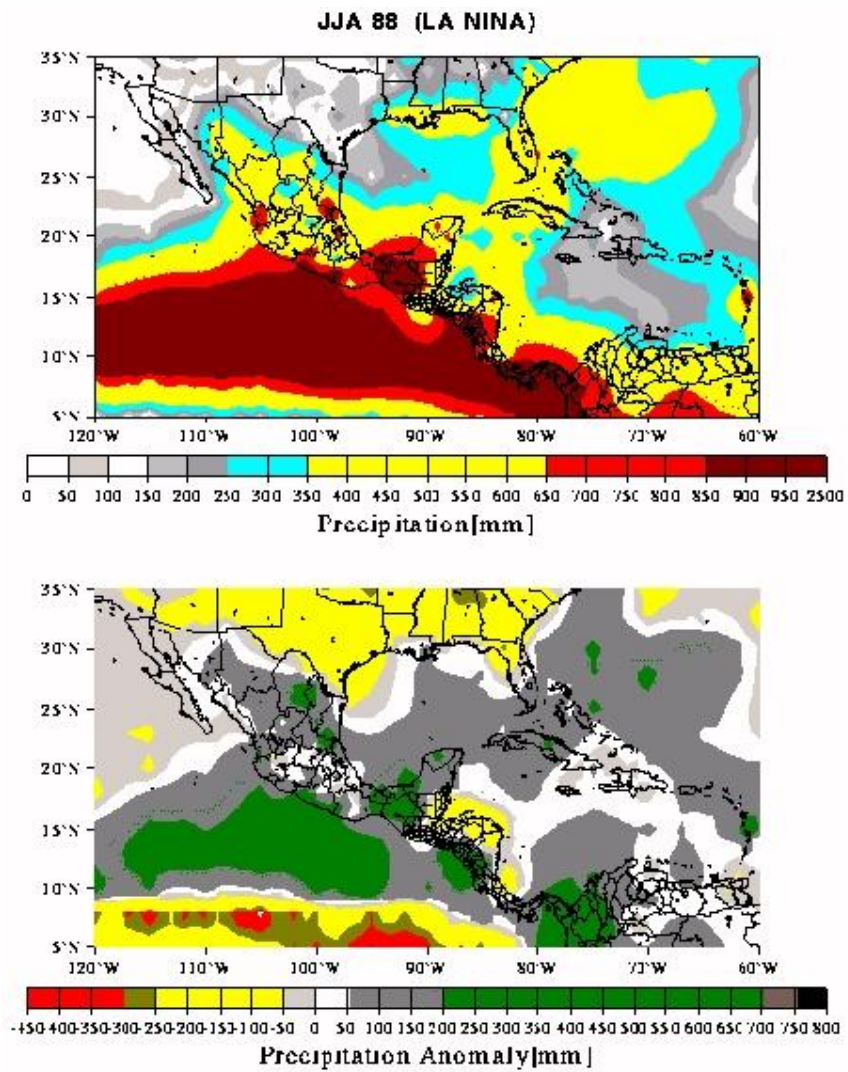
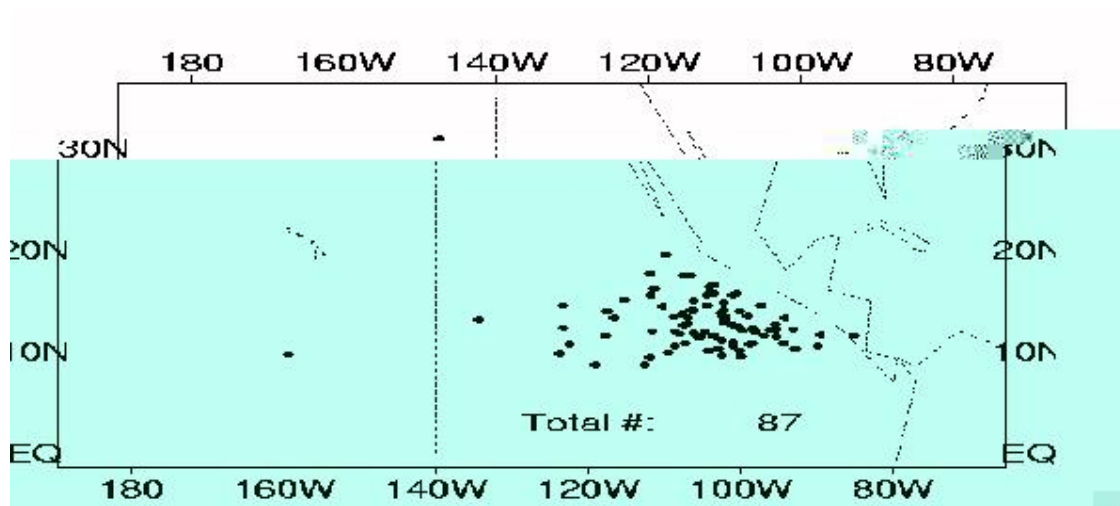
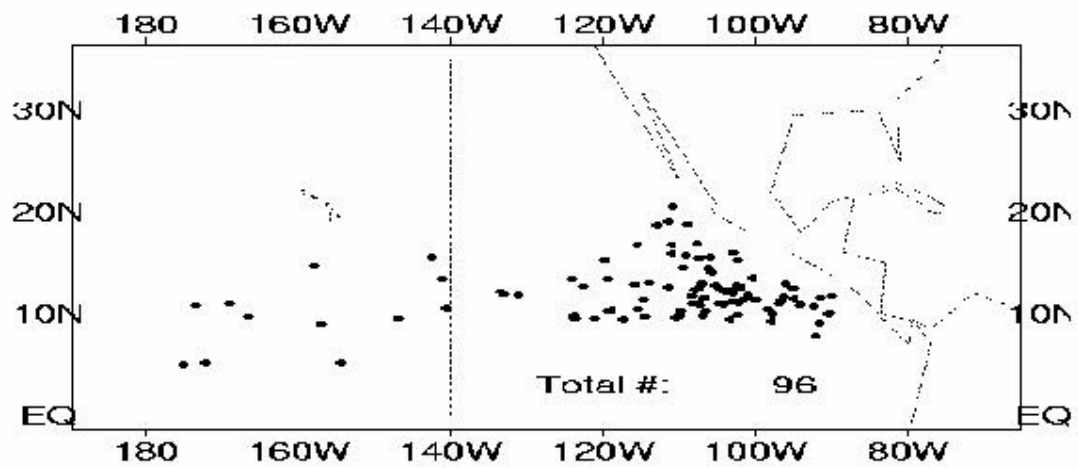


Fig. 6 Lluvia acumulada en el verano (junio-julio-agosto) y su anomalía durante años de La Niña 1988.

a)



b)



c)

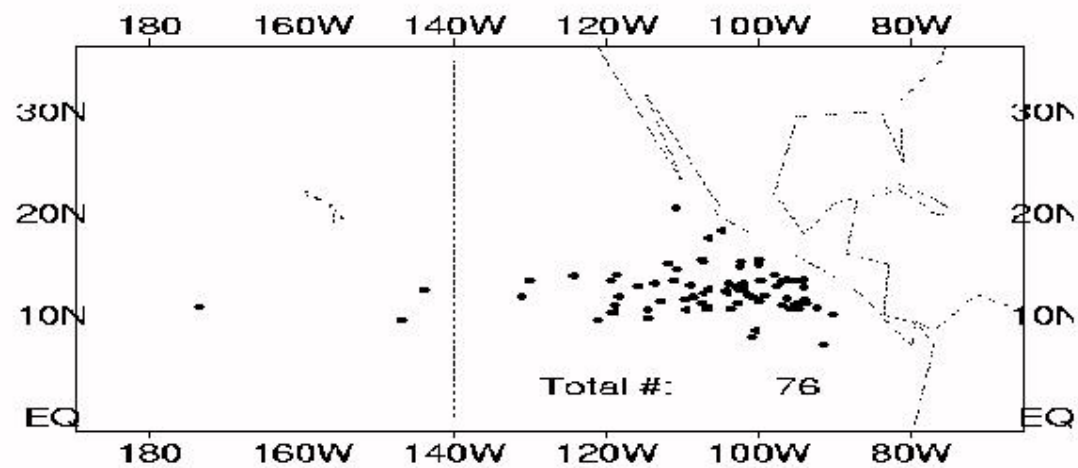
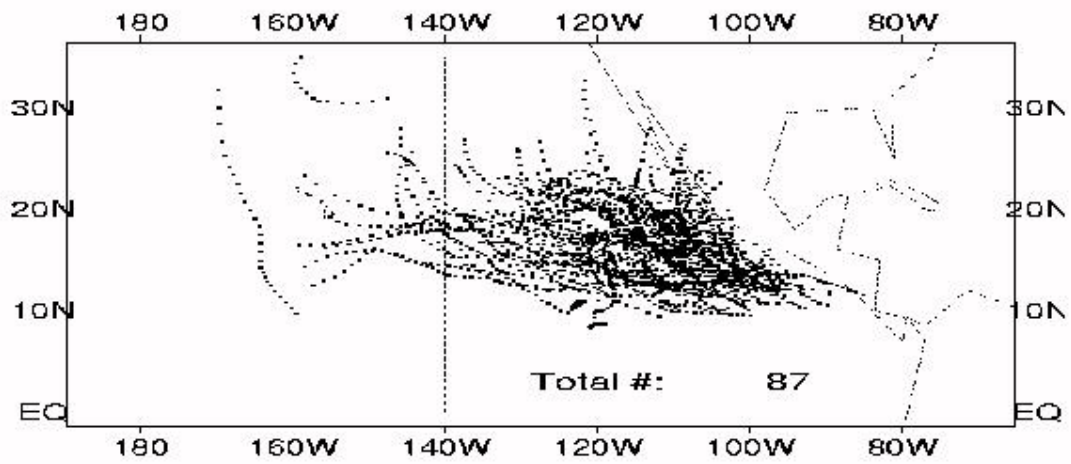
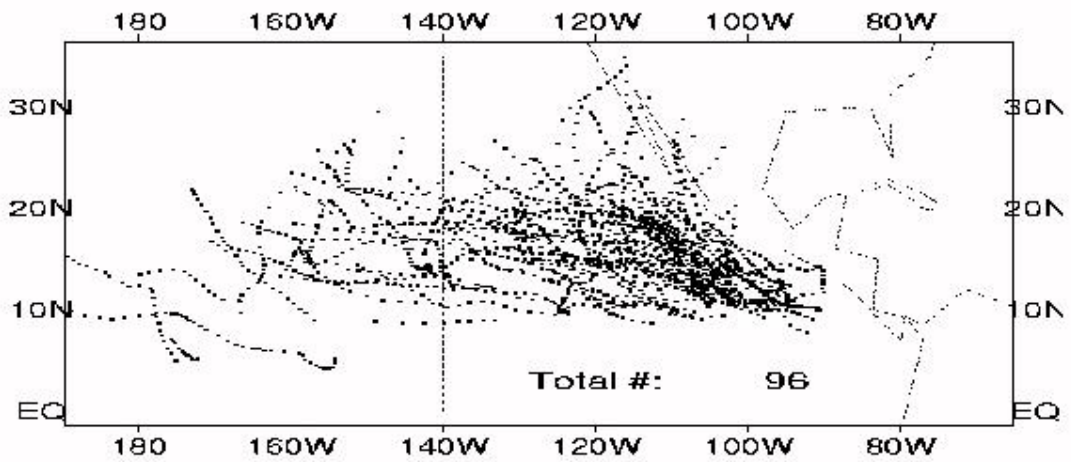


Fig 7. Posición de la génesis de huracanes en años a) previos, b) durante) y c) posteriores al Niño

a)



b)



c)

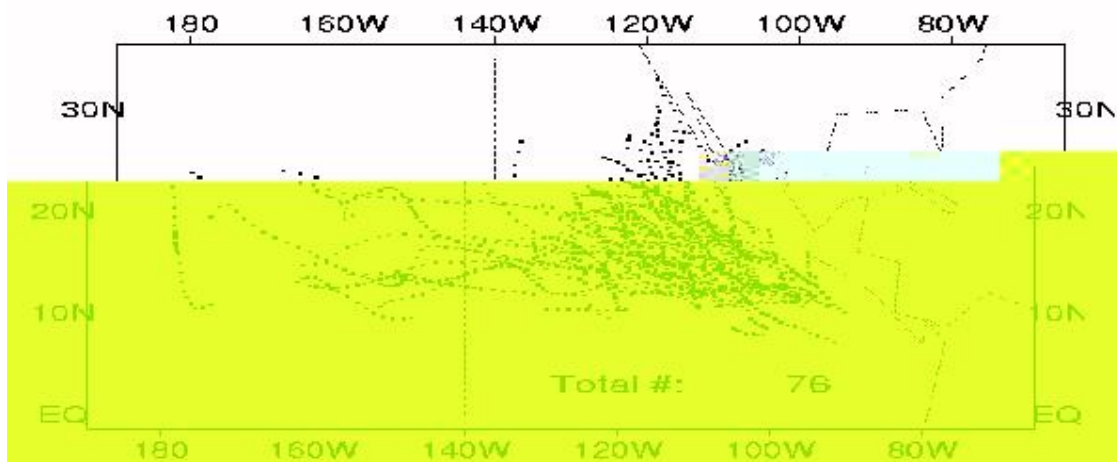


Fig. 8. Trayectorias de huracanes en años a) previos, b) durante y c) posteriores al Niño

En los años 1982-83 se produjo un evento ENOS muy severo, que provoco sequías, incendios y pérdidas estimadas en cerca de US \$600,000,000.00 en las economías de México y Centro América. Durante el periodo 1991-1995 se estableció un periodo de Niño, que si bien no fue tan intenso como el antes mencionado, coincidió con una de las sequías más prolongadas en el norte de México. Tal sequía produjo problemas internos y externos por el uso de aguas en las presas. Las noticias de los reclamos de agua en la Presa de El Cuchillo, o los conflictos por aguas en el Río Bravo con los Estados Unidos fueron noticia de primera plana durante varios días.

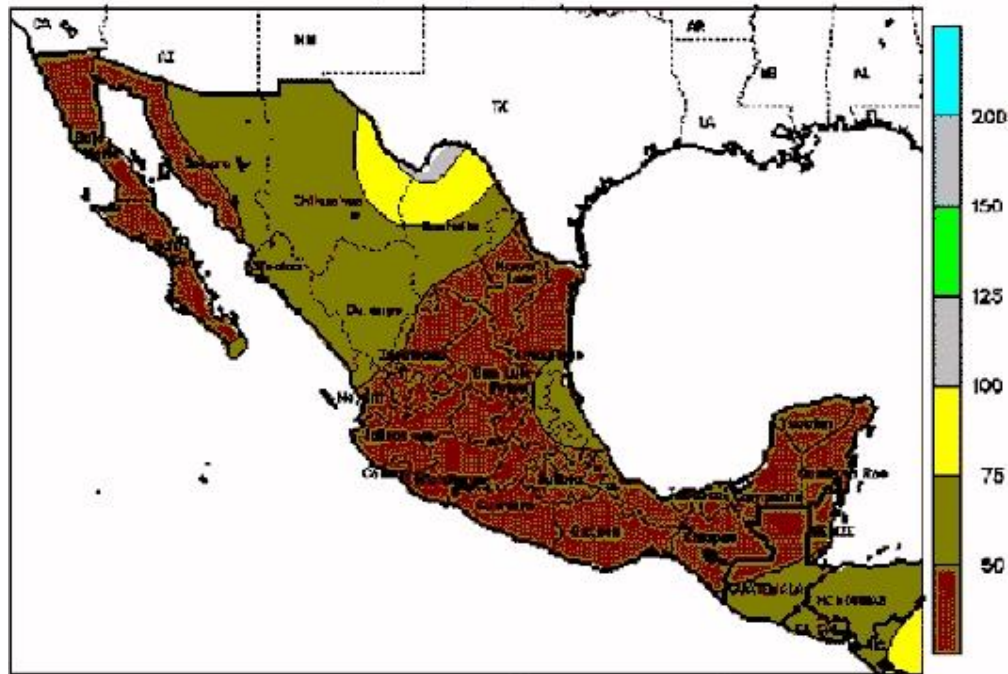


Fig.9 Porcentaje de la precipitación normal del periodo junio-agosto, que fue captado durante el año 1997 (tomado de <http://www.cdc.noaa.gov>).

El que el invierno de Niño genere mayores precipitaciones, principalmente en la región norte de nuestro país, permite que, en principio, se pueda administrar el uso de aguas de las presas. As por ejemplo, en la región de la presa Huites, entre Sonora y Sinaloa, las lluvias de diciembre y el caudal del río parecen sentir el efecto de la ocurrencia de Niño o Niña (Fig. 10). Sin embargo, vuelve a observarse que no todos los Niños producen la misma respuesta en México, pudiendo presentarse este fenómeno con lluvias escasas en la región.

Sin embargo, el conocimiento de ocurrencia de El Niño en ciertos años puede permitir disponer de información para planear hasta cierto punto el manejo de presas. Por ejemplo, hasta antes del invierno 82-83, el nivel de la presa Plutarco Elías Calles, en Sonora, era bajo (Fig. 11). Las lluvias de invierno asociadas a El Niño permitieron una recuperación del nivel de la presa.

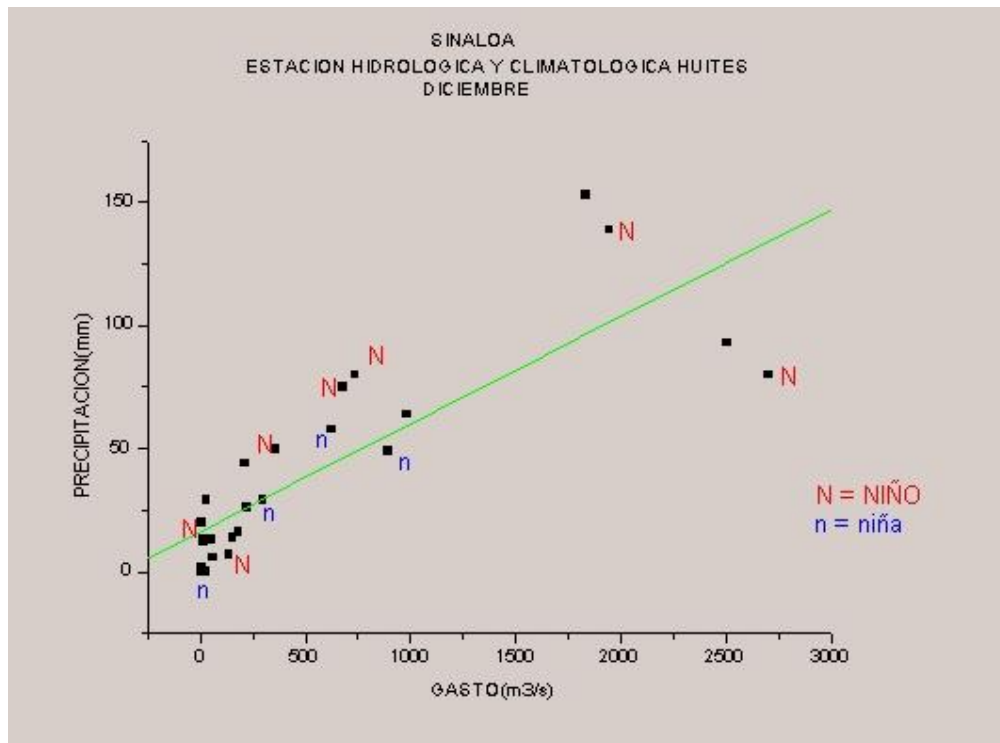


Fig. 10. Relación entre precipitación y caudal del río en la estación hidrológica Huites para el mes de diciembre.

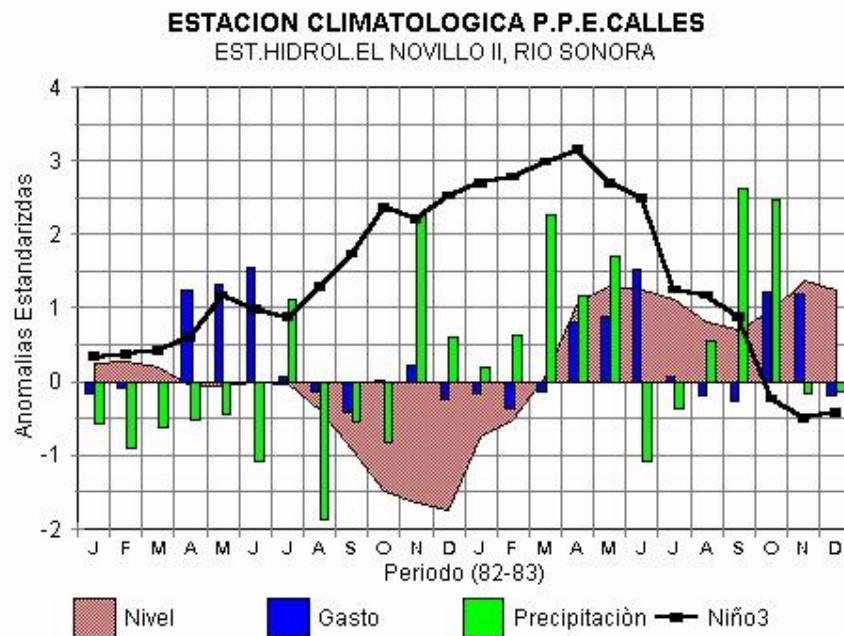


Fig. 11. Histogramas de condiciones hidrológicas en la presa Plutarco Elías Calles, Sonora, durante el periodo (El Niño) 1982-1983.

Las pesquerías en México se ven también afectadas. Las anomalías en agua caliente asociada a El Niño pueden extenderse hasta costas mexicanas produciendo disminución

del plancton, de algunas pesquerías características de aguas frías y una menor productividad general. Si bien los efectos estarán sumamente matizados por las condiciones locales de cada región de la costa mexicana, muchos ecosistemas tropicales (el ejemplo más conocido son los arrecifes coralinos) son especialmente sensibles a los cambios de temperatura. El cambio en las poblaciones planctónicas parece ser hasta el momento el factor más influyente en la disminución de importantes pesquerías o en el aumento de algunas especies tóxicas resistentes a los cambios térmicos. De cualquier forma, eventos locales como vientos que lleven nutrientes a la superficie, la topografía particular, etc. pueden hacer que los efectos varíen de una región a otra. Tal como sucede en las Galápagos, los santuarios de aves en el Pacífico mexicano parecen sentir la disminución de peces (e.g., Isla Isabela).

Los impactos de El Niño en salud en México, apenas comienzan a ser analizados, pero la experiencia de otros países en la región (e.g., Costa Rica) parece indicar que los efectos negativos en salud pueden ser notorios.

El Niño para el año 1997-1998

Para este 1997 y 1998 se ha detectado el desarrollo de uno de los eventos de El Niño más intensos de los que se tiene registro (Fig.12). Ante tal panorama, muchos países han comenzado a tomar acciones preventivas para disminuir los impactos negativos del ENOS, pero también para aprovechar sus efectos positivos. Algunos científicos han propuesto que en pocas décadas la aparición de eventos ENOS más intensos será más frecuente por estar produciendo un cambio global en el clima. Tal aseveración es aún motivo de estudio.

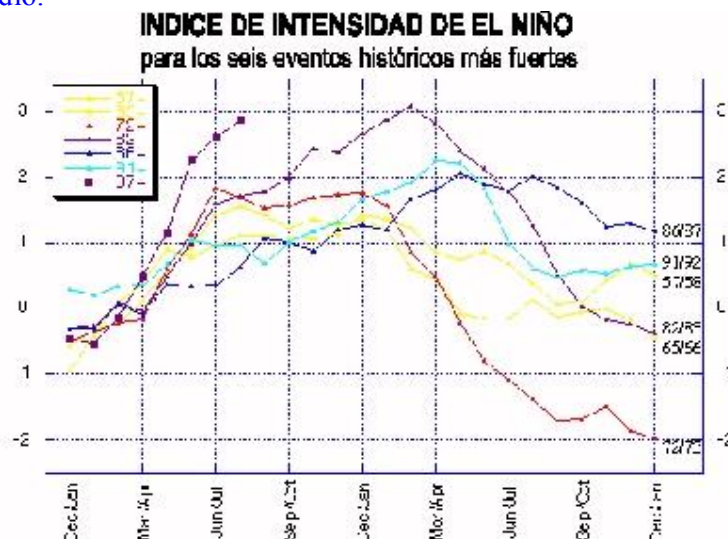


Fig. 12 Índice estandarizado de la intensidad de los seis eventos de El Niño más intensos registrados.

(Nótese el crecimiento de El Niño para 1997). (Tomado de <http://www.cdc.noaa.gov>).

Diversos pronósticos parecen indicar que las condiciones de El Niño permanecerán hasta mediados de 1998, alcanzando una máxima intensidad durante el invierno (Fig.13). Hasta el momento, los impactos que este evento ha dejado reflejan condiciones parecidas a las de 1982-1983, uno de los eventos más intensos de que se tiene registro.

Ante tal situación, se prevé que para finales de año, la circulación atmosférica de invierno se vea afectada sobre Norte América, teniéndose una corriente en chorro desplazada hacia el sur y con ello, una mayor cantidad de frentes fríos sobre la parte norte de nuestro territorio. En consecuencia, se espera que este sea un invierno frío para los estados del norte, pero al mismo tiempo se espera que los frentes fríos traigan fuertes lluvias asociadas (Fig. 14). Tal situación podría permitir recuperar en cierta medida los caudales ríos y niveles de presas en el norte y centro de México.

De mantenerse las condiciones de Niño hasta el verano del año entrante, podría regresarse a condiciones de lluvia por debajo de lo normal y por tanto de sequía.

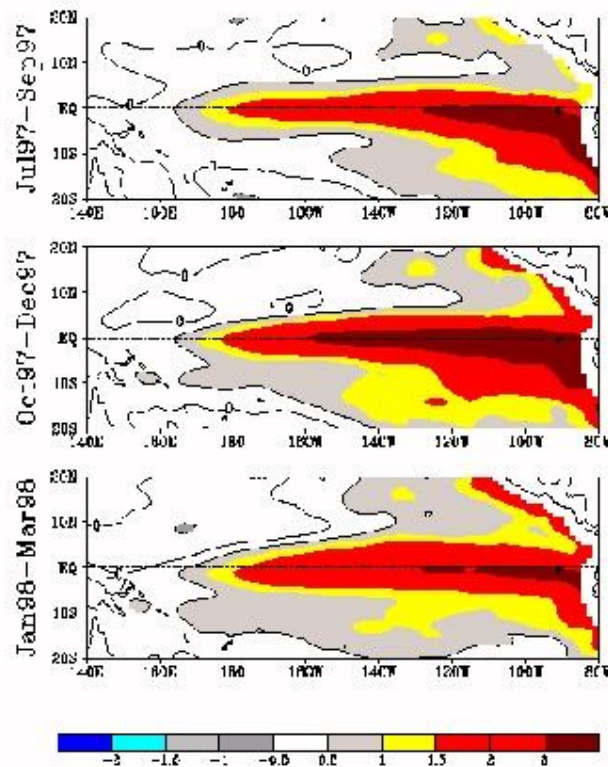


Fig. 13 Pronósticos de las anomalías de la temperatura superficial del mar para 1997 y 1998 (unidades C)
(Tomado de <http://www.cdc.noaa.gov>).



Fig. 14. 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.

Acciones de mitigación y adaptación ante el fenómeno de El Niño

Los impactos del evento de El Niño son causados por las variaciones climáticas provocadas por los cambios en los patrones de circulación atmosférica y oceánica. Estas variaciones se reflejan en los patrones de lluvia y en las temperaturas medias de ciertas regiones.

Las actividades productivas que son afectadas por este evento son la agricultura, la ganadera, las pesquerías, las actividades forestales, las actividades industriales dependientes del suministro de agua (por ejemplo, las maquiladoras en el Norte del país).

Como se menciona anteriormente, en México se espera en el Norte del País lluvias más intensas en invierno, con una baja en la temperatura. En el verano, posiblemente se presenten condiciones de disminuciones importantes en la precipitación, entre 25 a 50% menos en la mayor parte del país y aumentos significativos en la temperatura media.

La vulnerabilidad del país ante eventos muy fuertes de El Niño está en relación inversa con la difusión y comprensión de los pronósticos climáticos, la capacidad técnica de aplicar medidas preventivas, si los efectos esperados son negativos, o bien, del aprovechamiento de las condiciones favorables que este evento pudiera provocar en algunas regiones (llenado de presas en el Norte del país), la disponibilidad de recursos financieros para aplicar esas medidas.

Brasil y Australia son ejemplos en cuanto a acciones de estrategia para mitigar y/o adaptarse a este evento. En Estados Unidos ya se han integrado comisiones de prevención de desastres ante los potenciales impactos de El Niño.

Posibles medidas preventivas:

En la agricultura, es de esperarse una buena cosecha de cultivos de otoño - invierno, (por ejemplo, de trigo). Para primavera - verano, es importante considerar que las lluvias podrían adelantarse pero que, si prevalecen las condiciones de El Niño, las lluvias de verano podrían escasear, por lo que las decisiones que se tomen en el campo tendrían que ser a corto plazo, discutiendo la posibilidad de irrigación o de la utilización de semillas más resistentes a la sequía, por ejemplo.

Con la recarga de las presas en invierno, puede sugerirse su administración en función de las prioridades productivas de la región: irrigación y ganadera, por ejemplo. Las presas de capacidad media tienen que permanecer en estado de alerta ante un posible desbordamiento (por ejemplo, la segunda presa en importancia en el Estado de Hidalgo durante el mes de octubre, 1997). Con la recarga de las presas en invierno se debe de considerar la perspectiva de condiciones de sequía en verano (de prevalecer El Niño) por lo que se puede considerar la posibilidad del uso racional del agua almacenada.

En las regiones urbanas, es importante prever para el invierno las posibles inundaciones por lluvias intensas, dependientes del estado del servicio de alcantarillado. Si en el verano se presentan condiciones de sequía, es importante considerar la educación urgente a la población y a las industrias para un uso racional del agua.

Durante los veranos bajo condiciones de fuertes Niños, es fundamental prevenir los incendios forestales. Además de difundir las medidas de seguridad entre los grupos de productores agrícolas que queman parte de los bosques, es importante difundir las medidas de alerta por la posibilidad de incendios naturales.