

EL FENÓMENO DE EL NIÑO Y SUS IMPACTOS

Uno de los mayores retos en las ciencias atmosféricas ha sido entender los cambios que anualmente se producen en el clima. Condiciones extremas son, por ejemplo, los periodos de secas, que en ocasiones han producido cosechas pobres, hambruna y migraciones masivas. Hoy en día, no sólo la agricultura se ve afectada por la variabilidad en el clima, sino también otras actividades económicas —generación de energía eléctrica, pesca e incluso la salud.

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*. Es común escuchar que la sequía es consecuencia de *El Niño*, que el huracán *Paulina* se debió a que estamos en año de *Niño*, las lluvias en Tijuana y otras. Pero, ¿hasta qué punto realmente *El Niño* es culpable de tales fenómenos? ¿Las tragedias descritas en los noticieros pudieron haber sido previstas y, consecuentemente, prevenidas? Para contestar es necesario analizar qué sabemos sobre el sistema climático en general, y sobre el fenómeno de *El Niño* y sus impactos en México en particular.

Ya desde el siglo pasado, científicos y adivinos intentaban pronosticar. Por ejemplo, el monzón de verano en la India ha sido parte de la vida misma de ese país; por ello los ingleses —con grandes intereses en la zona— iniciaron estudios sobre su predicción. Utilizando los datos disponibles en ese tiempo, como la presión atmosférica en superficie, el científico Gilbert Walker encontró que cuando la presión en superficie en Darwin, Australia, era en promedio más baja de lo normal, en el océano Pacífico central era más alta que normalmente (en Tahití, por ejemplo). Esta especie de sube y baja en la presión, con periodos de dos a cuatro años, se denominó Oscilación del Sur (Fig. 1).



V í c t o r M a g a ñ a , J o s é L u i s

Por su parte, los pescadores de las costas del Perú encontraron que en ciertos años las aguas donde trabajaban estaban más calientes de lo normal, lo que ocasionaba que la pesca fuera pobre. Como la anomalía en la temperatura del océano alcanzaba un máximo hacia finales de año, los hombres de mar asociaron esta especie de corriente de agua caliente con la llegada del niño Jesús, por estar próxima la Navidad.

En los años 50 y 60, el meteorólogo Jacob Bjerknes estableció que la llamada Oscilación del Sur y la corriente de *El Niño* eran parte de un mismo fenómeno climático, que involucraba interacciones de la atmósfera y el océano Pacífico tropical. Desde entonces se han desarrollado muchas teorías para explicar el origen del ahora llamado fenómeno de *El Niño*/Oscilación del Sur. Aquellas que parecen física y dinámicamente más plausibles son

las que involucran formas de inestabilidad en la interacción del océano y la atmósfera, que corresponden a ondas ecuatoriales. Sin embargo, existen otras teorías menos posibles, las cuales proponen que *El Niño* puede ocurrir debido a fluctuaciones en la actividad solar o en la actividad volcánica terrestre. Aunque tienen menor aceptación en la comunidad meteorológica, mientras no contemos con una teoría completa que permita explicar a *El Niño*, éstas deben ser consideradas.

En el Pacífico tropical, los vientos dominantes cerca de la superficie provienen del este y se denominan alisios, y tienden a acumular el agua más caliente hacia el lado oeste, alrededor de la región de Australia e Indonesia (Fig. 1a). Por ser elevada la temperatura de superficie del mar (>28°C), el aire es más ligero y forma una atmósfera inestable en la que hay gran formación de nubes y llu-

LA OSCILACIÓN DEL SUR. EN MÉXICO



P é r e z y C e c i l i a C o n d e

vias intensas. En cambio, el Pacífico tropical del este es más frío ($<25^{\circ}\text{C}$), por presentarse surgencias de agua del fondo del océano. Sus aguas son ricas en nutrientes, razón por la cual algunas de las pesquerías más ricas en el mundo se encuentran frente a las costas de Perú. Sin embargo, la presencia de aguas relativamente frías inhibe la formación de nubes profundas, por lo que se tiene poca lluvia en las costas de Perú y Chile.

Durante años de *Niño*, los vientos alisios en el Pacífico se debilitan; así, las aguas más calientes del Pacífico tropical se esparcen a lo largo del ecuador (Fig. 1b). Aunque no parece un gran aumento en la temperatura del Pacífico del este ($\sim 2^{\circ}\text{C}$), la cantidad de energía (calor) involucrada sí aumenta, y de ahí los cambios que se dan en el clima global.

Con la aparición de una zona de agua caliente en el Pacífico central y del este,

aparecen nubes cumulonimbus profundas y precipitaciones intensas sobre esta parte de los trópicos. Tal corrimiento en los patrones de lluvia no se debe a mayor evaporación *in situ*, sino a mayor convergencia de humedad en la región. Con tales cambios, donde antes llovía poco (por ejemplo, en las islas del Pacífico del este o Perú) ahora se producen lluvias intensas e incluso inundaciones, mientras que donde antes llovía mucho lloverá menos y habrá sequías, como en el Pacífico del oeste (Indonesia, norte de Australia...).

En los últimos años se ha encontrado que *El Niño* puede alterar el clima de regiones tan distantes como Estados Unidos o Sudáfrica. Por ejemplo, la influencia de *El Niño* se siente en el nordeste del Brasil, donde se producen sequías intensas, con el consecuente impacto en la agricultura. En Australia, la agricultura y ganadería también resultan afectadas por la

sequía, mientras que en California se establecen planes de prevención de desastres ante las fuertes lluvias de invierno y las inundaciones que provocan. Los costos se calculan en cientos de millones de dólares.

Pero no se piense 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 se han adaptado a tales extremos en el clima. Quizá hoy estos fenómenos causen más preocupación por afectar a más personas. Es natural; el desmedido aumento de la población ha obligado a establecer asentamientos en zonas que pueden ser muy afectadas por fenómenos naturales; así, la posibilidad de que un huracán cause daños a un núcleo de población es mayor si existe más gente viviendo en laderas de cerros o en lechos de ríos.

Además de *El Niño*, también se habla de su contraparte, *La Niña*, que corresponde a anomalías negativas en la temperatura superficial del Pacífico tropical del este. Al parecer, *La Niña* provoca eventos climáticos contrarios a los experimentados durante *El Niño*. Por ejemplo, en Australia o Indonesia en vez de sequía durante *El Niño*, lloverá más de lo normal. Sin embargo, aún no es claro que los efectos en el clima de otras regiones sean “simétricos” entre periodos de *El Niño* y *La Niña*. Al parecer, esta última resulta en un regreso a lo que consideramos las condiciones climáticas normales.

Se sabe que aunque el clima durante años de *Niño* tiende a ser anómalo en cierta dirección (más o menos lluvias, huracanes y otros), hay grandes variantes en las respuestas climáticas de un año de *Niño* a otro, por lo que se habla de la no linealidad del sistema océano-atmósfera.

Por otra parte, a un evento de *El Niño* no siempre sigue uno de *La Niña*, mostrando la no periodicidad de este fenómeno. Esto resulta en serias complicaciones para la predicción del clima.

LOS IMPACTOS EN MÉXICO

Fenómenos meteorológicos

En nuestro país el fenómeno de *El Niño* tiene grandes repercusiones. De manera general podemos decir que las lluvias de invierno en años de *Niño* se intensifican —como ocurrió durante los inviernos de 1982-1983, 1986-1987 y 1991-1992 (ver tabla)— y se debilitan durante los correspondientes veranos. Lo opuesto ocurre aproximadamente durante años de *La Niña*.

En inviernos de *El Niño*, la corriente en chorro de latitudes medias se desplaza hacia el sur, provocando una mayor incidencia de frentes fríos y lluvias en las zonas norte y centro de México. El impacto de *El Niño* en las lluvias de invierno no es siempre el mismo, principalmente cuando se analizan los cambios a nivel regional. Eventos como el de 1986-1987 parecen haber resultado en sólo un ligero aumento de las lluvias del centro del país. Incluso *El Niño* de 1982-1983, aunque produjo lluvias invernales por encima de lo normal, tuvo un impacto aparentemente menor al del invierno de 1991-1992. Regiones como Baja California Norte o Sinaloa han experimentado algunas de las mayores inundaciones durante años de *Niño*. La intensidad del más reciente permitió que las lluvias torrenciales de invierno en Baja California fueran pronosticadas desde mediados de 1997.

Durante veranos de *El Niño*, las lluvias en la mayor parte de México disminuyen (ver tabla), por lo que la sequía aparece. 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 permanece alejada y las lluvias de verano no ocurren como se espera. Por el contrario, en años de *Niña* las lluvias parecen estar por encima de lo normal en la mayor parte de México, pero

Escuchamos que la sequía es consecuencia de El Niño, que Paulina se debió a que estamos en su año, pero ¿hasta qué punto realmente El Niño es culpable de tales fenómenos?

especialmente en la costa del Pacífico.

En verano, el país se ve afectado por huracanes; en años de *El Niño* aumenta su número en el Pacífico, mientras que disminuye en el Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México. Tal relación tiende a

revertirse durante años de *Niña*. Pero no es claro en qué parte del océano se formarán los huracanes y si tenderán a seguir trayectorias cercanas o alejadas de las costas mexicanas. Al parecer, la anomalía de agua caliente que ocurre en el Pacífico del este resulta en una mayor dispersión en la génesis y trayectorias de huracanes. Dicha anomalía puede alcanzar las costas mexicanas, aumentando la intensidad de los huracanes como parece haber sucedido con *Paulina*. Sin embargo, no se puede afirmar que la trayectoria seguida por éste 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 por las costas de nuestro país.

Los impactos económicos

En los años 1982-1983 los efectos de *El Niño* fueron severos, provocaron sequías, incendios y pérdidas estimadas en cerca de 600 millones de dólares en las economías de México y Centroamérica. Durante los años 1991-1995 se estableció un periodo de *Niño* que, si bien no fue tan intenso como el mencionado, coincidió con una de las sequías más prolongadas en el norte de México. Ésta produjo problemas internos y externos por el uso de agua en las presas. Los reclamos por agua en la Presa de El Cuchillo o los conflictos con Estados Unidos por el líquido del Río Bravo fueron noticias de primera plana durante varios días.

El Niño más reciente provocó una disminución en las lluvias y, de acuerdo a cifras oficiales, se perdieron más de dos millones de toneladas de granos básicos y se produjeron daños por cerca de ocho mil millones de pesos. Lo anterior no incluye los efectos de las lluvias de Tijuana.

Un mayor conocimiento de los impactos del fenómeno de *El Niño*

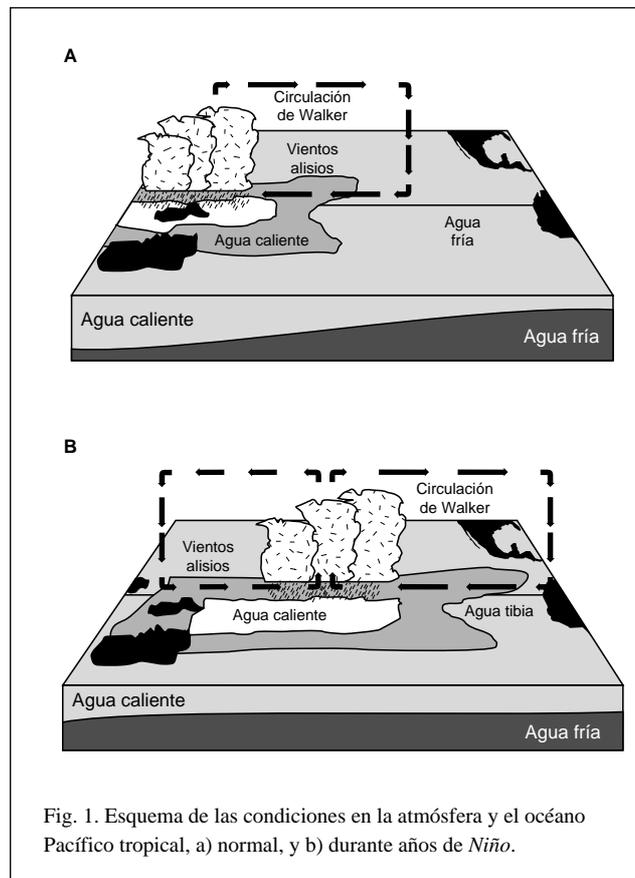


Fig. 1. Esquema de las condiciones en la atmósfera y el océano Pacífico tropical, a) normal, y b) durante años de *Niño*.



en las lluvias y, por tanto, en la disponibilidad de agua permitiría un mejor manejo de este recurso. Así, el hecho de que en inviernos de *Niño* haya más precipitación —principalmente en la región norte de nuestro país— permitiría administrar el agua de las presas. Existen también impactos de *El Niño* en pesquerías, salud y otras áreas, que apenas comienzan a ser estudiados. Condiciones de mayor humedad y calor en ciertas partes de Sudamérica y Centroamérica

parecen ser propicias para que surjan epidemias de cólera o paludismo.

Para este 1997 y 1998 se ha detectado el desarrollo de uno de los eventos de *El Niño* más intensos de que se tiene registro. Muchos países han tomado acciones preventivas ante los posibles impactos negativos, pero también para aprovechar los positivos.

Además de un constante monitoreo sobre el clima, se ha comenzado a emitir

pronósticos sobre la ocurrencia y evolución de *El Niño*, utilizando modelos de circulación del océano o técnicas estadísticas que toman en cuenta los cambios de temperatura superficial del mar que se dan en los últimos meses. Aunque al principio existía cierta discrepancia entre los resultados que los modelos entregaban, poco a poco parecen comenzar a mejorar y a volverse más precisos. Se ha desarrollado incluso un Instituto Mundial para Estudios de *El Niño* (*International Research Institute*) que coordina investigaciones de predicción, no sólo en lo que se refiere a la temperatura superficial del mar, sino también a los impactos que tendrá el fenómeno en otras regiones del planeta, tanto en temperatura como en precipitación.

La demanda de productos climáticos ha aumentado considerablemente. Productores agrícolas, aseguradoras, consorcios pesqueros, compañías generadoras de energía, etcétera, tienen gran interés en conocer cuáles serán las condiciones climáticas probables, para considerarlas como elemento adicional de planeación.

PREDICTIBILIDAD

Los límites en la predictibilidad del tiempo están impuestos por la naturaleza no lineal y a veces caótica del sistema atmosférico. El límite de dos semanas para pronósticos explícitos globales —como lo sugirió Edward Lorenz— es un valor generalmente aceptado.

En principio sólo sería posible pronosticar de manera determinística las condiciones de la atmósfera a menos de 15 días, lo cual hace imposible efectuar predicciones climáticas del tipo de las que se hacen para el tiempo atmosférico. Es por ello que el problema del pronóstico del clima debe ser analizado en su dimensión real. Por ejemplo, en predicciones a corto plazo (uno o dos días) se desea conocer en qué regiones del país lloverá o hará frío, dando valores a cada una de estas variables de manera precisa en el espacio y tiempo. Entre más corto sea el plazo de pronóstico, mayor es la precisión alcanzada.

Región	Invierno		Verano	
	Niño	Niña	Niño	Niña
Baja California N.	50%	-25%	70%	-10%
Baja California S.	50%	-25%	0%	- 5%
Coahuila	150%	-50%	20%	10%
Chiapas	40%	-50%	-30%	20%
Chihuahua	70%	-30%	-10%	0%
Durango	90%	-80%	-20%	0%
Guerrero	110%	-90%	-30%	10%
Jalisco	150%	-50%	-30%	10%
Michoacán	260%	-90%	-30%	10%
Nuevo León	130%	-20%	-20%	30%
Oaxaca	10%	10%	-50%	10%
Sinaloa	50%	- 5%	-10%	5%
Sonora	40%	0%	-20%	0%
Tabasco	0%	0%	-10%	0%
Tamaulipas	190%	30%	-10%	30%
Veracruz	20%	-10%	-10%	10%
Yucatán	50%	-40%	-20%	10%

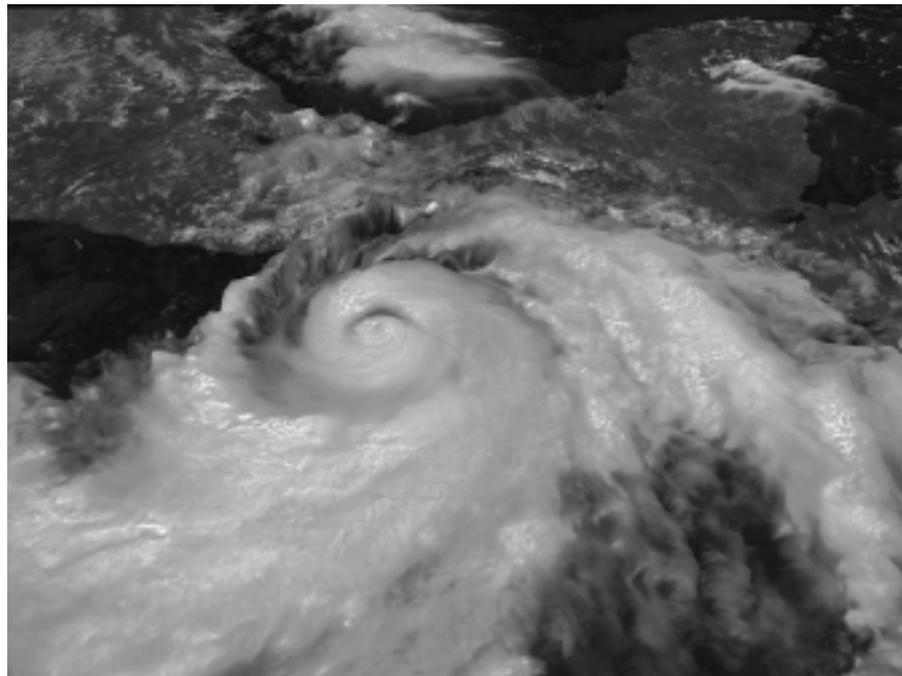
El de largo plazo (climático) sólo trata de determinar en qué porcentaje se verán afectadas las condiciones en una cierta región del planeta. Así, en predicciones del clima se habla de anomalías, ya sea en lluvia, temperatura, etcétera. Tal información resulta de gran valor. En la mayoría de los casos se trabaja en un sentido probabilístico, a partir de la historia del clima de los últimos 50 años. Sin embargo, también se trabaja en comprender la circulación de la atmósfera y los mecanismos que la controlan, para de esta manera entender —desde el punto de vista físico— lo que la estadística sugiere. La naturaleza no lineal del sistema climático nos obliga a utilizar modelos numéricos para estudiar el clima.

En México estamos comenzando a trabajar en el desarrollo de esquemas de pronóstico a largo plazo. Para ello se realizan investigaciones con datos históricos, modelos dinámicos y campañas de observación que permiten definir de manera más adecuada los impactos de *El Niño* en el país. El mayor interés radica en explicar por qué no todos los fenómenos de este tipo resultan en las mismas anomalías climáticas. No es necesario esperar a conocer perfectamente todos los detalles de algún proceso climático para realizar pronósticos y hacer uso de ellos. Sí es importante conocer cuáles son las limitaciones de tales pronósticos, para no crear falsas expectativas.

Aunque existe una gran necesidad de saber con suficiente anticipación si habrá más huracanes afectando las costas mexicanas, lo más que podremos decir es si se esperan más sistemas de este tipo en esta parte del mundo, pero de ninguna manera si Acapulco sufrirá de nuevo el embate de un huracán como *Paulina*. Lo más importante es aplicar el principio de precautoriedad, aumentando las medidas de protección.

ACCIONES DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

La vulnerabilidad del país ante eventos muy fuertes de *El Niño* está en relación inversa con:



National Geographic

1. La difusión y comprensión de los pronósticos climáticos,
2. La capacidad técnica para aplicar medidas preventivas, y
3. La disponibilidad de recursos financieros para aplicar esas medidas

Brasil y Australia son ejemplos en cuanto a acciones estratégicas 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*.

En México ya pueden considerarse algunas acciones preventivas. Por ejemplo:

En la planeación de actividades de agricultura, contemplar como elemento de juicio los pronósticos de lluvias basados en información de *El Niño*.

Con la recarga de las presas en invierno se puede sugerir su administración en función de las prioridades productivas de la región (irrigación y ganadería, por ejemplo). Las presas de capacidad media tienen que permanecer en estado de alerta ante un posible desbordamiento. Con la recarga de las presas en invierno se debe evaluar la perspectiva de condiciones de sequía en verano (de prevalecer *El Niño*), revisando la posibilidad del uso racional del agua almacenada.

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

Durante los veranos bajo condiciones de fuerte *Niño*, 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 también necesario difundir las medidas de alerta por la posibilidad de incendios naturales.

Víctor Magaña, José Luis Pérez y Cecilia Conde
Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

Grabados tomados del libro de Camille Flammarion. *L'Atmosphère. Description Des Grands Phénomènes de la Nature*, París, 1873.

Agradecimientos.

Expresamos nuestro agradecimiento al señor Rodolfo Meza, por su apoyo en la búsqueda de información sobre *El Niño* y sus impactos. Este trabajo ha sido apoyado financieramente por el proyecto PAPIIT-IN100697.