

Sección II
La vida y las épocas
de los episodios El Niño

4 La biografía de El Niño

La circulación atmosférica en la dirección de occidente a oriente en la región del Pacífico Ecuatorial puede verse, por analogía, como una estufa instalada en una sala cerrada (Figura 4.1). Tribbia (1995, pp. 59-60) describe el proceso de la siguiente manera:

La estufa en la esquina de la habitación está calentando una porción de aire en esa sala; el aire calentado es más liviano y se eleva al techo de la sala, cruza en forma lateral hacia la ventana donde se enfría. Luego baja, llega al piso y es aspirado de vuelta hacia la estufa.

La circulación atmosférica tropical opera en forma similar, si la estufa está en el extremo occidental de la cuenca del Pacífico. Para simular El Niño, sin embargo, tendría que moverse la estufa hacia la mitad de la sala. En esta situación, uno tendría un movimiento de elevación en la mitad de la sala y descendente en ambos extremos. La presión sería más baja en aquellas partes de la sala donde el aire caliente está subiendo. En la sala tipo El Niño existe una baja presión en el centro y presión más alta en los extremos. Los vientos fluyen desde la alta presión a la baja presión.

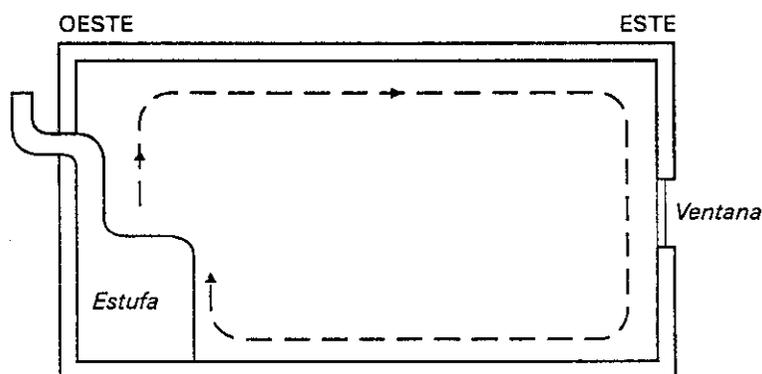


Figura 4.1. Diagrama esquemático simplificado de la circulación atmosférica global como la circulación de aire en una habitación cerrada. "El calentamiento de la atmósfera fuerza a un sistema de nubes (denominado celda convectiva). Aire superficial fluye a lo largo de la base (de derecha a izquierda), es calentado dentro de la celda, se eleva y fluye de izquierda a derecha en la parte superior". (Gill y Rasmusson, 1983). (de Ghil y Childress, 1987.)

La Circulación Walker

Los científicos consideran que existen condiciones "normales" cuando predominan las siguientes interacciones aire-mar, en el Pacífico Ecuatorial. En la parte occidental de la cuenca del Pacífico cerca del Ecuador, existe una masa de agua muy caliente en la superficie del océano, que cubre un área de un tamaño cercano a la de Estados Unidos continental. Esa masa se extiende hacia abajo desde la superficie, a una profundidad de un par de cientos de metros, hasta la zona en el océano donde existe un agudo contraste de temperaturas entre las aguas cálidas de arriba y las aguas frías de abajo. Esta zona de agudo cambio de temperatura se denomina termoclina. El nivel del mar en el Pacífico occidental es más alto en unas pocas décimas de centímetro que en el borde

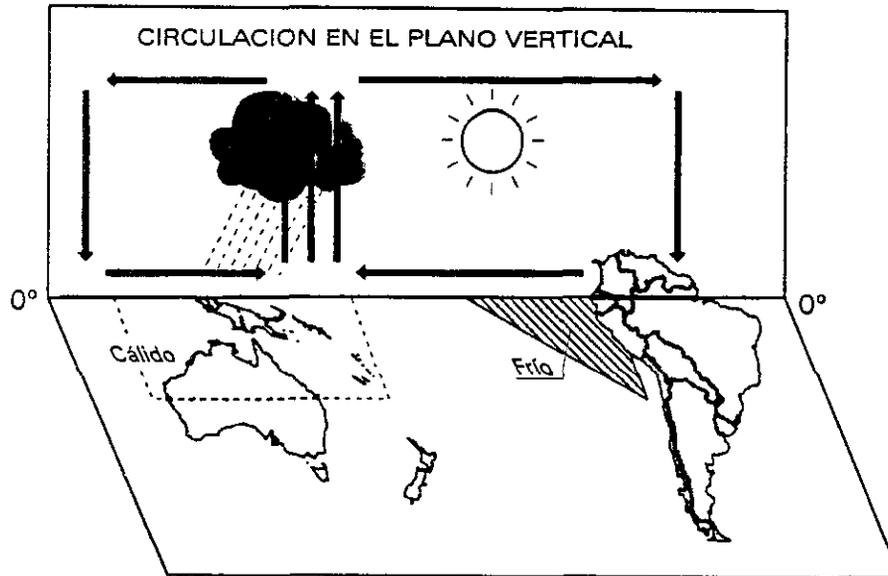


Figura 4.2. Esquema de la circulación Walker, corte latitudinal a la altura del ecuador que muestra las características oceánicas y atmosféricas en la fase "normal" (no - El Niño) de la Oscilación del Sur (de Nicholls, 1993b.)

oriental de la cuenca. Esto se debe a los fuertes vientos alisios que soplan hacia el occidente en la superficie del océano. Los vientos alisios tienden "a mover" (algunos dicen empujar) agua hacia el borde occidental de la cuenca del Pacífico. La gran masa de agua cálida en la parte ecuatorial occidental del océano Pacífico es una fuente importante de calor que tempera la atmósfera sobre ella. Este calentamiento hace que el aire se

eleve (generando convección) lo que, a su vez, produce nubes cargadas de lluvia. A medida que el aire calentado se eleva a niveles incluso más alto de la atmósfera, las diferencias de presión entre el Pacífico occidental y el Pacífico oriental mueven el aire ahora más frío hacia altitudes mayores (por ejemplo, a la tropopausa) y lo "empujan" hacia la parte oriental de la cuenca del Pacífico. El aire frío y seco en última instancia desciende sobre el Pacífico ecuatorial oriental. La regla fundamental es que el movimiento descendente de la atmósfera que se denomina (subsistencia) tiende a suprimir las condiciones en la región que podrían acarrear formación de nubes y en consecuencia precipitaciones, tal como se presenta en la Figura 4.2. El aire seco se mueve entonces hacia el occidente, cerca de la superficie de la tierra, como resultado de la acción del viento. Es entonces calentado por la superficie del océano, desde donde absorbe humedad.

Mientras tanto, en condiciones "normales" en la parte oriental del Pacífico ecuatorial, la termoclina está relativamente cerca de la superficie, en realidad tocando la superficie en el Hemisferio Sur en verano y en otoño, mientras que en el Pacífico Occidental está a una profundidad de alrededor de 200 metros. El nivel del mar en el oriente (este) también es varias décimas de centímetros más bajo que en la parte occidental de la cuenca. La surgencia es fuerte a lo largo de las costas del Ecuador, Perú y el Norte de Chile, haciendo que las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico Oriental sean considerablemente más frías que en la parte occidental. Esto tiende a reforzar los mecanismos atmosféricos inhibiendo la formación de nubes y precipitaciones en la región. La fuerza de los vientos en la región ecuatorial está fuertemente influenciada por las diferencias de presión a nivel del mar, tipo serrucho, a través de la región del Pacífico ecuatorial.

El Niño y la circulación Walker

Durante un evento El Niño, la circulación Walker se modifica en forma importante. Los vientos de superficie que soplan hacia el oeste a través de la cuenca del Pacífico ecuatorial se debilitan y en el oeste ellos se invierten. Esto permite que el agua de la masa cálida en el oeste se extienda hacia el este. A medida que el agua cálida se extiende hacia el este, el nivel del mar en el oeste comienza a disminuir, mientras que el nivel mar en el este aumenta. Con la disminución de los vientos alisios las aguas superficiales del Pacífico central y oriental se hacen más cálidas. A medida que se produce esto, la profundidad de la termoclina también comienza a cambiar, desplazándose hacia la superficie en el Pacífico occidental y profundizándose en el Pacífico ecuatorial central y

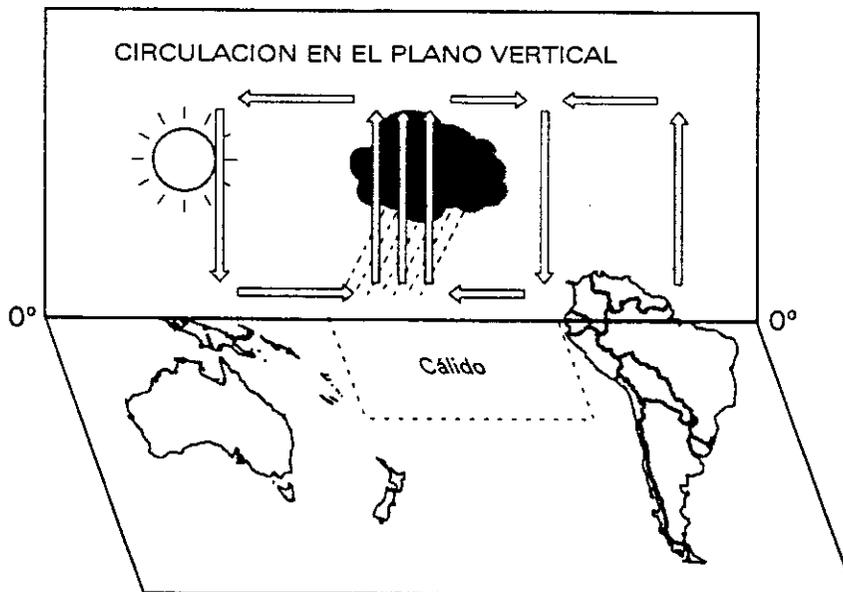


Figura 4.3. Esquema de la circulación Walker, corte latitudinal a la altura del ecuador que muestra las características oceánicas y atmosféricas en la fase EL NIÑO de la Oscilación del Sur. (de Nicholls, 1993b.)

oriental. A medida que la termoclina se aleja de la superficie a lo largo de la costa peruana, la surgencia continúa, pero el agua que ha sido llevada a la superficie es más cálida y menos rica en nutrientes.

Mientras tanto, el agua en el Pacífico ecuatorial occidental, se hace unos pocos grados más fría, a medida que se calienta el agua en el Pacífico central y oriental. Debido a que una actividad convectiva sigue a las aguas cálidas en la superficie del mar, las nubes aumentan en el Pacífico central y oriental, mientras que declinan en el occidental. Este desplazamiento en la actividad de convección

produce las sequías en Australia e Indonesia, los tifones en el Pacífico central y densas lluvias a lo largo de la costa normalmente árida de Perú (Figura 4.3.). Estas condiciones pueden durar de 12 a 18 meses, hasta que los vientos de superficie otra vez comiencen a reforzarse y a soplar hacia el oeste, haciendo que el agua cálida fluya de vuelta hacia la región de la masa cálida del Pacífico occidental. Los niveles del mar en ambos extremos de la cuenca comienzan a cambiar de dirección, al igual que lo hace la profundidad de la termoclina, no visible, pero muy importante. Retorna la surgencia fuerte al ecuador y a lo largo de la costa del Perú.

Las figuras 4.2 y 4.3 respectivamente, presentan la interacción occidente a oriente entre la atmósfera y el océano en el Pacífico ecuatorial bajo condiciones "normales", y bajo las condiciones El Niño. No se conoce bien el momento preciso de inicio de un evento El Niño en particular, aunque existen varias hipótesis respecto a la forma de cómo detectarlo. Sin embargo, una vez que comienza, los procesos que lo mantienen, como también los procesos que lo terminan, se conocen mejor. De hecho, una vez que El Niño ha comenzado, los científicos suelen tener una buena idea de sus secuencias, incluyendo su desaparición.

El proceso El Niño en el tiempo

Las fases de El Niño

Las primeras investigaciones parecían sugerir que existía sólo una clase de El Niño. Este comenzaría a lo largo de la costa oriental de Sudamérica cuando las temperaturas de la superficie del mar aumentarían y se propagaría al occidente hacia el Pacífico Central. Este panorama de El Niño, sin embargo, puede haber sido falso debido a que se elaboró promediando juntos varios eventos El Niño. El promediar resta cualquiera indicación de cómo y en qué forma fue único cada evento, si se compara con cada uno de los otros.

La figura 4.4. fue producida por los meteorólogos norteamericanos Eugene Rasmusson y Thomas Carpenter para definir lo que se denominó El Niño canónico (o sea, típico). El evento de 1982-83 se ha agregado a su figura original. El evento 1982-83 fue diferente en diversos aspectos de los anteriores presentados aquí, sugiriéndoles analizar en forma más estrecha las diferencias entre los eventos El Niño.

Jacob Bjerkens fue, por supuesto, el científico que reconoció que la interacción océano-atmósfera era responsable por la generación de El Niño. Mi idea de que El Niño es un relajamiento del calor del océano Pacífico ecuatorial se expande en su trabajo y enfatiza la importancia de la circulación del océano en este proceso. La masa cálida del Pacífico occidental aumenta lentamente en tamaño y profundidad, debido a que la circulación oceánica no es capaz de eliminar todo el calor acumulado desde esta área. A medida de que aumenta la masa cálida la convección atmosférica comienza a moverse al este, hacia el Pacífico central, y los vientos asociados originan la onda Kelvin ecuatorial. Esta onda mueve el calor hacia el este [a lo largo del ecuador] y hacia los polos [a lo largo del límite oriental] y, de este modo elimina el calor del área de la masa cálida. Este proceso de relajamiento del calor determina la longitud de un ciclo El Niño.

Klaus Wyrtki, Universidad de Hawaii

Ahora que los científicos están observando en forma más estrecha cada evento específico, ellos pueden identificar las características que son similares, como también las que son exclusivas de cualquier evento dado. No es difícil ver, por ejemplo, que los eventos El Niño pueden formarse por lo menos, en dos formas diferentes, sobre la base de si las temperaturas de superficie del mar se calientan primero en el Pacífico ecuatorial oriental o en el Pacífico ecuatorial central. Tal información puede ayudar a identificar las diversas formas que pudiera adoptar un evento El Niño.

Tal como lo muestra la figura 4.4, los eventos El Niño tienen un ciclo de vida. Rasmusson y Carpenter identificaron varias etapas de desarrollo de El Niño: preludeo, gestación, apogeo, transición y madurez. Los componentes de este ciclo de vida se presentan en la figura 4.5., la que se basó en el conjunto de eventos El Niño que se produjeron antes de 1982-83, el mismo grupo de eventos que ellos emplearon para definir a El Niño canónico.

Con el conocimiento, después de 1982-83 que los eventos de El Niño pueden comenzar en diferentes épocas del año, el asociar las fases del ciclo de vida a meses específicos del año se hizo más problemático. Algunas

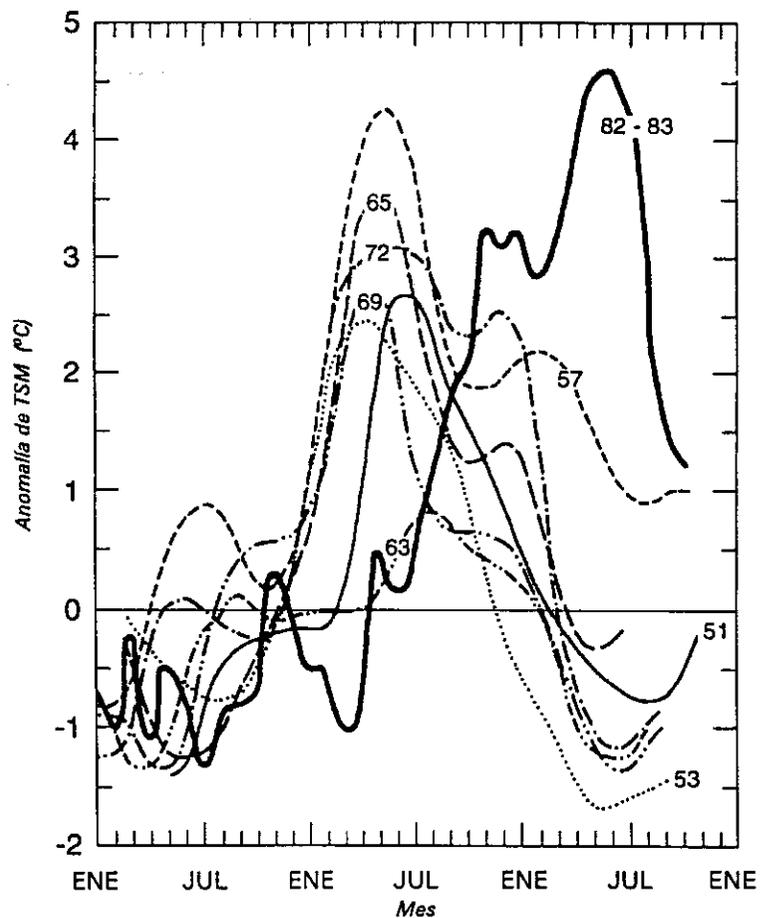


Figura 4.4. Patrón de anomalía de temperaturas superficiales del mar (TSM) de diferentes eventos EL NIÑO. La secuencia de el evento EL NIÑO 1982-83 no concuerda con las curvas de los eventos EL NIÑO anteriores (de Rasmusson y Carpenter, 1982.)

veces, el calentamiento a lo largo de la costa peruana se producía antes del calentamiento en el Pacífico central, y otras veces después.

Aunque existen diferentes tipos de eventos El Niño sobre la base de su período de inicio y ubicación de aumentos anómalos en las temperaturas de superficie del mar, todavía evolucionan en forma similar, experimentando la misma secuencia del ciclo de vida desde el crecimiento hasta el debilitamiento. El meteorólogo australiano Neville Nicholls caracterizó el proceso El Niño empleando expresiones ligeramente diferentes:

Una fase precursora, la fase de inicio, una fase en que las condiciones anómalas crecen y maduran y una fase durante la cual aquellas condiciones anómalas se debilitan (Nicholls, 1987).

- *Fase precursora.* Uno pudiera discutir que la fase precursora comienza a fines de un evento de fase fría, cuando las temperaturas de la superficie del mar han vuelto a casi normales, por lo general a continuación de, y seguida por un evento frío extremo.

Supongamos que la fase precursora comienza justo después de la culminación de la fase fría. Por razones que no se comprenden bien, los fuertes vientos que soplan hacia el oeste (los vientos alisios) comienzan a debilitarse, el nivel del mar en el Pacífico occidental alcanza su máximo, y el nivel del mar a lo largo de la costa occidental de Sudamérica alcanza su mínimo para ese ciclo. Con el debilitamiento de los vientos de superficie que soplan hacia el occidente, la surgencia ecuatorial y costera comienza a reducirse y las temperaturas de superficie del mar en el Pacífico ecuatorial central y oriental comienzan a elevarse. Esta es la fase de transición, el cambio desde un evento frío hacia un evento cálido de magnitud desconocida.

- *Fase de inicio.* Alrededor de diciembre de cada año (el comienzo del verano peruano), se produce una relajación estacional de los vientos mar afuera de las costas de Perú y Ecuador. En ese momento, la surgencia de agua fría a lo largo de la costa disminuye, y se calienta el agua de la superficie durando hasta marzo o algo así. Si el calentamiento estacional continuase hasta abril y mayo, es probable que el inicio de un evento cálido de cierta magnitud ya se encontrase en desarrollo. No obstante, los inicios de algunos eventos El Niño (por ejemplo, 1982-83) se han producido más tarde en el año (después de agosto), cuando las temperaturas de superficie del mar ya han vuelto a lo normal en abril después del calentamiento estacional.
- *Fase del Crecimiento y Madurez.* A medida que avanzan los meses, la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial central y oriental se hacen cada vez más cálida, la surgencia deja de acarrear agua fría ricas en nutrientes a la zona iluminada por el sol de la superficie oceánica. La presión a nivel del mar en el Pacífico sur (cerca de Tahiti) disminuye, y aumenta la presión en Darwin. Con el debilitamiento de los vientos que soplan hacia el oeste y el reforzamiento de los vientos que

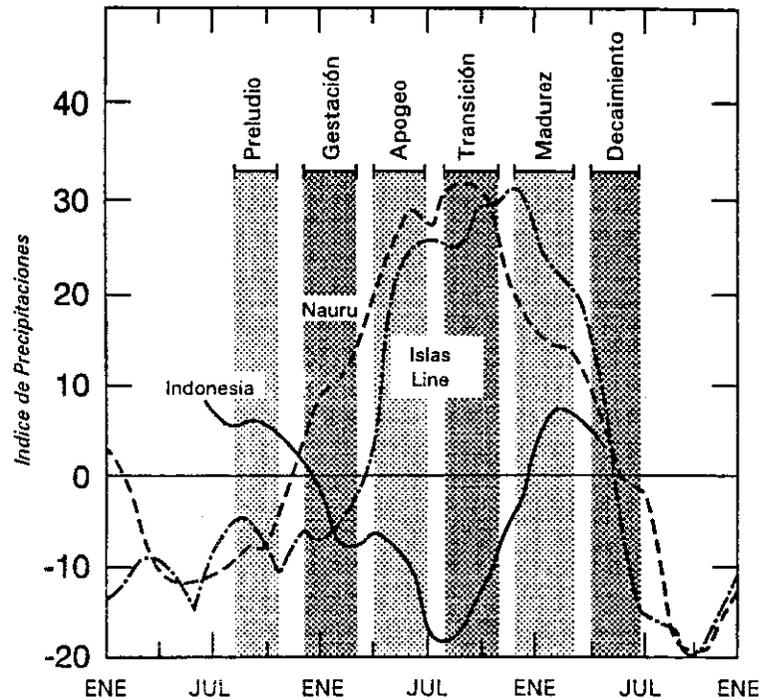


Figura 4.5. Desarrollo en el tiempo de las precipitaciones en tres lugares del océano Pacífico Ecuatorial: cerca de Nauru (167°E), y en las Islas Line (cerca de 160°W) durante los eventos EL NIÑO anteriores a 1980. Nótese el desfase entre las anomalías de precipitaciones en Indonesia y Nauru, y el movimiento hacia el este de la anomalía desde Nauru a las Islas Line. Las precipitaciones siguen la propagación hacia el este de las aguas superficiales anormalmente cálidas en el Pacífico Ecuatorial (de Tomczak y Godfrey, 1994.)

soplan hacia el oriente, el área cubierta por el agua con la superficie calentada se expande en el Pacífico central y oriental. Las anomalías de temperatura de superficie del mar pueden aumentar, desde 1°C a 4°C o más (tal como sucedió en 1982-83). El nivel del mar en el Pacífico occidental disminuye unas pocas décimas de centímetros, mientras que aumenta el nivel del mar en el Pacífico ecuatorial oriental.

- *Fase de decaimiento.* Esta fase comienza una vez que se han alcanzado las máximas temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial central y oriental, y las temperaturas de la superficie comienzan a responder a los cambios en la dirección y velocidad del viento a través de la cuenca. La termoclina comienza a moverse en la dirección opuesta (una vez más para hacerse más profunda en el Occidente y más somera en el Oriente), y la masa de agua cálida comienza a engrosarse en la parte occidental de la cuenca.

Los vientos que soplan hacia el occidente, otra vez comienzan a reforzarse y se debilitan los vientos que soplan hacia el oriente. Comienza a reforzarse la surgencia costera y ecuatorial, que acarrea más agua profunda y fría hacia la superficie del océano. Y comienza otra vez el ciclo (o sea, la oscilación) hacia el inicio de una fase fría.

Con frecuencia los científicos se refieren al año del inicio real de El Niño como el año 0, al año anterior como -1 y al año siguiente del inicio como el año +1. Unos pocos cambios ambientales claves requieren monitoreo: las temperaturas de la superficie del mar, los vientos, el nivel del mar, la presión a nivel del mar y la termoclina. Sin embargo, los procesos en el océano Pacífico y en la atmósfera y los resultados de sus interacciones son bastante complicados. Algunos científicos pueden favorecer la observación de los cambios de las temperaturas de la superficie del mar en un área específica como el indicador clave de un evento El Niño, mientras que otros consideran el monitoreo de los vientos de superficie como más importante, e incluso otros se centran directamente en la Oscilación del Sur.

No existe tan sólo un tipo de El Niño. Los eventos El Niño que los científicos han considerado como típicos (i.e., aquellos que se produjeron en los años posteriores a la guerra hasta 1982) son diferentes en varios aspectos de aquellos posteriores a 1982. Así, a pesar del avance hecho en la comprensión del fenómeno El Niño en general, ha sido difícil para los científicos identificar el tiempo preciso de inicio o de decaimiento de un evento cálido o de un evento frío, o el alcance geográfico o intensidad de ambos. Los investigadores eventualmente identificarán diversos tipos de eventos El Niño, generando con ello más confianza en los usuarios potenciales de la información de los pronósticos de El Niño.

Regiones El Niño

Los científicos han identificado cuatro regiones en el Pacífico ecuatorial que ellos consideran que requieren atención especial con respecto a las observaciones y monitoreo de los procesos El Niño. Estas se denominan Niño 1 a Niño 4. Sus ubicaciones aproximadas aparecen en la figura 4.6.

Cada región proporciona diferentes clases de información respecto a El Niño o a la Oscilación del Sur.

- El Niño 1 es la región de surgencia costera mar afuera de las costas de Perú y Ecuador. Es sensible a los cambios en el océano y en la atmósfera, tanto estacionalmente como en especial durante los episodios El Niño. Los procesos de surgencia costera en El Niño 1 son en especial sensibles a los cambios de la interacción océano-atmósfera en el Pacífico ecuatorial central y oriental.
- El Niño 2 representa la región de las Islas Galápagos del Pacífico ecuatorial. Los procesos de surgencia ecuatoriales en esta área también son sensibles a los cambios estacionales, como también a aquellos inducidos por El Niño, en el

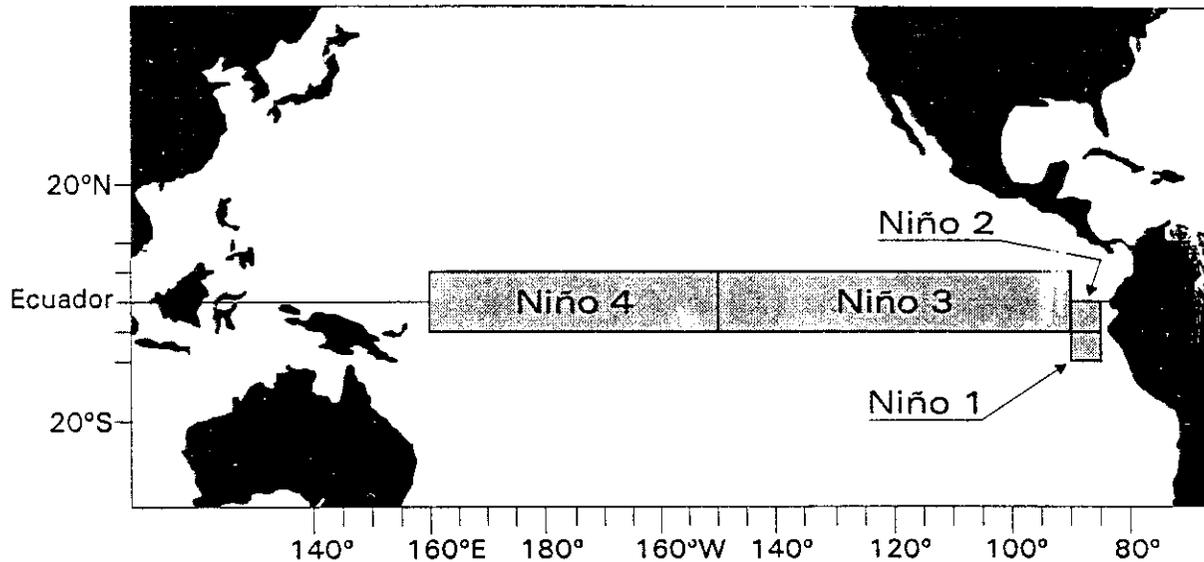


Figura 4.6. Mapa que muestra cuatro regiones (denominadas como NIÑO 1, NIÑO 2, etc.) en el océano Pacífico ecuatorial identificadas como importantes regiones para la vigilancia de los cambios de vientos y temperatura superficial del mar asociados con los procesos de El Niño.

ambiente marino. El Niño 2 es una zona de transición entre el Pacífico ecuatorial central y oriental, sensible a los cambios tanto en El Niño 1 como en El Niño 3, o ambos.

- El Niño 3 se encuentra en el Pacífico ecuatorial central, donde existe una gran señal El Niño, pero no hay gran sensibilidad a los cambios estacionales en la interacción océano-atmósfera. Es en esta región donde la información sobre los cambios en los vientos de superficie ha sido empleada por Mark Carne y Stephen Zebiak para proyectar el probable inicio de los eventos El Niño. De acuerdo con Cane (1991, pp. 357-8), "se cree que un calentamiento en esta región influye con fuerza en la atmósfera global. Probablemente, es el mejor indicador individual de un episodio ENOS que pudiera afectar al clima global".
- El Niño 4 abarca parte del Pacífico ecuatorial occidental conocido como la masa cálida. Aquí se encuentran las máximas temperaturas de superficie del mar en el Pacífico. Durante un evento El Niño, existe un cambio más bien pequeño en las temperaturas de superficie del mar. No obstante, ese cambio pequeño es importante, debido a que el agua más cálida y los procesos que producen nubes que tienden a seguirlo se mueven hacia el Pacífico Central.

Las Ondas en el Océano

Ocultas a la vista, las ondas existen en el interior del océano, desde varios metros a cientos de metros por debajo de la superficie del océano (o sea, una onda interna). Sin importar con cuánta fuerza uno pudiera tratar de evitar mencionar estas olas, una comprensión confiable de El Niño no puede obtenerse sin este análisis. Los científicos han identificado dos tipos de ondas internas: la onda Kelvin y la onda Rossby.

Las ondas Kelvin son creadas por los vientos que soplan sobre la superficie del océano desde el occidente a lo largo del ecuador. Antes que se desarrolle un evento cálido, aumentan los vientos que soplan hacia el oriente sobre el área de temperatura cálida de superficie del mar al oriente de Nueva Guinea (la región mencionadas por los científicos como la masa cálida).

Estas llamadas "explosiones de vientos del oeste" producen dos efectos: mueven el agua cálida hacia el oriente desde la masa cálida hacia el Pacífico ecuatorial central, generando las temperaturas cálidas de superficie del mar observadas allí y también producen ondas Kelvin,

El Niño y las Islas Galápagos

Las islas Galápagos, costa afuera de Ecuador, se encuentran en una zona de transición oceánica entre el Pacífico ecuatorial central y oriental. Las islas se ven directamente afectadas tanto por los eventos El Niño débiles como fuertes, ya sea que el agua cálida se forme inicialmente en el Pacífico central hacia la costa oriental de Ecuador y Perú, o que se forme inicialmente a lo largo del área costera hacia el Pacífico central.

Las islas Galápagos se consideran bastante exóticas en lo que se refiere a flora y fauna; es así que el área ha ganado notoriedad como atracción turística. En general, las islas están secas durante la mitad del año (junio a diciembre) y relativamente húmedas durante la otra mitad del año (enero a mayo). Esto permite que las poblaciones de aves marinas, iguanas marinas y terrestres, pingüinos (sí, los pingüinos existen en el Ecuador) y tortugas gigantes florezcan. Sin embargo, cuando se desarrolla un evento El Niño, cambia la flora y fauna en las islas. Algunos investigadores han observado que las Galápagos "están perfectamente ubicadas para detectar perturbaciones que se propaguen en la guía de onda ecuatorial" (ésta es la región en el océano Pacífico que está delimitada por las latitudes 5° S a 5° N) (Kogelschatz et al., 1985, p.96).

A medida que aumentan las temperaturas de superficie del mar durante un evento El Niño, lo mismo sucede con las precipitaciones. Durante el evento 1982-83 intensas lluvias cayeron sobre las Galápagos desde noviembre de 1982 a julio de 1983 (Kogelschatz et al., 1985, p.98). Por ejemplo, las precipitaciones en una de sus islas, Islas Santa Cruz, alcanzaron los 3.224 mm para el año, mientras que el promedio (1965-70) fue de 200 mm por año.

De acuerdo con los investigadores oceanográficos uno de los cambios más significativos que se produce en las Galápagos durante un El Niño es el agotamiento de los nutrientes en el agua. Al reflexionar sobre el evento 1982-83, algunos han observado "este agotamiento de nutrientes nuevos redujo necesariamente la nueva producción primaria... después de un período de tiempo la reducción en la nueva producción primaria debe haber causado reducciones proporcionales en el crecimiento y éxito reproductivo del zooplancton, peces, aves, y mamíferos marinos" (Kogelschatz et al., pp.119-21). En su reciente libro sobre la historia natural de las islas Galápagos, Michael Jackson habló de los efectos adversos durante El Niño 1982-83:

La vida en la tierra florece, pero las aves marinas, que dependen de las productivas aguas más frías pueden experimentar dramáticas fallas en la reproducción.... las colonias de aves marinas, tal como la colonia de piqueros de patas azules en la Española [una de las doce o más islas que componen el archipiélago de las Galápagos], temporalmente desaparecieron, los lobos marinos y las focas murieron de hambre, la vegetación creció exuberante, y los pinzones de Darwin fueron capaces de reproducirse a una velocidad inusualmente alta (Jackson, 1993, p.312)

M. H. Glantz

provocando un descenso de la termoclina y un aumento en la temperatura de la superficie del mar hacia el Pacífico oriental. Los cambios en la termoclina provocan pequeños cambios en el nivel del mar (los que se pueden medir por medio de satélite). Aunque la termoclina no puede medirse en forma directa por medio del satélite, los satélites pueden medir, como información "proxi" (indirecta) los cambios que han sido correlacionados con los cambios en la termoclina. Las ondas Kelvin pueden cambiar la profundidad de termoclina en unos 30 metros o más, y el nivel del mar en décimas de centímetros. En forma más específica, esto cambia el volumen de agua cálida en la masa cálida del Pacífico occidental, dado que la termoclina se hace más somera que lo normal, mientras que en la parte oriental de la cuenca, aumenta el volumen del agua cálida. Las ondas Kelvin son el mecanismo que se dice que es responsable de la noción popular de que el agua cálida

se mueve de un lado a otro (desde occidente al oriente y de vuelta) a través de la cuenca del Pacífico ecuatorial, tal como lo hace el agua en una tina de baño cada vez que la persona dentro de la tina se mueve.

El efecto neto de una serie de ondas Kelvin es que eleva la temperatura de la superficie del mar en forma sistemática sobre gran parte del Pacífico ecuatorial. La actividad de tormenta, que sigue al agua cálida y que por lo general está ubicada sobre Indonesia y la masa cálida también se mueve al oriente hacia el Pacífico central y occidental. Esto debilita aún más los vientos alisios a medida que la Circulación Walker se mueve hacia el oriente, provocando mayor calentamiento de la temperatura de superficie del mar, etc. Los científicos llaman a esta interacción un mecanismo de "realimentación positivo" entre la atmósfera y el océano, lo que resulta por último en condiciones El Niño.

Una onda Kelvin demora cerca de dos meses y medio en recorrer la cuenca del Pacífico, una distancia de un tercio la circunferencia de la Tierra. Una vez forzadas, las ondas Kelvin se mueven hacia el oriente, independientemente de la estación. Aunque se ha dado a entender que una onda Kelvin participa en el inicio de un evento El Niño, una onda Kelvin no necesariamente conduce a un evento El Niño.

Cuando la onda Kelvin llega a la costa de Sudamérica, genera ondas Kelvin costeras que se propagan tanto al norte como al sur a lo largo de las costas occidentales de Norte y Sudamérica. También genera lo que se conoce como una onda Rossby, una onda interna que se mueve al occidente y que viaja a un tercio de la velocidad de la onda Kelvin. Una onda Rossby demora cerca de nueve meses en cruzar el Pacífico. Las ondas Rossby deprimen la termoclina en la región del Pacífico occidental. Algunas personas creen que una onda Rossby comienza el proceso de decaimiento de El Niño, sugiriendo que el inicio de un El Niño lleva en sí la semilla de su propia destrucción. Mientras que tales ondas internas no son visibles a la vista, hay maneras de identificar su existencia empleando mediciones indirectas, tal como se sugiere en la Figura 4.7.

¿Un El Niño que se queda?

En forma muy reciente, algunos oceanógrafos declaran haber descubierto que los impactos de los eventos de El Niño sobre el ambiente oceánico no se disipan dentro de unos pocos años, tal como se había creído. Ellos han sugerido que las consecuencias de El Niño 1982-83 todavía se están sintiendo en el océano Pacífico noroccidental en forma tan reciente como en 1994 en la forma de una onda Rossby. Esta onda de movimiento muy lento, de acuerdo con los investigadores Gregg Jacobs y sus colegas (1994), ha afectado la ubicación de la extensión norte de Kuroshio, una corriente cálida en el Pacífico que funciona de manera similar al Gulf Stream en el Atlántico Norte. La Kuroshio determina, en gran medida, el clima de los países que bordean el Pacífico Norte. Se ha sugerido que esta onda Rossby "que se queda" ha empujado a la cálida

ubicación de la extensión norte de Kuroshio, una corriente cálida en el Pacífico que funciona de manera similar al Gulf Stream en el Atlántico Norte. La Kuroshio determina, en gran medida, el clima de los países que bordean el Pacífico Norte. Se ha sugerido que esta onda Rossby "que se queda" ha empujado a la cálida

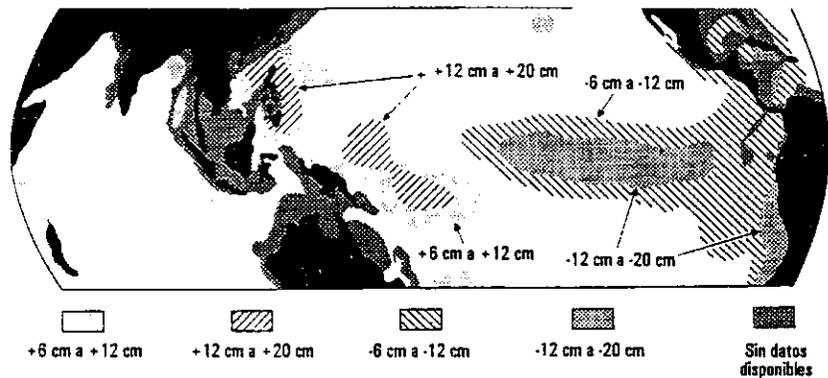


Figura 4.7. Cambios del Nivel Medio del Mar (NMM) entre 1987 y 1988 (datos de 1988 menos datos de 1987). Los científicos utilizan mapas como este para mostrar los cambios del NMM en el Pacífico entre un año El Niño (un evento cálido) y un año La Niña (un evento frío). Este mapa muestra como se recupera el NMM después de El Niño 1986-87 hasta llegar a su fase opuesta (NMM disminuye en el este después de estar alto en 1987 (El Niño) a estar bajo en 1988); en el oeste pasa de estar bajo en 1987 a estar alto en 1988. Estos cambios son similares al patrón de serrucho que se observa en la Oscilación del Sur. También es posible apreciar que la caída en el NMM está atrapada cerca del ecuador y a lo largo de la costa (en los cuales se desplaza hacia los polos en cada hemisferio). Estas señales ecuatoriales y costeras son características de las ondas de Kelvin (ondas internas). Es interesante destacar las conexiones a latitudes más altas implícitas por los cambios positivos del NMM en la parte occidental del Océano Pacífico (basado en Koblinsky *et al.*, 1992.)

Kuroshio más al Norte, afectando las temperaturas oceánicas y quizás los patrones meteorológicos del continente norteamericano también. Mientras que este punto de vista ha sido recibido con interés por parte de algunos investigadores, sigue siendo altamente especulativo, muy controversial y difícil de imaginar. La onda Rossby está allí; sin embargo su influencia no es clara.

Eventos Fríos

Los eventos cálidos (El Niño) son sólo parte del ciclo que se produce con respecto a los cambios de las temperaturas de la superficie del mar. Los eventos fríos (llamados por algunos investigadores La Niña) (consultar en el cuadro que aparece en la página 13) completan el ciclo, con eventos cálidos y fríos que aparecen, por lo general en los extremos del patrón tipo serrucho de la presión del nivel del mar, la Oscilación del Sur. Por lo tanto, es importante ver El Niño y los eventos fríos en conjunto como una parte del mismo fenómeno.

Durante los eventos fríos, disminuye en unos pocos grados Celsius la temperatura promedio de la superficie del mar en el Pacífico oriental y central. En la actualidad, los investigadores discuten que los eventos fríos por lo general producen anomalías meteorológicas y de clima en ubicaciones distantes que con frecuencia están opuestas a aquellas producidas en la misma región por El Niño. Por ejemplo, se cree que los eventos fríos están asociados con lluvias beneficiosas y con producción agrícola favorable en Indonesia, Australia y noreste de Brasil, mientras que El Niño ha sido asociado con sequía en estas regiones.

Los investigadores en su mayor parte han demostrado menos interés en los eventos fríos que en El Niño. Quizás esto se deba a que tales eventos están asociados con períodos de condiciones meteorológicas y de clima que se perciben como normales en diversas regiones. Sólo un evento frío se produjo entre 1975 y 1988. La escasa ocurrencia en ese período probablemente ha reforzado la falta de interés en las consecuencias potenciales de los eventos fríos.

Desde la perspectiva de los impactos en la sociedad, también pareciera que los eventos fríos, o más precisamente, cualquier cosa que no sea una situación El Niño, por lo general se ha considerado "normal". Esta posición, al menos para el público, se ve reforzada por declaraciones en los medios de difusión tales como "El Niño está terminando y las condiciones meteorológicas volverán a lo normal".