

# **Adversos climáticos**

**El evento El Niño y sus efectos.**

*Lino R. Naranjo Díaz*

*Unidade de Observación e Predicción Meteorolóxica de Galicia*

**Marzo 2002**

## **Introducción**

En la vida moderna actual, estamos ya acostumbrados a sentarnos frente a nuestros Televisores, como una ventana que día a día se abre para enseñarnos todo lo que acontece en nuestro Planeta. Así, pasan por delante de nuestras miradas escenas de terremotos, lluvias intensas, plagas y un sin número de catástrofes en lugares, a veces tan lejanos, que ni recordamos a ciencia cierta donde ubicarlos geográficamente.

La reacción de cada uno de nosotros puede ser muy diversa, tristeza, solidaridad y hasta indiferencia. Pero, quizás muy pocos piensen que muchos de esos eventos, que golpean lejanas localidades pudieran, de alguna forma, afectarnos en la cotidianidad de nuestros problemas e inclusive impactar severamente en nuestras vidas. Sin embargo, la dura realidad es que ningún ser viviente que viva en un lugar sobre la Tierra puede sentirse ajeno a lo que sucede en el medio ambiente de otros lugares. Habitamos en la misma casa, envueltos por la misma atmósfera y bañados por las mismas aguas de los océanos, por eso la vida de todos los seres vivos se interconecta a través de complejísimo mecanismos en los cuales la atmósfera y los océanos juegan un papel fundamental. Un dramático ejemplo de esta realidad lo constituye **El Niño**.

Quizás todas estas reflexiones nunca hayan pasado por la mente de un sencillo pescador de las desérticas costas Sudamericanas del Perú, bañadas por las aguas del inmenso Océano Pacífico, el mayor océano del mundo.

En esta zona, el agua es especialmente fría. Las corrientes marinas que fluyen desde el lejano sur arrastran aguas desde lugares cercanos al círculo polar antártico, pero a su vez, son aguas ricas en nutrientes, que soportan una gran variedad de especies marinas y que constituye el principal medio de subsistencia de nuestro imaginario pescador. Día a día, mes a mes, sale en jornadas interminables de pesca que lo mantienen alejado de su hogar y su familia. Sin embargo, sobre el último mes del año, esta corriente fría se debilita y una corriente más cálida, proveniente del norte, aparece bañando las costas peruanas y haciendo

que la pesca disminuya. Es cerca de la Navidad, la celebración del nacimiento de El Niño Jesús de los cristianos y nuestro pescador aprovecha la disminución de la pesca para pasarla con su familia. De seguro, él no conoce quién fue el primero que lo dijo hace muchos años, es algo de la tradición, pero sabe que esa corriente cálida que aparece cerca de la Navidad fue llamada “La corriente de El Niño”. Lo que si es seguro es que desde ahora, el se mostrará alerta, pues su experiencia le indica que esa corriente cálida pudiera ser también premonitora de grandes problemas para los próximos meses. La pesca puede no ser buena durante muchas semanas. La lluvia, algo poco frecuente en el lugar, puede aparecer y hacerse torrencial, provocando que las laderas de las montañas y colinas cercanas se erosionen y ocurran peligrosos deslizamientos de tierra. Por eso, nuestro pescador no puede estar tranquilo, sin embargo, a pesar de todo esto, él todavía no tiene una idea exacta de la magnitud del fenómeno que está enfrentando. No conoce, todavía que en ese calentamiento inicial está la semilla de procesos que impactarán la vida de otros hombres en Norteamérica, Oceanía, Asia, e incluso lugares tan lejanos como África y Europa.

La intención de esta obra, por lo tanto, es tocar los aspectos más relevantes del evento El Niño y sus características, lo que hay de realidad y mito en un fenómeno natural que en

*La Vida de todos los seres vivos se interconecta a través de complejísimos mecanismos atmosféricos y oceánicos y El Niño es un dramático ejemplo de esta realidad.*

pocos años ha pasado a ser, de algo virtualmente desconocido más allá de las desérticas costas Peruanas, a noticia de primera magnitud a escala mundial y la preocupación perenne de la comunidad científica. Este texto tiene como objetivo tratar de explicar en un lenguaje simple pero a la vez riguroso, a aquellas personas no familiarizadas con la meteorología, los complejos procesos atmosféricos y oceánicos que dan lugar a un fenómeno tan atrayente como misterioso.

## **Capítulo 1. El Principio de todo. El sistema Océano-Atmósfera.**

El Niño va más allá de ser un evento oceánico. Provoca un profundo impacto en la atmósfera que en última instancia transmite su influencia a regiones muy alejadas del Planeta. Por eso para entenderlo debemos conocer algo más sobre la atmósfera, el océano y sus interacciones en las áreas oceánicas de los trópicos. Es allí, donde todo comienza.

Nuestro Planeta se encuentra inmerso en un enorme océano gaseoso que compone la atmósfera y que se extiende a muchas decenas de kilómetros hacia el espacio. Sin embargo, es en los primeros 12 a 15 kilómetros desde la tierra donde se acumulan más del 70% de su volumen y donde se registran los intensos y complejos movimiento que constituyen el Tiempo al que nos enfrentamos cotidianamente.

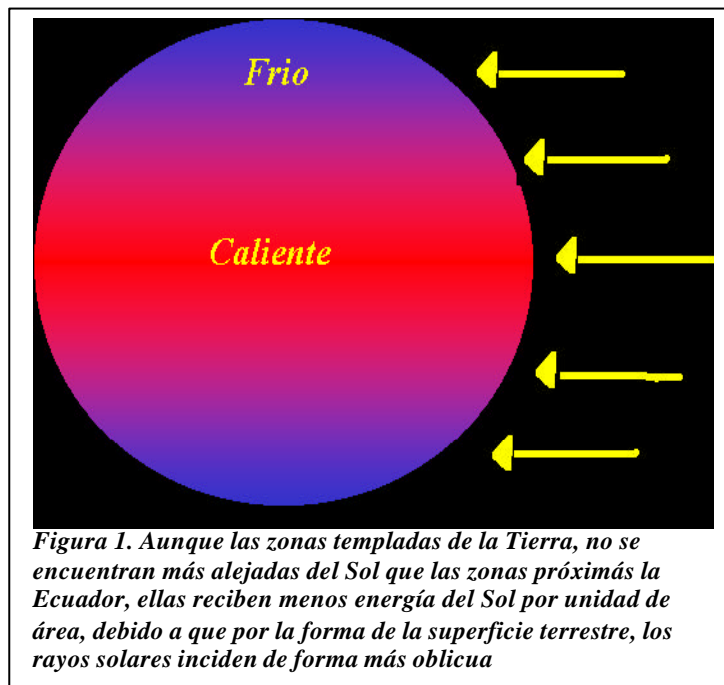
*El tiempo atmosférico es generado y controlado por los procesos de movimiento de toda la atmósfera alrededor de la Tierra. A este proceso se le llama “Circulación General de la Atmósfera”.*

El tiempo atmosférico es generado y controlado por las bajas y altas presiones atmosféricas, por los frentes, en fin, por todos esos sistemas que aparecen en los mapas que en la televisión o en algunos periódicos, ilustran los espacios dedicados al pronóstico del tiempo. Sin embargo, estos sistemas no son más que una respuesta local o regional a procesos de circulación de toda la atmósfera alrededor de la Tierra, que recibe el nombre de *Circulación General de la Atmósfera*.

La fuente de energía principal de la Circulación General de la Atmósfera es el Sol. Su radiación calienta la superficie terrestre y ésta, desde abajo, calienta las capas atmosféricas más próximas. Sin embargo, este calentamiento no es homogéneo sobre una superficie terrestre esférica y con una distribución irregular de tierras y océanos. De hecho, aunque las zonas templadas de la Tierra, no se encuentran más alejadas del Sol que las zonas próximas

al Ecuador, ellas reciben menos energía del Sol por unidad de área, debido a que por la forma de la superficie terrestre, los rayos solares inciden de forma más oblicua. Este efecto es mucho mayor sobre las grandes superficies oceánicas ya que el agua absorbe casi toda la radiación cuando los rayos son perpendiculares a la superficie, pero pueden reflejar más del 70% de la energía cuando los rayos inciden oblicuamente. Estas características hacen que las zonas ecuatoriales, reciban más energía y, por lo tanto, sean más cálidas que el resto del Planeta. De esta forma, la zona más caliente llamada “El Ecuador Térmico” se ubica en una franja que oscila entre los 5 grados de latitud sur en enero y los 15 grados de latitud norte en julio, siguiendo la marcha estacional del Sol.

Veamos, de una forma muy simplificada, las consecuencias de este calentamiento desigual. El aire ecuatorial más caliente se expande, disminuye su densidad y asciende, creando un cinturón de bajas presiones sobre esta franja del Planeta. Este aire que asciende, cuando alcanza cerca de los 15 Km. de altura, se comienza a mover hacia el norte, tratando de alcanzar los Polos más fríos. Sin embargo, para



*Figura 1. Aunque las zonas templadas de la Tierra, no se encuentran más alejadas del Sol que las zonas próximas la Ecuador, ellas reciben menos energía del Sol por unidad de área, debido a que por la forma de la superficie terrestre, los rayos solares inciden de forma más oblicua*

gran parte de este aire, el viaje no culmina en su objetivo final. Sobre los 25-30 grados de latitud, grandes volúmenes de este aire son forzados a descender a la superficie. Cuando esto ocurre el aire, inicialmente húmedo y cálido se ha transformado en un aire seco y fresco que forma un cinturón de Altas presiones llamado el “Cinturón Subtropical”. Una parte importante de este aire descendente, comienza un viaje de retorno al Ecuador cerrando un ciclo o “celda” de vital importancia en el balance energético terrestre.

Los vientos superficiales, que fluyen hacia el Ecuador no son exactamente del norte. Ellos son desviados por efecto de la rotación terrestre a ser del Nordeste en el hemisferio norte y del Sudeste en el sur y reciben el nombre de “Vientos Alisios”. Son inicialmente vientos secos y frescos que en su largo camino hacia el Ecuador van ganado en humedad y calor al ponerse en contacto con los océanos tropicales.



*Figura 2. El aire ecuatorial más caliente se expande, disminuye su densidad y asciende, creando un cinturón de bajas presiones sobre esta franja del Planeta. Este aire que asciende, cuando alcanza cerca de los 15 Kms de altura, se comienza a mover hacia el norte, tratando de alcanzar los Polos más fríos. Sin embargo, para gran parte de este aire, el viaje no culmina en su objetivo final. Sobre los 25-30 grados de latitud, grandes volúmenes de este aire son forzados a descender a la superficie. Cuando esto ocurre ya el aire, inicialmente húmedo y cálido se ha transformado en una aire seco y fresco que forma un cinturón de Altas presiones llamado el “Cinturón Subtropical”.*

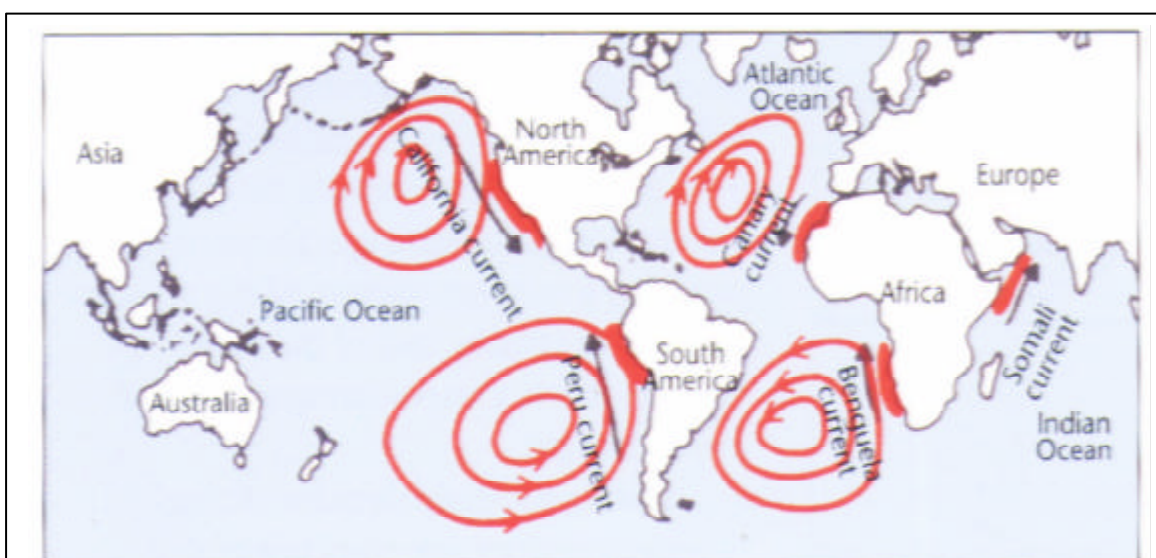
### **Los Océanos y la atmósfera.**

Uno de los factores más importantes en la determinación del tiempo atmosférico lo constituye la fuerte interacción existente entre los océanos y la atmósfera.

Una relación muy importante entre estos sistemas es que ambos, el océano y la atmósfera, circulan tanto horizontal como verticalmente. Los principales movimientos oceánicos ocurren por encima de una capa llamada “termoclina” que es una estrecha capa de agua, ubicada entre los 100 a 400 metros de profundidad que divide el agua superficial, relativamente cálida, de las aguas profundas más frías.

*Las interacciones entre la atmósfera y los océanos resultan cruciales en la determinación del estado del tiempo*

Los océanos almacenan, transportan y liberan calor, influyendo de esta manera sobre las capas atmosféricas más próximas. El calor liberado en las zonas marítimas más cálidas se transporta a la atmósfera en las zonas de bajas presiones atmosféricas, participando en el proceso de formación de la nubosidad y la lluvia, mientras que por otra parte, las aguas más frías favorecen las presiones atmosféricas más altas y el aire seco y sin nubosidad. Por su parte, la atmósfera afecta a los océanos de muchas formas diferentes. Por ejemplo, el viento puede refrescar la superficie oceánica más cálida a través del proceso de evaporación y ayudando a mezclar el agua superficial cálida con las más frías de las capas profundas. Si los vientos son persistentes, o sea mantienen una misma dirección durante gran parte del año, como es el caso de los Alisios, influyen en los océanos creando corrientes oceánicas capaces de transportar grandes cantidades de energía a grandes distancias .



*Figura3. Si los vientos son persistentes, o sea mantienen una misma dirección durante gran parte del año, como es el caso de los Alisios, influyen en los océanos creando corrientes oceánicas capaces de transportar grandes cantidades de energía a grandes distancias .*

Los vientos prevalecientes, producto de los procesos de Circulación General de la Atmósfera, fuerzan a las aguas de las grandes cuencas oceánicas a moverse en grandes torbellinos que en ocasiones presentan un cuadro altamente complejo, pero que a su vez es crucial para entender el proceso de El Niño. Una consecuencia importante de esta

influencia es que, por lo general, estos grandes torbellinos oceánicos actúan de tal manera que las aguas más frías se concentran sobre la porción Oriental de los océanos mientras que las más cálidas lo hacen en las zonas occidentales provocando una diferencia energética capaz de influir en gran medida tanto en la circulación oceánica como atmosférica.

*Los océanos regulan los procesos de formación de la nubosidad y las lluvias mediante el transporte de calor y humedad hacia las capas más bajas de la atmósfera.*

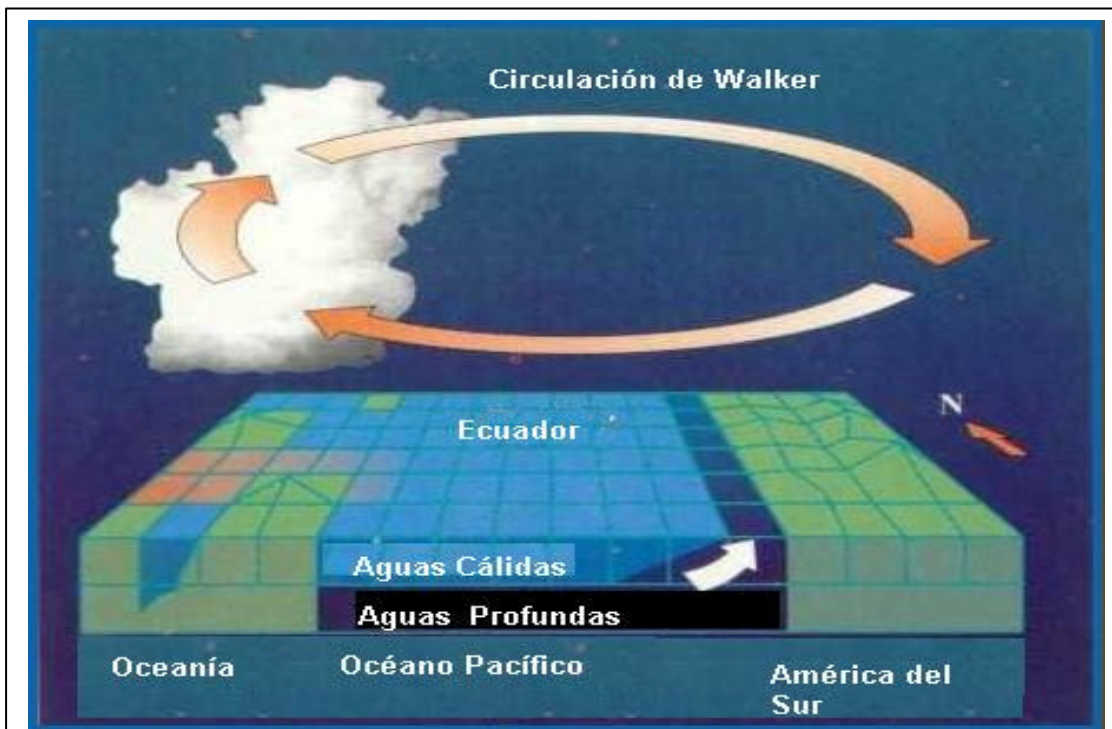
Existe un fenómeno oceánico adicional que es capaz de mantener aguas frías en zonas de los trópicos donde normalmente no debían estar. Este proceso es el llamado “afloramiento” de aguas profundas hacia las superficie y ocurre normalmente por causas vinculadas a cambios de dirección en las corrientes o a aumentos de su velocidad impulsadas por los vientos. Este proceso en ocasiones contribuye a aumentar el enfriamiento oceánico, como ocurre con la Corriente fría de Perú, que fluye hacia el norte a lo largo de toda la costa Sudamericana en el Pacífico. Esta corriente, cerca del Ecuador, cambia su rumbo hacia el oeste lo cual provoca un afloramiento de aguas profundas que incrementan la intensidad de la lengua de agua fría existente sobre el Ecuador geográfico en esta zona del Planeta.

### **Una circulación este-oeste en los trópicos.**

El cuadro de distribución térmica generada por los torbellinos oceánicos genera una importante circulación de aire tropical en el sentido este-oeste que es especialmente importante en la enorme cuenca del Océano Pacífico. El aire sobre la región del Pacífico occidental es recalentado por las temperaturas oceánicas más altas de esta zona, cerca de Indonesia, Australia y Oceanía. El aire asciende cargado de humedad, ayudando a la formación de áreas de intensas lluvias y alcanza las capas altas de la atmósfera a alturas de 12 a 15 km. En esta zona, impulsado por las corrientes de aire predominantes se mueve hacia el este para descender nuevamente sobre las aguas más frías del Pacífico Oriental ayudando a incrementar la sequedad y aridez de esta zona. Posteriormente, este ciclo se cierra cuando este aire retorna nuevamente hacia el oeste impulsado por los vientos Alisios



superficiales. Esta circulación de aire recibe el nombre de Circulación de Walker en honor al científico inglés Sir Gilbert Walker quien la descubrió a principios del siglo XX y aunque es más intensa sobre el Océano Pacífico, ella existe sobre todos los océanos a lo largo de todo el cinturón tropical.



*Figura 4. El aire sobre la región del Pacífico occidental es recalentado por las temperaturas oceánicas más altas de esta zona, cerca de Indonesia, Australia y Oceanía. El aire asciende cargado de humedad, ayudando a la formación de áreas de intensas lluvias y alcanza las capas altas de la atmósfera a alturas de 12 a 15 Kms. En esta zona, impulsado por las corrientes de aire prevalecientes se mueve hacia el este para descender nuevamente sobre las aguas más frías del Pacífico Oriental ayudando a incrementar la sequedad y aridez de esta zona. Versión esquemática de la Circulación de Walker.*

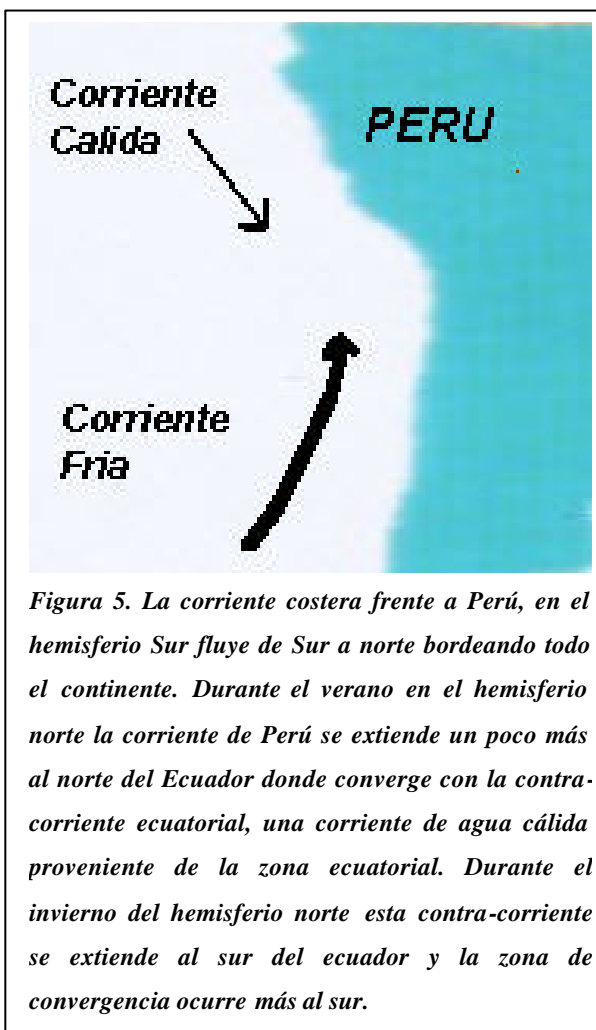
La circulación de Walker puede considerarse el resultado de los complejos procesos de interacción entre el océano y la atmósfera en los océanos tropicales, por esta razón es extraordinariamente perturbada durante la aparición de el evento de El Niño con consecuencias dramáticas sobre la circulación atmosférica.

## Capítulo 2. El Niño.

### El evento original.

El fenómeno de El Niño, en su concepción original, ocurre sobre las costas occidentales de Sudamérica, cerca de la línea Ecuatorial, cercano a Perú y Ecuador. Es fundamentalmente un fenómeno oceánico, pero con espectaculares manifestaciones a través de los eventos atmosféricos.

La corriente costera frente a Perú, en el hemisferio sur fluye de sur a norte bordeando todo el continente. Durante el verano en el hemisferio norte la corriente de Perú se extiende un poco más al norte del Ecuador donde converge con la contra-corriente ecuatorial, una corriente de agua cálida proveniente de la zona ecuatorial. Durante el invierno del hemisferio norte esta contra-corriente se extiende al sur del ecuador y la zona de convergencia ocurre más al sur. De esta forma, la zona de convergencia entre estas dos corrientes emigran con el Sol estando al norte del ecuador durante el verano del hemisferio norte y al sur del ecuador durante el verano del hemisferio sur. La contra-corriente ecuatorial es cálida y de baja salinidad. La corriente de Perú es fría y con relativamente alta salinidad. Durante el verano del



hemisferio sur cuando la contra-corriente cruza al sur del ecuador, ella fluye paralela a la costa de norte a sur. Esta corriente costera débil y cálida que anualmente circula a lo largo

de las costas de Ecuador alrededor de la Navidad es conocida como la corriente de El Niño en honor al niño Jesús

La corriente cálida que fluye hacia el sur a todo lo largo de las costas de Ecuador y Perú es una característica regular de la variabilidad anual que ocurre entre los meses de febrero y marzo. Generalmente, se extiende algunos grados al sur del Ecuador pero ocasionalmente pueden ocurrir anomalías importantes y la corriente cálida extenderse entonces más allá hasta los 12 grados sur. Las temperaturas superficiales del mar pueden entonces ser tan altas como 7 y 8 grados centígrados por encima de la normal. La salinidad del agua superficial también cae muy por debajo de sus valores normales.

*El fenómeno “El Niño” es un evento básicamente oceánico, pero con espectaculares manifestaciones a través de su influencia en la atmósfera.*

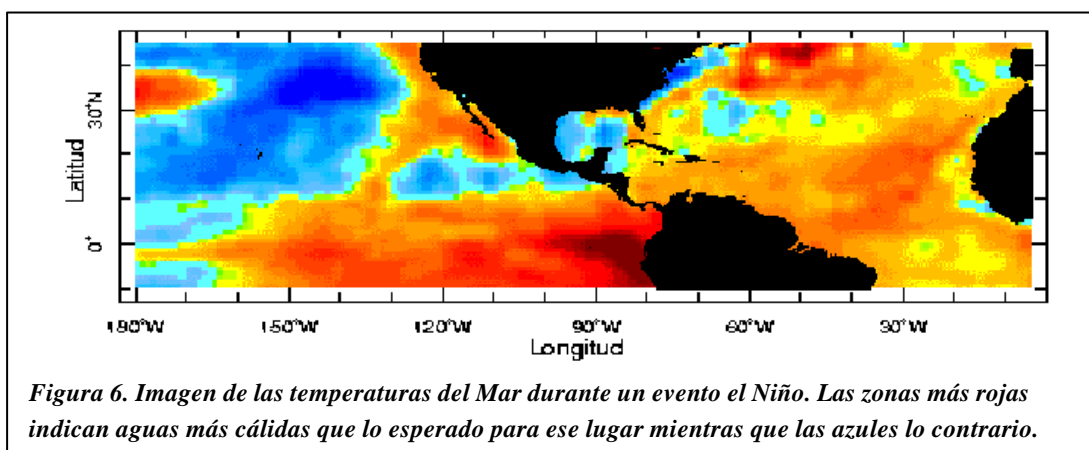
Durante el período de extremo calentamiento de las aguas oceánicas se observan, de forma general, los siguientes fenómenos:

1. La vida marina desde el plancton hasta las especies mayores es destruida a gran escala.
2. Las aves que viven del alimento marino mueren o enferman.
3. Las aguas cálidas causan inestabilidad en la atmósfera y por lo tanto considerable actividad convectiva produciendo lluvias anómalas. Estas tremendas precipitaciones causan inundaciones, deslizamientos de tierra y la devastación económica.

Este calentamiento extremo de la superficie del mar ocurre cada cierto número de años que oscila entre 3 y 6 y posee efectos catastróficos sobre los sistemas ecológicos de la región.

## El Niño. El Gran Evento Oceánico .

Cuando en la segunda mitad del siglo XX los investigadores comenzaron a estudiar de forma intensiva el fenómeno de El Niño, pronto se dieron cuenta que los calentamientos extremos observados en las costas peruanas, estaban asociados a fenómenos que involucraban a toda la cuenca del Pacífico. De esta forma, para usos científicos posteriores,



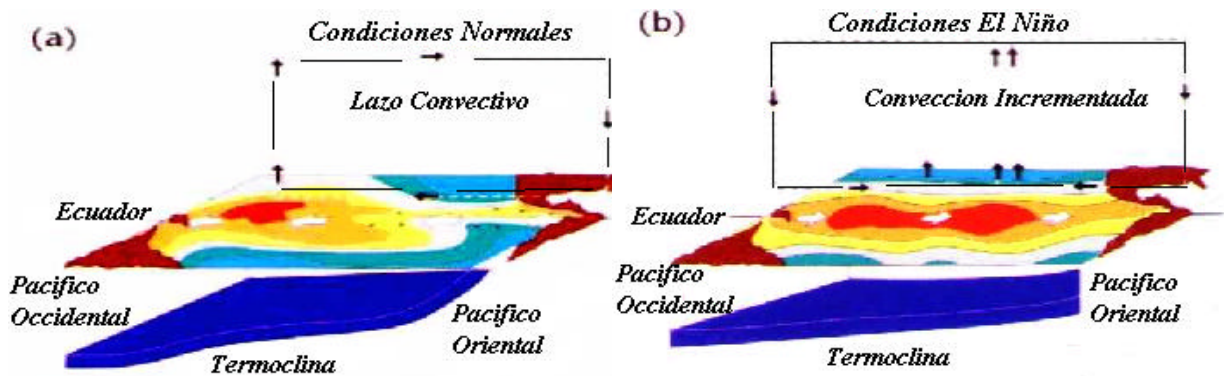
el término de El Niño se ha convertido en una expresión más amplia usada para describir los calentamiento extremos que ocurren cada cierto número de años en gran parte del Océano Pacífico Tropical.

Para entender lo que sucede en el océano Pacífico durante estos eventos debemos recordar algo señalado en el capítulo anterior: Los grandes torbellinos oceánicos provocan un sistema de corrientes que determinan que las temperaturas frías se concentran al este y las cálidas al oeste de las cuencas.

*El origen de “El Niño” es aún poco comprendido. Tratar de explicarlo a través de sus manifestaciones, nos lleva en ocasiones a caer en un razonamiento circular parecido al acertijo de “El huevo y la gallina”*

En los mares del Pacífico sur existe un gigantesco torbellino oceánico, uno de los más grandes, que gobierna el transporte oceánico en el área. Si pudiéramos ver este torbellino en

toda su inmensidad desde el espacio, veríamos que las corrientes circulan en dirección contraria a como lo hacen las manecillas de un reloj. Por lo tanto, a lo largo de las costas peruanas las corrientes son del sur, transportando aguas frías, desde cerca del círculo polar antártico hasta el Ecuador. Es la corriente de Perú anteriormente citada. Ya sobre la franja ecuatorial las corrientes pasan a ser de región este, transportando aguas frías hacia las costas de Oceanía y Asia. Sin embargo durante el largo viaje por este inmenso océano, sobre zonas tropicales, el agua va calentándose paulatinamente para llegar a su destino como aguas notablemente cálidas .



*Figura 7. Una imagen idealizada de la generación de un evento El Niño en el Océano Pacífico. En las condiciones normales (izquierda) las aguas cálidas (en rojo) se concentran al oeste y la circulación atmosférica sigue los patrones normales de movimientos ascendentes y lluvia al oeste y movimientos descendentes y sequedad al este. En condiciones El Niño (derecha) las aguas cálidas se han expandido hacia el este y los movimientos atmosféricos ascendentes se han movido también para acercarse a las costas de Sudamérica.*

En su trayecto por aguas tropicales, estas corrientes son impulsadas por los vientos alisios y aumentan su velocidad de desplazamiento. Esto da lugar a un fenómeno interesante, al llegar a las costas occidentales del Pacífico tropical más agua de la que realmente puede salir hacia otros lugares, debido al efecto de los vientos alisios, se provoca un efecto de acumulación de agua que hace que el nivel del mar en esta zona sea mayor que en la porción oriental. Este desnivel provoca un equilibrio inestable que es mantenido, en esencia, por la persistencia y fuerza de los vientos alisios.

En la porción occidental del Pacífico tropical se acumulan grandes masas de agua cálida que interactúan con la atmósfera suministrándole calor y humedad suficiente para generar grandes e intensas zonas de lluvias. De hecho en esta zona se encuentra una de las regiones más lluviosas del Planeta.

Supongamos, ahora que por alguna causa no conocida, los vientos Alisios debilitan su intensidad. Entonces, el agua caliente acumulada comienza a moverse lentamente hacia el este, invadiendo zonas donde normalmente predomina el agua más fría, lo cual, a su vez contribuye a debilitar las corrientes e incrementar la propagación de las aguas cálidas hacia el este. A medida que las aguas cálidas invaden el Pacífico central, también las zonas atmosféricas donde se concentra la nubosidad y las lluvias se desplazan hacia el este, lo que contribuye adicionalmente a que los Alisios continúen debilitándose y retirándose. Pronto, en el plazo de algunas semanas, las aguas más cálidas habrán invadido el este del océano; la actividad de lluvia llegará a zonas de la costa sudamericana donde tradicionalmente no llueve provocando un verdadero desastre, mientras que al oeste las zonas tradicionalmente lluviosas comienzan a sufrir severas sequías. Estamos ante la aparición y desarrollo de un evento El Niño.

Varios meses después, quizás ya en la primavera del siguiente año, el equilibrio se va restituyendo paulatinamente, la invasión cálida disminuye, hasta desaparecer, mientras los Alisios se van intensificando nuevamente.

En nuestro razonamiento anterior, hemos descrito el proceso que lleva a un evento El Niño utilizando como elemento iniciador un debilitamiento en la intensidad de los vientos Alisios, sin embargo esto no es siempre así. El origen de El Niño es aún poco comprendido y muchas veces la invasión cálida aparece primero, provocando entonces el debilitamiento ulterior de los vientos alisios. Esto nos lleva, en la tarea de explicar el origen de El Niño, a un razonamiento circular parecido al famoso acertijo del “huevo y la gallina”, lo que no hace más que resaltar las complejidades y misterios que aún envuelven el origen de este maravilloso fenómeno natural.

*El Niño no es un fenómeno nuevo. Existen evidencias de su existencia desde hace cientos, incluso miles de años.*

## **El Niño. ¿Una historia vieja o nueva?**

Para muchos, el evento El Niño es algo nuevo, salido de las inevitables consecuencias que el Cambio Climático, inducido por el hombre. De hecho El Niño comenzó a ser historia para muchos desde la década de los 70. En esa época muchos eventos vinculados al

*Los eventos “El Niño” más intensos han ocurrido recientemente, en el breve plazo de unos pocos años. Esto ha influido en el nivel de percepción social de “El Niño” como un fenómeno nuevo.*

Clima sembraron la alarma y la preocupación en la humanidad. Una intensa sequía barría con la vida de miles de seres humanos en el Sahel y entre los años 1972 y 1973 una serie de catástrofes naturales vinculadas al tiempo atmosférico afectaban extensas áreas del Planeta. Todo esto puso los ojos de la comunidad científica y del mundo sobre el comportamiento del clima mundial. Muy pronto, los científicos comenzaron a vincular muchos de esos fenómenos a la aparición, en esos dos años, de un evento El Niño de considerable magnitud en el Pacífico. Durante años posteriores parecía que el vínculo de El Niño con las catástrofes naturales globales iba a quedar limitado al marco de las discusiones académicas hasta que en el verano de 1982 un evento El Niño de una intensidad nunca antes registrada sorprendió literalmente a todo el mundo. Sus impactos fueron enormes en todo el planeta, Ciclones tropicales azotaron regiones nunca vistas y lluvias torrenciales y tormentas se extendieron por extensas áreas de América mientras la sequía sobre otras zonas del planeta sembraban el hambre y la pobreza en millones de personas. Ya entonces no cupo duda, el mundo se enfrentaba a un “nuevo peligro”.

Sin embargo, y contrariamente a lo que podía imaginarse a partir del párrafo anterior, El Niño no es un fenómeno nuevo. Ha estado con nosotros ahí, acompañándonos desde hace decenas, cientos e incluso miles de años. Científicos que estudian el pasado han detectado sus huellas en las crecidas del Río Nilo de la época de los faraones en Egipto, en los restos

de árboles seculares y hasta en las antiguas crónicas que narran los grandes hechos históricos. Quizás, la conquista del Perú de los Incas por los Españoles haya sido favorecida por El Niño. Si analizamos los registros climáticos de muchos años, en muchas regiones, veremos sus huellas sobre las lluvias, las temperaturas. Entonces, ¿por qué antes era virtualmente desconocido?.

La respuesta a esta última pregunta no es sencilla. Mucho factores pueden haber influido en este hecho. El mundo actual está mucho más poblado, más globalizado. Prácticamente, no queda un rincón del Planeta donde no esté puesta la mano del hombre y hoy resultan noticias cotidianas cosas que hace relativamente poco tiempo podían pasar inadvertidas. Sin embargo, también en las últimas décadas han ocurrido los eventos El Niño más intensos que se recuerdan en los registros históricos y, a su vez, se han hecho más frecuentes que hace sólo algunas décadas atrás. Esto también ha influido inobjetablemente en la percepción que muchos tienen de El Niño como un fenómeno “nuevo”.

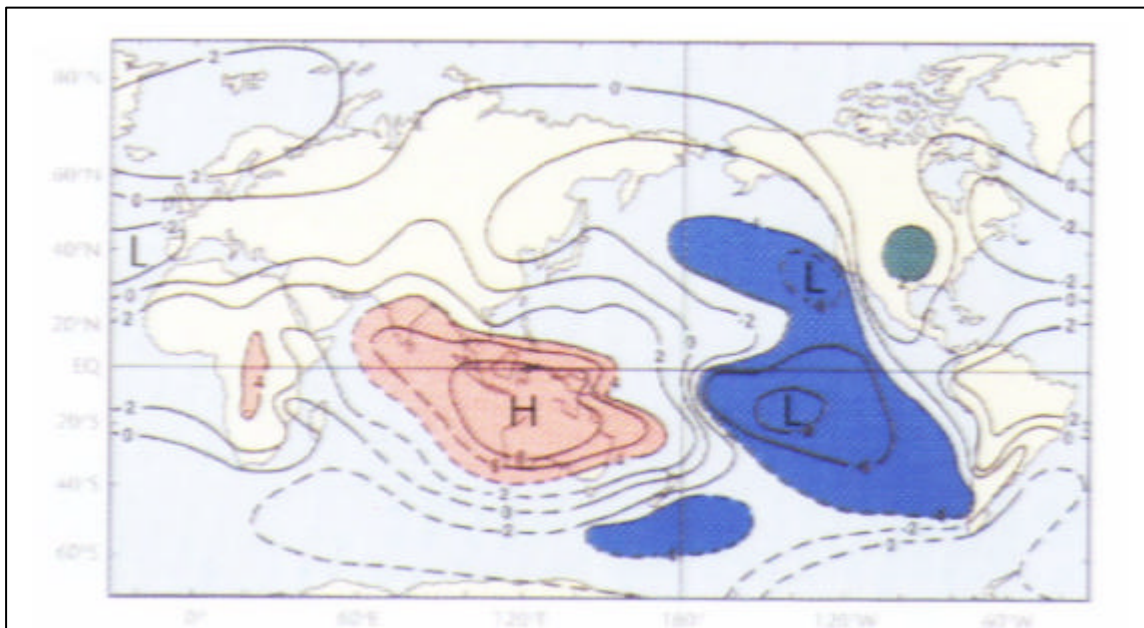
Hasta donde la existencia de eventos El Niño más fuertes y frecuentes es un resultado de los cambios climáticos inducidos por el hombre o un simple “juego” pasajero de la naturaleza, es algo que aún no puede definirse con exactitud. La historia futura aún está por escribirse.



### Capítulo 3. La respuesta atmosférica.

#### ¿El Niño, La Oscilación del Sur o ENOS?

En el capítulo 2 hablamos de la Circulación de Walker. Evidentemente, ella es la responsable del mantenimiento de los mecanismos de intercambio de energía en la atmósfera tropical sobre el Pacífico. Esta circulación, además, está soportada por una configuración atmosférica en la que se destaca hacia el este del Pacífico sur, un intenso anticiclón o centro de altas presiones atmosféricas que se corresponde adecuadamente con las condiciones de sequedad existente en estas zonas, y un complejo sistema de bajas presiones hacia el oeste, asociado a la zona de lluvias fuerte y aire muy cálido descrita en el capítulo anterior.



*Figura 8. Mapa que ilustra la naturaleza de la Oscilación del Sur. Las áreas de bajadas de presión, señaladas en azul y con el rotulo de "L" (del inglés Low) se concentran al este del océano y se asocian con una zona de subidas de presiones (en rojo y con el rótulo "H" de High en inglés) al oeste. Este es un cuadro de la llamada "fase baja" donde los sistemas de alta y bajas se debilitan. Un cuadro para la "fase alta" aparecería exactamente con una configuración invertida.*

Este sistema atmosférico está configurado de tal forma, que en ocasiones, cuando las altas presiones del Pacífico oriental se intensifican, también lo hacen las bajas presiones del

oeste. Esto trae como consecuencia un incremento de la velocidad de los Alisios y por lo tanto un fortalecimiento de la circulación de Walker. En otras ocasiones, las altas presiones se debilitan, al igual que las bajas presiones al oeste, trayendo consigo el debilitamiento de los Alisios y por consiguiente de la celda de Walker. De hecho, la atmósfera del Pacífico sur se mantiene perennemente oscilando entre estos dos estados, pasando de uno a otro en un lapso de tiempo muy variable, pero que puede ubicarse entre 4 y 6 años. Sir Gilbert Walker fue también el primero en describir este fenómeno a finales del siglo XIX al que llamó “La Oscilación del Sur”.

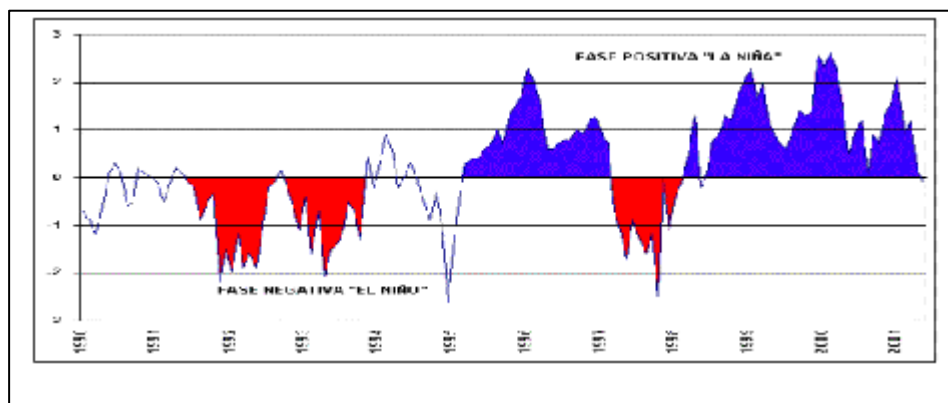
#### *Un índice para la Oscilación del Sur*

*Para su estudio, la Oscilación del Sur se caracteriza por un índice que trata de captar sus principales características a fin de monitorear el fenómeno más fácilmente. De otra forma habría que estar considerando todos los valores de la presión atmosférica en toda la inmensidad del océano, lo cual es una tarea sumamente compleja.*

*La concepción de este índice es muy simple: Como la Oscilación del Sur es una variación de presión en la cual, cuando sube al este, baja al oeste y viceversa, entonces, si tomamos una estación del este y le restamos su valor de presión con una del oeste tendríamos un valor que se haría mayor a medida que las presiones al este subieran y bajarán al oeste (fase alta) y disminuiría hasta hacerse negativo inclusive en el caso contrario (fase baja).*

*Hay algunas variantes pero las localidades más utilizadas son la Isla de Tahití en el centro del océano y la localidad de Darwin en Australia, ambas localidades poseen registros de muchos años de presión atmosférica que han permitido a los científicos hacer muchos estudios sobre la Oscilación del Sur.*

*La siguiente figura es una muestra de la variación de este índice llamado “Índice de oscilación del Sur”*



Si recordamos lo leído en el capítulo anterior no nos será difícil encontrar una estrecha relación entre El Niño y la Oscilación del Sur. La aparición de El Niño provoca un debilitamiento de los Alisios y por consiguiente un debilitamiento de la Celda de Walker.

Estos son precisamente los síntomas de la fase de debilitamiento o fase baja de la Oscilación del Sur. Si aplicamos el mismo razonamiento, la terminación de un evento El Niño y la restitución de las condiciones “normales” se asocia a la intensificación o “fase alta” de esta Oscilación. De esta forma, una de las primeras respuestas atmosféricas a las alteraciones oceánicas creadas por El Niño, después del desplazamiento anómalo de las áreas de lluvias ecuatoriales visto anteriormente, lo constituye La Oscilación del Sur. Pero en este caso ya las consecuencias abarcan enormes extensiones atmosféricas sobre el Océano Pacífico.

Aunque El Niño y La Oscilación del Sur pudieran tener orígenes independientes uno del otro, se encuentran tan estrechamente relacionados que es común oír hablar de ambos términos como similares. De hecho, el evento oceánico de El Niño no puede separarse de su contraparte atmosférica, la Oscilación del Sur constituyendo un evento mucho más complejo de interacción Océano Atmósfera que recibe el nombre de ENOS por las siglas de **El Niño-Oscilación del Sur**.

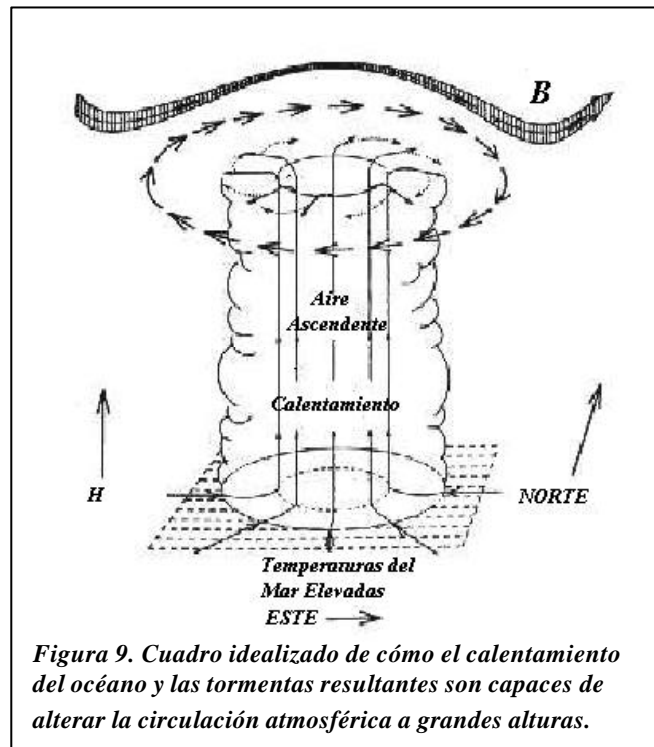
Al final de este razonamiento, queda claro que la concepción original de El Niño, tal y como fue creada por los humildes pescadores peruanos resulta sólo una visión parcial y muy limitada de un suceso mucho más grande y complejo. Sin embargo, aquí no termina esta historia.

### **El efecto a distancia. Las teleconexiones.**

Según lo leído hasta aquí, un evento ENOS implica a casi toda la cuenca Oceánica de Pacífico sur. Sin embargo, los mayores efectos siguen localizados básicamente en las zonas de nubosidad y lluvias intensas que han invadido áreas del océano tropical donde normalmente no existían. Aquí, grandes cantidades de calor y humedad son liberadas por las tormentas y transportadas a grandes alturas. La atmósfera inmediatamente trata de compensar este exceso de energía evacuándolo hacia latitudes más altas a través de fuertes corrientes de aire que surgen a niveles altos de la atmósfera sobre las zonas perturbadas. Pero, este “flujo compensatorio” tiene un impacto dramático sobre la circulación atmosférica de latitudes más altas. El flujo de aire normal a estas alturas y para estas

latitudes se ve desviado por el impacto de las corrientes anómalas que surgen de los trópicos, modificándose los patrones de circulaciones normales. Si recordamos lo leído en el Capítulo 1 podremos comprender que este fenómeno no es casual, este mecanismo de transporte es el mismo que mantiene toda la circulación general de la atmósfera.

Este impacto sobre las corrientes atmosféricas de latitudes medias resulta de tal magnitud, que logra cambiar los patrones de circulación, alterando la posición de los sistemas de bajas y altas presiones y modificando las trayectorias normales de las tormentas invernales. El flujo adicional de



*Figura 9. Cuadro idealizado de cómo el calentamiento del océano y las tormentas resultantes son capaces de alterar la circulación atmosférica a grandes alturas.*

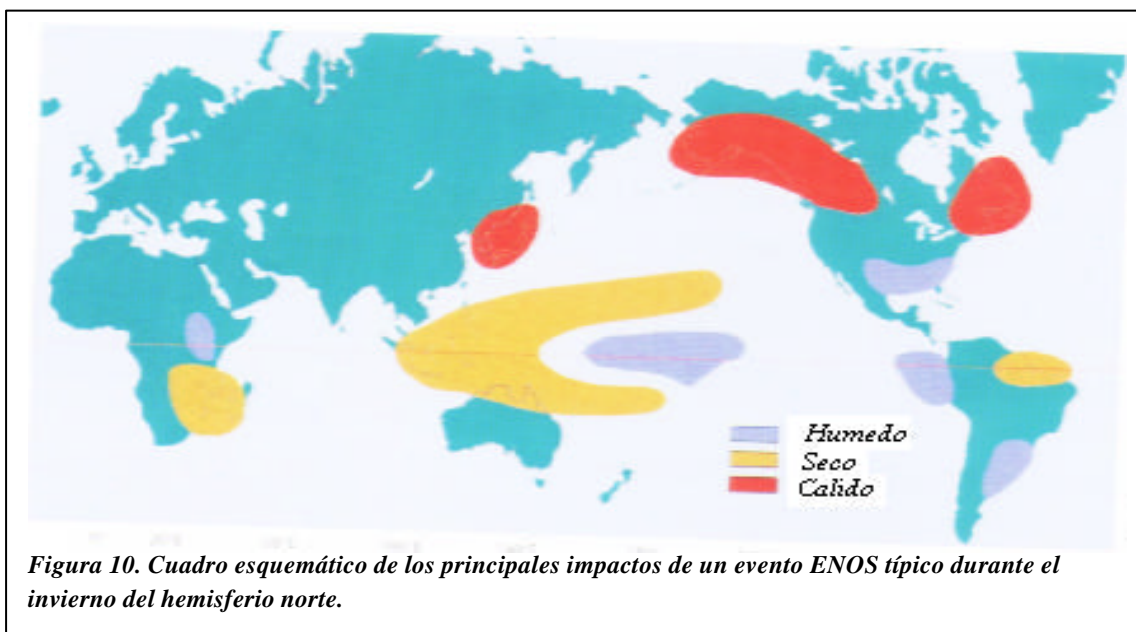
energía intensifica las corrientes atmosféricas propias de latitudes templadas, que se expanden hacia las zonas subtropicales alterando también la circulación de estas zonas. Poco a poco las alteraciones van propagándose cada vez a zonas más alejadas del área de perturbación inicial. Al cabo de algunas semanas las alteraciones en la circulación atmosférica ya afectan, con diferentes grados de intensidad a casi todo el Planeta modificando los patrones climáticos normales. Estos complejos mecanismos, que permite que el ENOS provoque impactos sobre lugares muy alejados de su radio de acción directo se denominan “teleconexiones” lo que nos demuestra que tal y como se estableció al comienzo de esta obra, cada lugar, cada punto de nuestro planeta se encuentra estrechamente interconectado por los estrechos, pero a la vez complejos lazos de unión que imponen una atmósfera común. Ya El Niño, convertido posteriormente en ENOS ha expandido su influencia por todo el Planeta, pero a la vez, comienza a ser historia. Los mecanismos de restauración del sistema océano-atmósfera que comenzaron desde el momento mismo de el nacimiento del evento, comienzan a imponerse paulatinamente y

aproximadamente sobre la primavera o el verano del año siguiente ya las condiciones del Pacífico tropical se acercan a la normalidad aunque quizás en algunas regiones tarde un poco más el restablecer las condiciones climáticas normales.

### **Impactos regionales y atribuciones.**

#### **Importancia de las atribuciones adecuadas.**

En realidad, los procesos de teleconexión aunque dan base científica coherente a los impactos del ENOS en lugares alejados de las zona de perturbación inicial, ellos de por sí, no pueden resolver completamente el problema de la “atribución”, o sea, dado un comportamiento anormal del Clima en un lugar dado, ¿cómo podemos atribuir con confianza que es debido a un impacto ENOS?



El problema de la atribución varía considerablemente de región a región. En zonas muy próximas o sobre la Cuenca del Pacífico el impacto ENOS resulta claro y sus características bien determinadas, mientras que en otras zonas más alejadas, el impacto ENOS resulta más débil y por lo general se encuentra oscurecido por otros factores climáticos, lo que motiva que la calidad de las atribuciones no sea tan buena. Este factor resulta muy importante para las

poblaciones y en especial para aquellos que tienen bajo su responsabilidad la toma de decisiones en la protección de vidas y recursos económicos. Aunque el evento ENOS por sí mismo no puede ser considerado un desastre natural, se asocia a la ocurrencia de anomalías climáticas que son capaces de producir grandes desastres como sequías y grandes lluvias. Conocer por lo tanto, las características esenciales de los impactos sobre una región ayudará a la toma de decisiones adecuadas que mitiguen o eviten de alguna forma las posibles consecuencias negativas derivadas de un evento ENOS en progreso.

Hoy en día la popularidad alcanzada por el evento ENOS, gracias al interés de los gobiernos y a la cobertura dada por los medios de difusión masiva, ha traído también el peligro de la “psicosis ENOS”, una tendencia a atribuir al impacto ENOS todas aquellas cosas “raras” que suceden en el Clima Mundial. Esto es una tendencia extraordinariamente dañina por cuanto no sólo oscurece las verdaderas atribuciones sino que tiende a restar credibilidad a los esfuerzos serios por preparar mejor a la sociedad.

Para entender mejor y estar mejor preparados para enfrentarnos a las consecuencias de un ENOS deberemos tener bien claro qué debemos esperar realmente. Pero, por otra parte debemos conocer que el ENOS, aunque sea el más importante, no es el único factor capaz de alterar la marcha normal de nuestro clima. Mas aún, cada ENOS presenta características propias que lo diferencian de los otros; esto por supuesto, pudiera traer impactos no esperados o “sorpresas”.

### **ENOS, Europa y Galicia.**

Europa es uno de las regiones del planeta más alejadas del Océano Pacífico tropical en donde comienza el evento ENOS. Geográficamente Europa está situada en la antípoda, separada por el oeste por otro inmenso océano, cuya singular dinámica e interacción con la atmósfera, impone sus propias reglas al clima europeo. De esta forma y a diferencia de América y del este de Asia, la influencia ENOS sobre el clima de Europa, de existir, deberá encontrarse mezclada con otras, provenientes de sistemas y procesos tan intensos como el propio ENOS.

Por esta principal razón, durante muchos años se pensó que Europa se mantenía al margen del impacto global del ENOS. De hecho, muchos mapas de los impactos publicados en revistas especializadas en el tema evadían establecer consideraciones sobre Europa. Sin embargo, esta concepción comenzó a cambiar en la última década a medida que los sistemas de análisis y modelación se perfeccionaban. Ya hoy en día existe una corriente científica que valora insistentemente la influencia ENOS sobre Europa e investigaciones recientes indican una marcada influencia del ENOS sobre las precipitaciones .

En España, las últimas décadas han ido despejando paulatinamente el velo que envuelve la influencia ENOS sobre el Clima. Parece que la atribución de inviernos secos durante años ENOS en el área mediterránea de España es una de las más consistentes hasta el momento encontradas y que su influencia puede extenderse hacia otras áreas y épocas del año, incluida Galicia.

Sean o no confirmadas las actuales atribuciones y lógrese o no demostrar un mayor impacto directo del ENOS sobre España, lo que si resulta indiscutible es su potencial impacto sobre la economía en sectores tan sensibles como la agricultura y la pesca, esta última de vital importancia para Galicia. ¿Cómo puede entenderse este acertijo?

La respuesta resulta muy sencilla si tenemos en cuenta que en el mundo de hoy las diferentes áreas geográficas se interconectan a través de un complejísimo sistema de relaciones económica . Si un evento como el ENOS impacta de forma considerable una región geográfica lejana pero de importancia económica para España, su influencia indirecta sobre la sociedad puede ser considerable e incluso de una mayor magnitud que los propios impactos directos del evento sobre la Península. Por ejemplo, las anomalías observadas de las temperaturas del mar en la cuenca del Pacífico tropical impactan de manera considerable las poblaciones pesquera y sus migraciones en esta zona, considerada una de las mayores zonas pesqueras del mundo. Además, los efectos a distancia en otras regiones del Planeta provocan extremos climáticos que a su vez también afectan los ecosistemas marinos. Según un informe de la FAO en 1999, el evento ENOS del 1997 a 1998 produjo una reducción del 10 al 20 por ciento en la captura del este del Pacífico. Esta cantidad es considerable si tenemos en cuenta que esta zona alcanza

el 20 por ciento de la producción mundial. En otras zonas más alejadas también fue afectada la pesca incluyendo actividades como el cultivo del camarón, ¿cómo impactan estos hechos a la producción pesquera gallega, con importantes caladeros en zonas sensibles al efecto ENOS?. La respuesta es compleja y es un aspecto aún pendiente. Sin embargo, resulta claro que este tema debiera cada vez ser tenido más en cuenta si se quiere alcanzar una evaluación real del impacto de los extremos climáticos en la economía regional.

### **Un efecto beneficioso. Los Huracanes del Atlántico y el ENOS.**

Los huracanes constituyen el fenómeno meteorológico más intenso y devastador de la zona tropical, su paso es temido por todos los habitantes de las regiones que afecta, pues es capaz de provocar muertes y graves daños a toda la infraestructura socioeconómica de una nación. El área del Atlántico norte, el Mar Caribe y el Golfo de México constituye una de las siete zonas principales de formación de huracanes de la zona tropical, superada en importancia solamente por el Pacífico Occidental y el Océano Índico (norte y sur).

La temporada ciclónica en esta región se concentra entre los meses de junio a noviembre, aunque es entre el 1 de agosto y el 31 de octubre cuando se registra el máximo de actividad. Como promedio, en una temporada se forman 9 ciclones tropicales de los cuales 5 alcanzan la categoría de huracanes, aunque estos valores presentan una alta variabilidad interanual que durante el presente siglo ha oscilado desde un máximo de 21 ciclones tropicales formados en 1933 hasta sólo 1 formado en 1925. Esta alta variabilidad demuestra, que la actividad ciclónica en cada temporada se encuentra determinada por una compleja interacción de diferentes factores, la mayoría de los cuales todavía no se encuentran suficientemente explicados.

Ya desde la década de los 80 se comenzó a sugerir la idea de que durante años El Niño se producía una disminución de la actividad ciclónica tropical, mientras durante eventos la Niña se producía un incremento. Si se analizan las estadísticas de los huracanes intensos (vientos máximos sostenidos de más de 50 m/seg.) entre 1950 y 1990 se podrá encontrar una clara disminución de estos sistemas durante años con eventos de "El Niño". Este hecho sugiere de



forma significativa que las anomalías impuestas a la circulación de verano sobre el Atlántico durante un ENOS, tienden a disminuir la eficiencia de los mecanismos tropicales de formación de huracanes. ¿Cómo ocurre esto? El responsable de este hecho parece ser el cambio en las corrientes superiores del verano.

Un ciclón tropical requiere para su formación, de la existencia de un conjunto de condiciones que garanticen, en primera instancia, la concentración de grandes cantidades de energía capaces de sostener los terribles vientos característicos de estos sistemas. Para poder concentrar la energía es necesario en primer lugar, que no existan mecanismos capaces de “extraerla” hacia otras zonas. La intensificación de los vientos del oeste, como consecuencia de El Niño resulta un elemento desfavorable para la formación de los ciclones tropicales por cuanto estas corrientes anómalas más fuertes son capaces de extraer la energía que pudiera estar concentrándose en algún lugar del trópico y disiparla hacia latitudes más altas, abortando de esta forma la posibilidad de un desarrollo tropical.

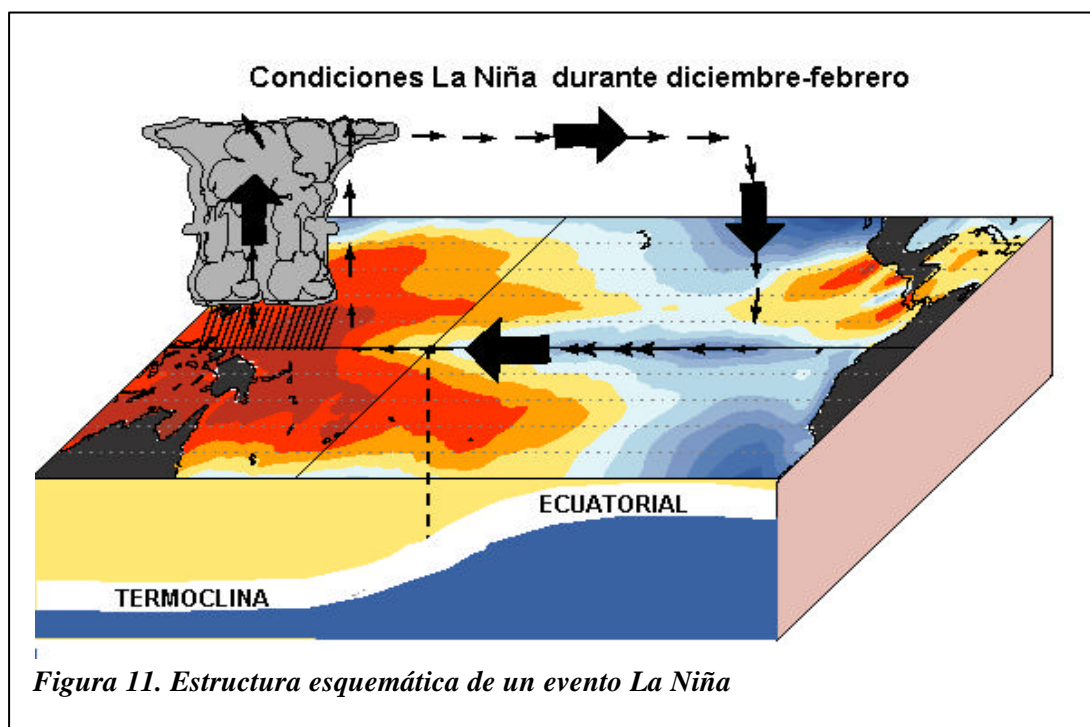
De esto se desprende que durante años "El Niño" debe esperarse una disminución del número de ciclones tropicales intensificados a categoría de huracán sobre o próximos a penetrar en la Cuenca del Caribe, mientras que durante el evento frío "La Niña" debe esperarse una tendencia inversa.

Esta conclusión resulta importante y debilita un tanto la imagen de El Niño como algo “maligno”. Demuestra además que el análisis de los impactos deben ser visto en términos de pérdidas pero también de ganancia, sólo así se podrá tener una real dimensión de los impactos. Sin embargo, esta conclusión al igual que las analizadas en otros impactos debe ser tomada en su real dimensión. Una disminución de la actividad ciclónica tropical no garantiza, de modo alguno, que una localidad no sea impactada por alguno de los pocos sistemas que logren formarse por lo que la disminución de la vigilancia y la preparación contra huracanes durante años El Niño podría ser literalmente “un suicidio”.



#### Capítulo 4. La Niña. ¿La otra cara de la moneda?

Como explicamos en el capítulo anterior, después que un ENOS alcanza su etapa de madurez y ha expandido su influencia por casi todo el Globo, los mecanismos restauradores, tanto en la atmósfera como en el océano, comienzan a imponerse y paulatinamente las condiciones en el Pacífico Tropical van alcanzando la “normalidad”. Sin embargo, un hecho singular puede complicar esta historia.



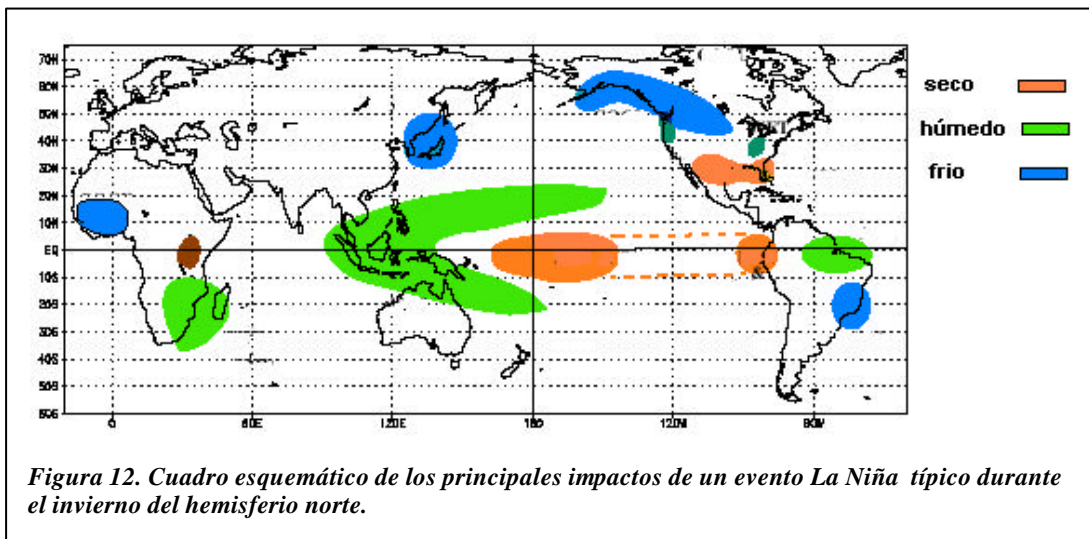
El océano es un medio más denso que la atmósfera. Esta característica física va a determinar que la respuesta del primero, ante la influencia de alguna perturbación, sea mucho más lenta que en el segundo. De hecho, mientras la atmósfera puede responder en cuestión de minutos hasta algunas horas, a la aparición de una perturbación, la respuesta del océano puede tomar semanas, creándose un “desequilibrio” entre los dos medios físicos.

Durante el proceso de debilitamiento de un ENOS los procesos restauradores van incrementando paulatinamente la intensidad de los Alisios, mientras, sobre el océano, las aguas cálidas del este se van refrescando y los máximos de temperaturas van apareciendo

paulatinamente hacia el oeste. Sin embargo, debido a los desequilibrios entre el océano y la atmósfera, puede suceder, que el proceso de calentamiento al oeste y enfriamiento el este de la Cuenca oceánica continúe, a pesar de que ya se hayan alcanzado los patrones atmosféricos normales y los mecanismos restauradores oceánicos hayan dejado de ejercer una influencia significativa. En este caso, el Océano Pacífico Oriental se “sobre enfría” mientras que al oeste la zona caliente se intensifica y penetra más al oeste de su posición normal. Este fenómeno tiene sobre la atmósfera consecuencias inversas al proceso de El Niño. El “sobre enfriamiento” intensifica el sistema anticiclónico del este del Pacífico lo que a su vez contribuye al incremento de la intensidad de los Alisios. Estos factores unidos al incremento de la actividad de lluvias al oeste resulta finalmente en una intensificación significativa de la celda de Walker. De esta forma, este “evento frío” tendrá consecuencias “opuestas” a El Niño en las zonas cercanas a la Cuenca del Pacífico. Las condiciones de aridez se intensificarán sobre las costas Peruanas y sus proximidades, mientras al oeste sobre Australia y Oceanía se experimentarán lluvias torrenciales.

A diferencia de El Niño, el conocimiento sobre la existencia de un “evento frío” no fué extraído de la tradición, sino que surge como resultado de la investigaciones científicas realizadas para un mejor conocimiento de los procesos que dan lugar a los eventos ENOS. Esto tiene una explicación simple si tenemos en cuenta que el efecto de tales eventos fríos puede percibirse, en las localidades próximas a la Cuenca, solo como un “reforzamiento” de las condiciones normales y no como una real “anomalía”, como es el caso de El Niño. A pesar de esto, pronto fue ganando terreno dentro de la comunidad científica la certeza de la existencia de un evento “opuesto” a El Niño y que en la década de los 1980s fuera bautizado por científicos norteamericanos como “ **La Niña**”. Este nombre cayó rápidamente en el torbellino de la polémica. Si bien el nombre de El Niño tenía un sustento en la tradición cristiana, el nombre La Niña aparecía como un producto “enlatado” que algunos asociaba a algo irrespetuoso. Pronto surgieron nombres alternativos como “ El Viejo” aunque, a fuerza de uso, el término La Niña se ha impuesto paulatinamente. Realmente, desde el punto de vista científico parece más adecuado hablar del evento ENOS como un proceso único y de El Niño y La Niña como las fases cálidas y frías respectivamente de un mismo proceso.

Aunque La Niña puede considerarse como el proceso opuesto a El Niño y sobre las localidades directamente influenciadas ser percibida como “ la otra cara de la moneda” del ENOS, esta aseveración debe ser tomada con cautela cuando analizamos la “acción a distancia” . Muchos factores externos pueden alterar los efectos de la respuesta atmosférica y cambiar radicalmente los patrones climáticos esperados sobre localidades alejadas. El hecho importante de que La Niña “refuerce” las condiciones consideradas “normales” también contribuye a que en ocasiones sea muy difícil encontrar su “señal” dentro de los registros climáticos.



Detrás de cada Evento El Niño, no necesariamente debe esperarse una Niña. Las condiciones que llevan a su origen presentan aún aspectos tan desconocidos como en el caso de su “variante masculina”. Ellas son también, por lo general, más débiles y ligeramente menos frecuentes. Sin embargo, si queremos entenderlas mejor, ellas deben ser vistas como parte de un gran ciclo. Ese ciclo que ha estado ahí, acompañándonos y condicionando silenciosamente, la vida de civilizaciones enteras durante siglos y que hoy, ante la perspectiva de Cambios Climáticos irreversibles inducidos por la actividad humana nos hacen reflexionar en la fragilidad del hombre ante la inmensidad de Medio Ambiente que lo rodea.

## Capítulo 5. Prediciendo El Niño.

El proceso de “acción a distancia” conocido en meteorología como “teleconexiones” resulta crucial para el entendimiento cabal de la variabilidad natural del Clima y además es una pieza clave en todos los esfuerzos para el establecimiento de sistemas de predicciones climáticas.

Las predicciones climáticas son la vía mediante las cuales tratamos de inferir o calcular como será el clima del futuro para dentro de un mes, una temporada, un año o incluso para un número dado de años. Conocer, por ejemplo, si la próxima temporada de invierno va a ser lluviosa o cálida, reviste una importancia fundamental desde el punto de vista económico y social, debido a que permite una mejor preparación para posibles eventualidades. De esta forma, mientras los pronóstico diarios del tiempo que normalmente vemos en la TV u oímos en la radio, nos ayudan a tomar decisiones en nuestra vida diaria. Las predicciones climáticas nos ayudan a prepararnos, a trazar estrategias de acción general para mayores periodos de tiempo. Ilustremos lo anterior con un ejemplo simple: Supongamos que hemos pronosticado que los próximos dos meses van a ser más lluviosos que lo normal, esto es una predicción climática que nos ayudará a trazar una estrategia de acción. Por ejemplo, trataremos de reparar el techo de nuestra vivienda con premura, haremos un plan de recolección de las cosechas que pudieran ser afectadas y hasta trataremos de comprarnos un nuevo paraguas. Sin embargo, esta predicción no nos dirá exactamente que día dentro de estos meses va a ocurrir la lluvia, por lo tanto para eso tendremos que prestar atención a los pronósticos diarios. Ellos nos dirán cuando deberemos estrenar nuestro nuevo paraguas.

La importancia del efecto a distancia dentro de las predicciones climáticas puede ser mejor entendida si tenemos en cuenta una singularidad importante de los procesos tele conectivos. Estos procesos transfieren las anomalías a través de las perturbaciones introducidas dentro de las circulaciones atmosférica y oceánica, por lo que el mismo no es instantáneo, introduciéndose un retardo entre la “causa” y el “efecto” que puede ser inclusive de varios meses. De esta forma por ejemplo, si en una localidad específica,

podiera establecerse con claridad que la aparición del ENOS durante el otoño implica la existencia de un próximo invierno lluvioso entonces el simple diagnóstico de la existencia de un ENOS en proceso, permitiría establecer una predicción climática segura de lluvias abundantes con varios meses de anticipación.

Lógicamente, el cuadro anterior resulta extremadamente simplificado y poco realista. No sólo, el evento ENOS posee una variabilidad intrínseca que hace que los patrones de acción sobre los procesos de circulación sean extremadamente complejos y variables sino que además la “señal” ENOS sobre la variabilidad climática en una localidad o región específica, se encuentra montada sobre un espectro muy complejo de “señales” proveniente de otros procesos dentro del Sistema Climático. Sin embargo, y a pesar de su variabilidad, el impacto ENOS puede presentar elementos estables y comunes a todos, que pueden ser de mucha utilidad en el establecimiento de las predicciones climáticas. Además, si se cuenta con sistemas de predicción y monitoreo adecuados es posible entender mejor y tener en cuenta las singularidades de cada evento. Es por eso que en la actualidad, los esfuerzos por obtener modelos de predicción de la aparición y evolución del evento ENOS resultan cada vez más intensos con el objetivo de hacerlos cada vez más seguros y confiables.

En la actualidad, una amplia variedad de métodos tratan de resolver el problema de la predicción a largo plazo de la aparición y evolución de un evento ENOS. Todos, en general, parten del análisis de una variable descriptora que normalmente lo constituye las temperaturas o anomalías oceánicas o alguna de las variantes del Índice de Oscilación del Sur (SOI). Sin embargo, en una aproximación gruesa, estos métodos pueden ser divididos inicialmente en dos grandes grupos:

### **Métodos dinámicos.**

Básicamente estos tratan de simular, a través del desarrollo de ecuaciones de la física-matemática, las complejas interacciones del Sistema Océano-Atmósfera. Estos sistemas, por lo general, se basan en el acople existente entre los sistemas durante el paso de un estado cálido a uno frío.

Actualmente, existe un número importante de modelos dinámicos. Sin embargo, aún no es posible la definición de ventajas significativas o relevantes entre uno y otro debido a la existencia de una alta dispersión en los resultados, lo cual es fundamentalmente debido a un deficiente conocimiento de todos los procesos físicos involucrados en un evento ENOS. Si no lo conocemos totalmente, será entonces imposible predecirlos exactamente por esta vía.

### **Métodos estadísticos.**

Estos métodos tienen el mayor atractivo de su relativa sencillez frente a los modelos dinámicos y están basados en la aplicación de técnicas de la estadística matemática o ramas afines. En general estas técnicas toman la información acumulada de los eventos pasados e infieren, de alguna forma el comportamiento del futuro.

Aunque indudablemente cada uno de los métodos de predicción poseen virtudes y deficiencias particulares, hasta el presente existen dificultades comunes a todos los modelos que son motivados por el conocimiento aún incompleto que se tiene de los mecanismos formadores del ENOS . Por ejemplo, muchos de los modelos fallan en su capacidad de predecir la aparición de un evento ENOS y sólo son capaces de describirlo una vez que el calentamiento ha comenzado, mientras otros no tienen la capacidad de discriminar en la predicción de un evento fuerte. Realmente, no resulta posible establecer una superioridad respecto a algún método específico. Mientras la mayor dificultad de los dinámicos esta en un deficiente conocimiento de la naturaleza de los fenómenos físicos, en los estadísticos lo es la inapropiada elección de predictores y modelos y la dificultad intrínseca de actuar como “cajas negras” a espaldas de la física del problema.

Predecir mejor al ENOS nos permitirá estar mejor preparados para enfrentar sus efectos. No sólo es necesario entender el proceso, aprender a valorar adecuadamente sus impactos sino también ser capaces de adelantarnos a la naturaleza y prever lo que sucederá. Sin embargo, un buen pronóstico sobre ENOS nunca será adecuadamente efectivo si no hemos desarrollado una clara habilidad de enfrentar sus efectos adversos y sacar provecho de sus



aspectos positivos. Si la sociedad y el hombre no acaban de aprender, de manera realista, a entender a qué se están enfrentando.

## **Conclusiones. El final de una historia?**

Durante el recorrido por estos cortos capítulos, hemos visto los aspectos esenciales que nos ayudará a entender mejor a El Niño y la forma en que él es capaz de afectar la vida cotidiana de millones de personas sobre el planeta. El Niño, es quizás un ejemplo magnífico que ilustra una realidad a la que no pocas personas le dan la espalda. La realidad de que vivimos todos juntos bajo una misma casa, de que cualquier alteración hecha en un lugar de nuestro planeta, por muy pequeño y alejado que sea ese lugar, puede afectarnos a todos. Quizás, la popularidad ganada en los últimos años por El Niño y la percepción general existente sobre su importancia, ayude a que la humanidad gane más en conciencia de otros asuntos no menos importantes pero a la vez, menos entendidos como es el Cambio Climático Global y el deterioro progresivo del Medio Ambiente.

Conocimos a El Niño en su magnitud oceánica. Aprendimos que su nombre proviene de la tradición de los pescadores de las costas peruanas, a partir de una fluctuación anual de las corrientes marinas, que no siempre está vinculado pero que cada cierto número de años se asocia a un fenómeno de calentamiento oceánico mucho más vasto e intenso. Hemos visto que El Niño no es un fenómeno nuevo, ha estado con nosotros desde hace milenios. Sin embargo, durante las últimas décadas parecen haberse hecho más intensos y frecuentes. Hasta donde este hecho constituye una fluctuación natural del Clima mundial y hasta donde es reflejo de los Cambios Climáticos inducidos por el hombre, es algo aún por desentrañar.

Aprendimos algo de la complicada maquinaria atmosférica y oceánica que provocan los efectos a distancia o “teleconexiones”. Sobre La Oscilación del Sur que completa el panorama de un evento más general y complejo llamado ENOS. Sin embargo, vimos además que la tarea de descubrir los impactos atribuibles al ENOS resulta, en ocasiones, una tarea muy difícil ya que el clima de una región está influenciada por muchos otros elementos no atribuibles al ENOS.

El evento ENOS no debe ser visto solo en términos de pérdidas y desastres. Aunque el aspecto negativo de los impactos resulta, lógicamente de gran importancia, durante un ENOS pueden producirse condiciones climáticas favorables o “impactos positivos”. Por lo que un estudio de los impactos, para que sea completo, deberá enfocarse no solo en términos de pérdidas sino también de oportunidades.

Conocidos son los esfuerzos que realizan los hombres para predecir al ENOS y utilizar estos pronósticos para realizar mejores predicciones climáticas. Pero, sobre todo, la historia de El Niño, es una **Historia sin Fin**. Seguramente cada año iremos conociendo más de este maravilloso fenómeno y los mecanismos de predicción y monitoreo se perfeccionarán hasta límites inimaginables. Sin embargo, a pesar de que algún día la humanidad desentrañe todos sus misterios, El Niño continuará allí, sorprendiéndonos con su magnificencia y recordándonos la fragilidad del equilibrio que soporta la vida.

## Referencias .

### 1. Textos dedicados a El Niño.

- Capel Molina J. J. 1999: *“El Niño” y el sistema climático terrestre*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Diaz, H. F. y F. Markgraf (eds), 1992: *El Niño: Historical and paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge: Cambridge University press.
- Glantz, M. H. 1996: *Currents of Change. El Niño's impact on climate and society*. Cambridge: Cambridge University press.
- Glantz M. H. 2001: *Once Burned Twice Shy? Lesson learned from the 1997-98 El Niño*. Hong Kong. The United Nation University.
- WMO (World Meteorological Organization) 1999: *The 1997-1998 El Niño Event: a Scientific and Technical Retrospective*, WMO-No.905. Geneva.

### 2. Otros textos de interés.

- Stern, P. C. y William E. 1999: *Making climate forecast matter*. Washington: national Academy of Sciences.
- Peixoto, J. P. y Abraham H.Oort 1991: *Physics of climate*. New York: American Institute of Physics.

### 3. Algunos artículos relacionados con El Niño en Europa y España.

- Cárdenas, P. y Naranjo L. 2000: El Niño, La Oscilación del Sur y el ENOS. Papel en la predictibilidad de elementos climáticos. *Anales de Física*,95
- Laita, M. y Grimalt M. 1995: ¿Podrían estar apareciendo indicios del cambio climático en variables dinámicas del mediterráneo Occidental?. *Rev. De Meteorología. Boletín de la AME*. Madrid,
- Pozo-Vazquez, D.; Esteban-Parra, M. J.; Rodrigo, F. S.; y Castro-Diez, Y. 2001: The association between ENSO and Winter Atmospheric Circulation and Temperatures in the North Atlantic Region. *J. Climate. Vol 14*.
- Quereda, J. y Montón, E. (1994): Las lluvias torrenciales en la Comunidad valenciana. Interacciones atmósfera-mar Diputación Provincial de Castellón.

- Rodríguez-Puebla, C.; Encinas, A. H. ; Nieto, S. y Garmendia, J. 1998: Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *Int. J. of Climatology*.
- Van Oldenborg, J. y G. Boyer 2001: The effect of El Niño on precipitation and temperatures; an update. (sometido a BAMS).

#### **4. Algunos sitios web vinculados a El Niño.**

En inglés:

[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/lanina/](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/)

<http://www.elnino.noaa.gov/edu.html>

<http://nsipp.gsfc.nasa.gov/enso/>

[http://www.oar.noaa.gov/k12/html/el\\_nino.html](http://www.oar.noaa.gov/k12/html/el_nino.html)

<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/soi.htm>

<http://www.knmi.nl/onderzk/>

<http://www.bom.gov.au/climate/>

<http://www.ecmwf.int/services/seasonal/forecast/index.jsp>

<http://www.unesco.org/phi/libros/enso/douglas.html>

En español:

<http://www.cepis.org.pe/eswww/elnino/elnino.html>

<http://www.concytec.gob.pe/investigacion/biologia/riben/riben.html>

<http://www.lamolina.edu.pe/elnino/default.htm>

[http://www.coaps.fsu.edu/lib/enso\\_sites.html](http://www.coaps.fsu.edu/lib/enso_sites.html)