

## **APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DE LAS CORRIENTES OCEÁNICAS Y SU INFLUENCIA EN EL CLIMA. EL FENÓMENO DE LA CORRIENTE DE EL NIÑO**

*José Amestoy Alonso*

### **RESUMEN**

El estudio de las corrientes marinas y su influencia en el clima, es una de las actividades que los Servicios climáticos y meteorológicos están realizando con mayor intensidad en los últimos tiempos.

Las corrientes marinas frías promueven una disminución de la temperatura y de las precipitaciones en las tierras adyacentes, como sucede con las que pasan frente a las costas de California, Perú, Chile....Las corrientes cálidas, en cambio, aumentan las temperaturas en tierra, como ocurre con el Gulf Stream y su derivación, la corriente nordatlántica que afecta a Europa occidental.

El agua del mar lleva en disolución elementos químicos existentes en la tierra, como cloro, sodio, sulfatos, magnesio, calcio y potasio, además de gases disueltos como el hidrógeno y el oxígeno.

La circulación oceánica y atmosférica tiene recíprocas influencias. Ambas se interrelacionan e influyen.

Las corrientes marinas influyen en los climas; son una causa más de los distintos climas, pero en ocasiones pueden convertirse en una causa fundamental, sin olvidar, por ello, otras causas y factores.

En la actualidad la corriente de El Niño está cobrando mayor importancia en los estudios climáticos. Desde el punto de vista geográfico interesa conocer el fenómeno en sí, sus repercusiones, cómo se estudia y en general qué organismos lo estudian y su metodología. El fenómeno de El Niño y La Niña están relacionados con el calentamiento o enfriamiento de las aguas superficiales del Pacífico en la zona intertropical.

**Palabras clave:** Vientos alisios, vientos Walker, desiertos costeros, termoclina, upwelling, ENSO, El Niño, La Niña.

---

\* Domicilio de trabajo: Ingeniero la Cierva s/n. 30203 CARTAGENA

## ABSTRACT

The study of sea currents and their influence on the climate is one of the activities on which the Meteorological and climate services are working more intensely in recent times.

Cold sea currents produce a drop in the temperature and a decrease in rainfall in adjacent lands, as it happens off the coast of California, Peru, Chile....Warm sea currents on the contrary, raise the temperature on land, as in the case of the Gulf Stream and its deviation, the North Atlantic current, which affects Western Europe.

Sea waters contain a solution of chemicals existing on land, such as chlorine, sodium, sulphates, magnesium, calcium and potassium, and dissolved gases like hydrogen and oxygen.

Oceanic and atmospheric circulation interact. Both are associated and influence each other.

Sea currents have an influence on the weather; they are one more cause of the different climates, but they can occasionally become the main cause, not forgetting other causes and factors.

Nowadays El Niño phenomenon is becoming more and more important in climate studies. From the geographic point of view it is interesting to know the phenomenon in itself, its effects, how it is studied and in general which organizations study it and their methodology. El Niño and La Niña phenomena are associated to the warming or cooling of sea-surface waters in the tropical Pacific.

**KEY WORDS:** Trade winds, Walker winds, coastal deserts, thermocline, upwelling, ENSO, El Niño, La Niña.

## PLANTEAMIENTO

Océanos y mares - cuya profundidad media oscila entorno a los 3.800 m- recubren alrededor del 71% de la superficie de la Tierra, elevado porcentaje que obliga a examinar en su medida la componente marina existente en la piel terrestre. A su vez, conviene señalar que el 94% de toda el agua del planeta se halla en los océanos.

Para Mateu Belles (1) "el comportamiento diferenciador de océanos y continentes respecto a los aportes calóricos solares constituye un elemento más a la hora de interpretar la circulación atmosférica o la misma zonificación biogeográfica. En este sentido se puede afirmar que las masas oceánicas constituyen un ambiente fundamental para la comprensión y explicación general del planeta y, en concreto de las tierras sumergidas. Un planeta tierra donde no hubiera masas oceánicas, presentaría unos paisajes tan desolados como los recién explorados de la Luna."

Las corrientes oceánicas pueden producir además efectos pronunciados sobre el clima. Las corrientes oceánicas frías, como las que pasan frente a las costas de California, Chile, Perú, África occidental y otros lugares, promueven una disminución de la temperatura y

de las precipitaciones en las tierras adyacentes. Las corrientes cálidas aumentan, en cambio, la temperatura en tierra, como sucede con la del Golfo y su derivación, la corriente nordatlántica que afecta a Europa occidental.

“Recientes estudios científicos- como afirma M.Toharia (2)- han pretendido ver en la alternancia de la temperatura” de la Corriente de El Niño “ habitualmente fría una especie de clave, a escala planetaria, para explicar los climas de todo el mundo y sus peculiaridades, incluidos los cambios a largo plazo. Sin duda las corrientes oceánicas tienen una importancia grande, quizá mayor de lo que se sospechaba, en el transporte y en el reparto de la energía calorífica que llega del Sol y que utilizan, en movimientos de todo tipo, tanto las aguas marinas como la atmósfera.”

Siguiendo a J.Gribbin (3) “ valdría la pena saber más de lo que sabemos acerca de la influencia de un importante componente de la máquina atmosférica del que hasta ahora” sabemos: << los océanos >>. Los investigadores en climatología están de acuerdo en que el océano debe tener una función vital en el funcionamiento de la máquina atmosférica. Al fin y al cabo, la atmósfera se halla realmente en contacto con el agua, y no con la tierra.”

En cuanto al origen de las corrientes marinas cabe señalar que algunas están engendradas por el oleaje, como es el caso de las costas, que al romper sobre ellas determina una corriente paralela a las mismas. Si alcanza a éstas oblicuamente origina una *deriva litoral*, importante en la formación de las playas. Las mareas engendran igualmente corrientes, de las cuales algunas son de las más rápidas, como ocurre entre Cotentin y la isla de Aurigny, que rebasa los 18 Km./ h; no obstante, sólo son muy rápidas en las cercanías de las costas; en el océano son mucho más débiles y, a menudo, insignificantes. En los estrechos, en donde se pone en comunicación el agua del mar con la del océano, se originan corrientes debido a la diferencia de temperatura y de salinidad. Tales contrastes engendran diferencias de densidad lo que da lugar a la formación de dos corrientes superpuestas y de sentido inverso, una de las cuales tiene mayor caudal que la otra. De este tipo de corrientes podemos encontrar ejemplos en los estrechos daneses; en éstos, el agua baja en salinidad fluye en superficie hacia el Mar del Norte y entra en profundidad una cantidad menor de agua salina, debido a que el Mar Báltico está sobrealimentado con agua dulce. Un ejemplo diferente es el del Mar Mediterráneo, que estando subalimentado por agua dulce, en los estrechos de Gibraltar y los Dardanelos entran en superficie aguas poco saladas, mientras que las aguas del Mediterráneo, más densas por ser más saladas, debido a la fuerte evaporación, se vierten en profundidad hacia el Atlántico y hacia el mar de Mármara. No obstante, estos tipos de corrientes marinas son de poco caudal.

Las corrientes de mayor caudal son las oceánicas a pesar de que su velocidad es a menudo muy baja, inferior a 1 m/s; sin embargo, su caudal es enorme, ya que arrastran, debido a su gran sección cantidades de agua considerablemente mayores que las de los ríos más grandes del mundo. Así el Gulf Stream transporta delante de la bahía de Chesapeake 74 millones de m<sup>3</sup>/ s, mientras que el Amazonas, primer río del mundo, sólo arrastra 200.000 m<sup>3</sup>/s en períodos de grandes crecidas. Estas grandes corrientes tienen una importancia capital, pues de ellas dependen algunos de los elementos del clima de la tierra. En cuanto a su origen se reconocen dos causas, el viento y las anomalías de repartición de densidad.

En esta aproximación, y desde un punto de vista geográfico, analizaremos sintéticamente por la importancia que tienen las características y propiedades del agua oceánica,

la interrelación entre atmósfera y océano, haciendo especial énfasis en la influencia de las corrientes oceánicas en el clima, así como el “fenómeno” de la corriente de El Niño y la “Oscilación del Sur de El Niño”, denominada ENSO según los expertos en climatología.

El material utilizado para este estudio es el que figura en las notas a pie de página. Asimismo hacemos constar que para el estudio del “fenómeno” de El Niño hemos manejado diversas páginas Web extraídas de Internet (\*), que por su utilidad reseñamos junto con un breve comentario de las mismas:

**Conexiones Mundiales en la Red:**

**NCAC / Grupo de impacto medioambiental y social.**

<http://www.dir.ucar.edu/esig/lanina>

Esta página Web de la cumbre de La Niña incluye el resumen y actas presentadas en la conferencia.

[http://www.dir.ucar.edu/esig/la\\_nina\\_home](http://www.dir.ucar.edu/esig/la_nina_home)

Predicciones y resúmenes de impactos regionales de La Niña.

**NOAA / PMEL / TAO: ¿ Qué es La Niña ?**

<http://pmel.noaa.gov/toga-tao/la-nina-story.html>

Este repaso es proporcionado por la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica, que vigila El Niño y La Niña ha colocado más de 70 boyas en el Pacífico.

**International Research Institute for Climate Prediction.**

<http://iri.ldeo.columbia.edu/>

Este centro colaborador patrocina una serie de investigaciones del ENSO, ilustradas por gráficos y puestas al día en su página Web.

**NOAA. Centro de Predicción Climática.**

[http://www.nnic.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/lanina/i](http://www.nnic.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/lanina/i)

Esta página incluye mapas de temperaturas y precipitaciones de tres meses durante fuertes Las Niñas.

<http://nic.fb4.noaa.gov/products/predictions/>

En esta página hay predicciones para los USA y discusiones sobre el ENSO.

**NOAA / CIRES. Centro de diagnóstico climático (CDC).**

<http://www.cdc.noaa.gov/ENSO>

Descubrimientos, gráficos y animaciones de La Niña y El Niño, y la evolución.

**NASA / Estado actual del Pacífico Tropical.**

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

En esta página encontramos imágenes de satélite, animaciones.

**NCAR / División del Clima y Dinámica Global.**

[http://www.ucar.edu/publications/lasers/el\\_nino](http://www.ucar.edu/publications/lasers/el_nino)

Introducción al ENSO y La Niña.

[http://neit.cgd.ucar.edu/cas/papers/clivar98\\_Santiago](http://neit.cgd.ucar.edu/cas/papers/clivar98_Santiago)

Trenberth trata muchos asuntos relacionados con la predicción de La Niña y El Niño.

---

\* Salvador Fernández Nuñez, profesor de Inglés, ha colaborado en la traducción de las páginas Web de Internet, a él nuestro agradecimiento.

**Centro Peruano de Estudios Sociales.**

<http://nimbus.efis.ucr.ac.cr/meteo/documentos/enos.html>

Esta página nos ilustra acerca de El Niño y el ENSO

[http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao\(elnino-report.html](http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao(elnino-report.html)

Para una mayor información de El Niño y el ENSO utilizar esta página Web.

**Oficina de Meteorología de la Commonwealth de Australia.**

<http://www.bom.gov.au/climate/glossary/elnino/elnino.shtml>

Esta página es bastante completa, pues relaciona la producción de trigo con el índice SOI. Expone las zonas más afectadas por El Niño, el ámbito de El Niño, la Circulación de Walker, etc.

<http://www.bom.gov.au/climate/glossary/elnino.shtml>

Página Web dedicada fundamentalmente a exponer bibliografía sobre El Niño y el ENSO.

**Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL / NOAA).**

<http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/elnino/home.html>

Sin duda, la página más completa sobre la actualidad de El Niño, con predicciones e información de todo tipo.

**Instituto Geofísico de Perú.**

<http://www.igp.gob.pe>

En esta página Web se recogen iniciativas promovidas por el gobierno de Perú relacionadas con la información sobre el fenómeno de El Niño. Además incluye artículos de divulgación científica, datos recientes y predicciones sobre las variables cruciales en la dinámica de esta perturbación climática.

**1.- CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS AGUAS MARINAS**

Las grandes etapas de la navegación dieron lugar a los primeros reconocimientos empíricos de la forma y extensión de los océanos. Sin embargo, es en el tránsito de los tiempos modernos cuando se descubre América y se da la primera vuelta al mundo, a la vez que se formulan teorías explicativas sobre el movimiento de los océanos y se miden las propiedades de las aguas marinas. Para Mateu Belles (4), las “primeras evaluaciones globales sobre las características y propiedades del agua de los océanos se debe a la expedición del Challenger”.

A partir de entonces se están utilizando barcos oceanográficos equipados con equipos y tecnologías muy complejos y submarinos que aportan nuevos descubrimientos sobre los dominios más profundos de los océanos. Sensores remotos y amplios programas en los que participan organismos internacionales en las últimas décadas han aportado numerosas informaciones.

En cuanto a los componentes químicos de las aguas marinas conviene analizar la Tabla 1 que nos ilustra sobre los principales sólidos disueltos en el agua oceánica y fluvial:

TABLA 1  
Componentes químicos sólidos disueltos en el agua oceánica y fluvial.

	Océanos		Ríos
	g/Kg.	%	%
Cloro	18,97	55,06	5,7
Sodio	10,56	30,58	5,8
Sulfato	2,64	7,68	12,1
Magnesio	1,29	3,74	3,4
Calcio	0,41	1,20	20,4
Potasio	0,38	1,12	2,1
Bicarbonato	0,14	0,41	35,1
Bromo	0,07	0,19	
Silicio			11,6
Oxido de Aluminio Férrico			2,7
Nitrato			0,9
<b>TOTAL</b>	<b>34,46</b>	<b>99,9</b>	<b>99,9</b>

Fuente: Mateu Belles, J.

De acuerdo con Mateu Belles (5), “ el agua del mar lleva en disolución gran número de elementos químicos existentes en la tierra. En conjunto suman en torno al 3,5 % del peso total del agua oceánica”. El cloro seguido del sodio, representan casi el 86% del peso total. Sin evaluar los gases disueltos, sobre todo el hidrógeno y el oxígeno, le siguen los sulfatos, magnesio, calcio y potasio. Por su parte, Aguilera Arilla et al (6) señalan que “las principales sales a considerar son: cloruro sódico (ClNa, en un 23 g por mil), cloruro magnésico (ClMg, en un 5 por mil), sulfato sódico (SO<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>, en un 4 por mil), cloruro cálcico (Cl<sub>2</sub>Ca, en un 1 por mil) y cloruro potásico (ClK, en un 0,7 por mil). Según estudios realizados, la composición de las aguas marinas, en su media general, parece que no ha variado visiblemente a lo largo del tiempo, lo cual lleva a la consideración de un sistema de equilibrio reflejado en el ciclo geoquímico,(...), en el que se produce un intercambio de material, a través de diversas interacciones y complejos procesos de realimentación, llevados a cabo durante siglos entre la atmósfera, el océano, los ríos, las rocas de la Corteza, los sedimentos marinos y el Manto”.

En la columna número 3 de la Tabla 1, aparecen los porcentajes medios de los sólidos fluviales, en el que podemos observar que el Bicarbonato con un 35,1% seguido del Calcio con un 20,4% son los elementos predominantes, a mayor distancia se sitúa el Sulfato con un 12,1% y el Silicio con un 11,6 %, y en cantidades por debajo del 6% se sitúan el resto de los elementos de procedencia fluvial.

Así mismo, el agua marina contiene gases disueltos necesarios para las plantas y los animales marinos; cabe destacar como más importantes el oxígeno, anhídrido carbónico (Dióxido de carbono), nitrógeno y argón, aunque su reparto es desigual.

Strahler (7) indica que “la salinidad del agua del océano varía de un punto a otro. En zonas de precipitación muy abundante, tales como las ecuatoriales, la salinidad oscila entre 34,5 y 35 por mil, mientras que en áreas muy secas, tales como el cinturón de anticiclones subtropicales, la evaporación eleva la salinidad del agua próxima a la superficie hasta valores superiores al 35,5 por mil”. Esta diferencia de salinidad provoca un movimiento superficial divergente de las aguas en el cinturón de bajas presiones ecuatoriales, mientras que en las áreas subtropicales las aguas que contienen una mayor salinidad provocan un movimiento de las aguas en sentido subsidente.

En las áreas tropicales, en las que la insolación es muy elevada, la evaporación de las aguas superficiales provoca un incremento de la concentración de sales, dando lugar a que la salinidad llegue hasta el 38 por mil.

En las zonas templadas del clima mediterráneo, el agua del Mar muy cálida debido a la fuerte insolación, eleva la salinidad, llegando al 39,5 por mil en las costas de Sicilia.

El Mar Rojo, encuadrado entre desiertos, tiene el máximo de salinidad, alcanzando hasta un 43 por mil.

La menor salinidad se encuentra en latitudes altas, en los mares árticos, donde la insolación es muy pequeña, y debido a ello la evaporación es escasa. A esto hay que añadir que estos mares reciben un aporte elevado de agua dulce por la fusión del hielo.

En los fondos oceánicos la salinidad es más uniforme que en la superficie; sin embargo existen distintas capas de mayor a menor salinidad en función de la profundidad. Así se ha observado que entre los 700 y 1000 m. existe un mínimo de salinidad, debido al descenso de las aguas superficiales subárticas; entre los 1.500 y los 4.000 m. de profundidad la salinidad vuelve a incrementarse, descendiendo nuevamente el aporte salino a partir de los 4.000 m. de profundidad.

Respecto a la procedencia de los componentes de las aguas marinas, como señala Aguilera Arilla et al (8) “es diversa y su explicación ha pasado por diversas teorías. Boyle, ya en 1670, demostró que las aguas continentales aportaban al mar pequeñas cantidades de sal; hoy en día, las modernas teorías se basan también en las corrientes de convección. Según esta nueva explicación, es en la dorsal centro-oceánica y debido a la expansión del fondo oceánico donde aparecen las <<aguas juveniles>> acompañando a las rocas del Manto ( las aguas juveniles son aquellas que no han estado nunca en fase líquida y que proceden directamente del Manto )”. En estas aguas se encuentran muchos de los componentes de las aguas marinas. También se considera que contribuyen a su composición los sólidos en suspensión generados en las dorsales mediooceánicas y en las erupciones marinas, a las que habría que añadir diversos intercambios iónicos muy activos y complejos que no son del todo conocidos.

Desde el punto de vista climático los océanos y mares se convierten en reguladores térmicos; en este sentido, debemos recordar que la capa superficial de océanos y mares se recalienta debido a las radiaciones solares. Sin embargo, su acción es diferente según la latitud, de este modo del Ecuador a los Polos la temperatura de las aguas superficiales decrece en cierta medida de modo regular. Si observamos los Mapas de Isotermas de la superficie de las aguas marinas en Agosto y en Febrero, se desprende lo siguiente:

Durante el mes de Agosto, la temperatura de las aguas intertropicales superan los 25° C, sobrepasando el Trópico de Cáncer en los Océanos Pacífico, Atlántico e Índico en el Hemisferio Norte, excepto en las áreas por las que circulan corrientes oceánicas frías, lo que provoca una disimetría entre las costas occidentales y orientales de los continentes.

A la altura de la Península Ibérica la temperatura es de 20° C y en Irlanda de 15° C, y a la altura de Noruega y Círculo Polar Ártico llega a 10° C, en cambio en el Noreste de Estados Unidos y Canadá las temperaturas oscilan entre 5 y 15° C por oposición entre las corrientes oceánicas cálidas y frías.

En el Hemisferio Sur el Trópico de Capricornio tiene una temperatura de 20° C decreciendo paulatinamente hacia el Círculo Polar Antártico por efecto de las corrientes oceánicas frías.

En Japón las temperaturas oscilan entre 25° C en el S. del archipiélago y 15° C en el N del mismo por oposición entre la corriente cálida de Kuroshio y la fría de la Oyashio.

Durante Febrero, las temperaturas de las aguas superficiales con 25° C no superan el Trópico de Cáncer, inclusive están por debajo del mismo.

En general, las temperaturas del agua superficial en el hemisferio Norte descienden de latitud, así en la Península Ibérica se encuentran entre 10 y 15° C.

En Terranova, por ejemplo, y por oposición al Noroeste de Francia, la temperatura es de 0° C, mientras que en el Noroeste francés se sitúa en torno a los 10° C, por el descenso de la Corriente del Labrador y del Gulf Stream respectivamente.

En el Hemisferio Sur las temperaturas de las aguas superficiales superan los 25° C en las proximidades del Trópico de Capricornio, disminuyendo progresivamente hacia el Círculo Polar Antártico.

Las aguas del mar tienen una gran capacidad calorífica, manteniéndose a una temperatura superior a la del aire; a su vez son menos sensibles que las continentales a las variaciones de la insolación diaria y estacional. Las temperaturas medias de las aguas superficiales de los océanos no varían de 3° C en torno al Ecuador y de 5° C a 10° C en latitudes medias, en función del mes más frío y del mes más cálido.

Por otra parte, en latitudes altas las aguas superficiales están siempre frías, debido a la falta casi permanente de radiaciones solares. Es frecuente que se hielen cuando la temperatura desciende por debajo de -2° C.

A medida que se desciende en profundidad las temperaturas disminuyen. A partir de los 300 m. de profundidad las radiaciones solares ya no les afectan. A unos 1.500 m. la temperatura se sitúa en torno a los 4° C. En las grandes profundidades oceánicas las temperaturas son muy frías, del orden de 0,1° C a 0,8° C.

Los océanos constituyen, por tanto, una reserva calor, y por este motivo tienen una gran influencia en el clima. Sin embargo, numerosos factores ambientales provocan cambios de temperatura en mares y océanos, tanto en el tiempo como en el espacio. Siguiendo a Mateu Belles (9), la temperatura de las aguas marinas puede tener una distribución horizontal y vertical; en el caso de la distribución horizontal, las temperaturas medias anuales disminuyen desde el Ecuador (unos 30° C) hasta los Polos (- 2° C). En cuanto a la distribución vertical dicho autor indica que “el descenso térmico desde la superficie a los fondos marinos abisales no es uniforme, sino que muestra cierta estratificación térmica. Por lo general puede diferenciarse una capa superficial o epitalasia que acusa directamente la temperatura ambiental media, una termoclina o superficie de discontinuidad térmica, y una capa profunda donde el descenso térmico es muy lento. La termoclina puede ser permanente, estacional o diurna”. Conviene para el estudio que estamos realizando ampliar estos últimos conceptos, para ello acudimos a Aguilera Arilla et al. (10) que nos ilustran en este sentido señalando que “las masas superficiales cuentan con un espesor reducido, aunque no es variable, como media no suele superar los 300 o 400 m aunque en algunos lugares se hayan llegado a reconocer hasta los 600 o 700 m; reflejan la temperatura ambiental media de la latitud en que se encuentran puesto que ellas son las que se ven afectadas directamente por la radiación solar y las condiciones atmosféricas de la zona. Las masas profundas alcanzan mucho más espesor, sus aguas son más densas y frías y provienen de las aguas más densas de la superficie que se han hundido (...); entre ambas masas de agua se dan mezclas que dan lugar a las aguas intermedias, conocidas con el nombre de termoclinas”. La profundidad de esta masa intermedia se ha calculado que alcanza los 1.500 m, y en ella, por lo general, la temperatura va decreciendo paulatinamente, al tiempo que también va aumentando su densidad.

## 2.- LA INTERRELACIÓN ATMÓSFERA-OCÉANO

La circulación atmosférica y oceánica tienen recíprocas influencias. Ambas se interrelacionan y se influyen. El océano tiene una importancia vital en el funcionamiento de la máquina atmosférica, ya que la atmósfera se halla en contacto con el agua oceánica en un 72% de la superficie terrestre. En este sentido, Gribbin (11) indica que “la circulación de la atmósfera es impulsada por el calor (...), de hecho el océano es el almacén inicial de la radiación solar incidente, y es él, mucho más que la tierra firme, el que desprende calor en la base de la atmósfera para poner en marcha la máquina atmosférica. Al mismo tiempo, el océano hace de amortiguador contra los cambios bruscos debido al alto valor de su calor acumulado. Al igual que los climas templados son moderados merced a la influencia de los océanos situados al oeste, el clima de toda la Tierra es amortiguado dentro de ciertos límites por la influencia moderadora de la fuente de calor oceánica (...); hay ya pruebas claras de que el océano no sólo influye sobre el clima por medio de su propio sistema circulatorio de grandes corrientes, tales como la del Golfo (...), sino también a través de influencias más sutiles por medio de las cuales <<machas>> calientes y frías de agua en la superficie oceánica ayudan a establecer ciertos sistemas característicos de vientos que tal vez se extienden a todo el Pacífico Norte. Éstos, a su vez, consolidan la distribución de temperaturas en la superficie del mar, produciendo una realimentación que refuerza el sistema local de circulación atmosférica y su influencia sobre el funciona-

miento global de la máquina atmosférica. Las <<anomalías>> en la temperatura de la superficie del mar, causadas por afloramiento de agua caliente o fría, constituyen una fuente adicional de calor, o bien un <<sumidero>> que lo consume, lo cual debe de ejercer un gran efecto sobre la atmósfera situada por encima”.

El sistema de vientos originado por la circulación general de la atmósfera genera principalmente movimiento en las aguas superficiales. Olas y corrientes marinas son el resultado de la influencia de la atmósfera sobre los océanos. Las aguas marinas, a través de procesos de precipitación y evaporación modifican su densidad. El agua marina, a su vez, cede calor como consecuencia de la evaporación, enfriándose por la pérdida de calor latente de evaporación. Por otro lado, la humedad, el calor y las sales que llevan las masas de agua han sido cedidas por los océanos. El calor del agua de los mares y océanos genera perturbaciones atmosféricas, sobre todo, en latitudes bajas entre los 8° y 15° de latitud N. y S. En este sentido Aguilera Arilla et al (12) señalan que “la atmósfera, a través de los procesos de precipitación y de evaporación, implica una modificación en la densidad de las aguas, ya que en el primer caso disminuye el porcentaje de sales y el segundo lo incrementa. Por otro lado, la evaporación conlleva a su vez un enfriamiento del calor superficial de las aguas, puesto que para llevar a cabo este proceso se necesita el calor latente de evaporación que es cedido por el agua”.

Del mismo modo, la falta o abundancia de nubes, que depende de las condiciones atmosféricas, permitirá conocer cuándo y dónde el océano será calentado, en función de que las nubes cubran o no ciertas partes del mismo. La atmósfera a través de las bajas y altas presiones origina un aumento o descenso de las masas de agua oceánicas mediante procesos de descompresión o compresión de las mismas.

Por su parte, el océano - como indican Aguilera Arilla et al (13) - ejerce una notable influencia sobre la atmósfera en función de la humedad, el calor y las sales que aporta a las masas de aire, las cuales se pueden ver modificadas con respecto a sus características originarias. El océano transfiere humedad a las masas de aire a través de la evaporación. Evidentemente el océano es el lugar donde generalmente el aire está más cargado de humedad y hay una mayor nubosidad. Así, una masa de aire seca por su origen puede cargarse de humedad al pasar por encima del océano y producir precipitaciones posteriormente en las zonas costeras. En cuanto a la transferencia de calor, el océano repercute más en la temperatura atmosférica que la temperatura atmosférica en los océanos. Esto se debe a que el aire tiene mucha menos capacidad térmica que el agua, así, pues, el agua de los océanos aporta a la masa de aire inmediata una gran cantidad de calor, tanto por transferencia directa como a través del vapor de agua. Otra incidencia lo encontramos en la formación de los ciclones tropicales que se desarrollan sobre los océanos en las latitudes comprendidas entre los 8° y los 15° de latitud N. y S.. En la formación de estas borrascas es fundamental la alta temperatura que alcanza en estas zonas sobre la superficie del mar, en torno a los 27°C, que confiere un fuerte recalentamiento a las capas bajas del aire, dando lugar a una fuerte inestabilidad. La menor variabilidad de la temperatura de las aguas marinas conlleva un papel de regulador térmico, de forma que en verano las regiones costeras están relativamente más frescas, y en invierno se atemperan las costas.

Por su parte, Capel Molina (14) señala que, “El Niño representa uno de los más extraordinarios ejemplos de la estrecha interacción océano-atmósfera, entendiéndose como

parte integrante del Sistema Climático Terrestre, ya que, aunque se configura en latitudes ecuatoriales del océano Pacífico, altera las condiciones medioambientales normales del ámbito intertropical y sus impactos asociados afectan a escala planetaria”.

### 3. LA INFLUENCIA DE LAS CORRIENTES MARINAS EN LOS CLIMAS

Una vez analizadas las características de las corrientes marinas y la interrelación Atmósfera-Océano, debemos preguntarnos ¿cómo influyen las corrientes marinas en algunos climas?. Para contestar a esta pregunta pondremos varios ejemplos; no obstante, debemos advertir que las corrientes marinas, sean estas cálidas o frías, son una causa más de los distintos climas, pero que en ocasiones pueden convertirse en una causa fundamental, sin olvidar por ello otros factores y causas, de las que citamos las más sobresalientes: así el Jet Stream como motor de la dinámica atmosférica, el Frente Polar, las masas de aire polar y tropical y sus derivaciones en función de la procedencia continental o marina; los efectos del CIT, la orografía, los ciclones tropicales, las bajas presiones térmicas continentales, los alisios cálidos y secos de procedencia continental, la verticalidad de los rayos solares, la convección térmica, las altas presiones dinámicas subtropicales y térmicas continentales, la continentalidad, la sombra pluviométrica, la latitud, la distribución de tierras y mares, la altitud..etc.

En el clima monzónico las corrientes marinas cálidas mantienen la inestabilidad del aire en las costas orientales. Sin embargo, las corrientes marinas frías en la zona tropical y en las fachadas occidentales sobre las que consiguientemente se ha instalado una masa de aire fría marítima, al llegar a unas tierras que por su latitud tienen unas temperaturas más elevadas, disminuyen su humedad relativa ( el aire cálido puede contener mayor cantidad de vapor agua que el aire frío), lo que impide sus posibilidades de precipitación, aunque en contraposición, crean abundantes brumas (15). En este sentido M. Toharia (16) señala que “una de las corrientes más significativas al respecto, precisamente porque es bien conocida por los pescadores de Perú, es la rama de la corriente de Humboldt, en el Pacífico sur, que sube desde latitudes casi polares, bordeando las costas de América del Sur. La corriente está formada por aguas frías, no sólo por que vienen desde el extremo sur de la península suramericana sino también porque proceden de las zonas profundas y suben hacia la superficie, un fenómeno que los científicos denominan *upwelling*”. La formación de brumas que impiden la posibilidad de precipitaciones es lo que origina los desiertos costeros de las fachadas occidentales de los continentes, situados entre los 15° y los 30° de latitud.

Estos desiertos costeros muestran una mayor humedad que los desiertos tropicales dominados por las Altas Presiones subtropicales estables, ahora ya no nos encontramos con un aire seco y cielos limpios, sino que se encuentran con un aire húmedo y abundantes nieblas, aunque su suelo siga siendo seco. La mayor humedad lleva consigo que las temperaturas extremas sean más moderadas, con lo que se reduce la oscilación térmica. Así, sus temperaturas medias anuales se sitúan entorno a los 18° C, unos 5° C menos que en los desiertos tropicales. Este clima según la clasificación de Köppen se define como Bwn(n = nebel = niebla frecuente), también se le identifica como BWk. Hay que hacer notar que estos desiertos costeros se prolongan hacia el interior dibujando una diagonal,

como es el caso del desierto Atacama; ejemplo, también, de desierto costero afectado por una corriente fría es el de Namib y la corriente que le afecta es la de Benguela.

TABLA 2  
Precipitaciones y temperaturas en Antofagasta ( 23° 42' S )

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
T°C	21	21	19,5	18	16	14,5	14	14	14,5	16	17,5	19	17
Pmm	0	0	0	<1	<1	2	5	2	<1	2	<1	0	12

Fuente: STRAHLER, A. (17)

TABLA 3  
Precipitaciones y temperaturas en Walvis Bay, África del sudoeste ( 22° 56' S )

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
T° C	19	19,5	19	18,5	17	16	14,5	14	14	15	17	18	17
Pmm	<1	5	7	2	2	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	23

Fuente: STRAHLER (18 )

Tabla 4  
Precipitaciones y temperaturas en Assuán, Egipto ( 24° 02' N )

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
T° C	16,5	18,5	22,5	27	31,5	33,5	33,5	33,5	31,5	29	23,5	18,5	27
Pmm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	0	<1	<1	<1	<2

Fuente: STRAHLER, A. (19)

De todo ello se desprende lo siguiente:

- Los Desiertos tropicales costeros influidos por una corriente marina fría muestran mayor humedad, como es el caso de Antofagasta en el desierto de Atacama y de Walvis Bay en el desierto de Namib, que los desiertos tropicales afectados por Anticiclones subtropicales estables, como es el caso de Assuán en el desierto egipcio prolongación del Sahara, desierto hiperárido en el que las precipitaciones son < 2 mm anuales.

- Las temperaturas extremas son más moderadas en los desiertos tropicales costeros; así en Antofagasta, Enero y Febrero tienen la máxima temperatura con 21°C y la mínima en Julio y Agosto con 14°C; en Walvis Bay, la temperatura máxima se sitúa en 19,5°C en Febrero y la mínima se encuentra en Agosto y Septiembre con 14°C. De aquí que la oscilación térmica en ambos desiertos sea moderada, 7°C en Antofagasta y 5,5°C en Walvis Bay. En cambio, en Assuán, existen tres meses con temperatura máxima de 33,5°C, Junio, Julio y Agosto, frente a Enero que tiene la temperatura mínima con 16,5°C; por ello, en los desiertos tropicales la oscilación térmica es elevada, en el caso de Assuán llega hasta

los 17°C. En cuanto a las temperaturas medias anuales se observa una diferencia entre los dos tipos de desiertos de 10°C, así Antofagasta y Walbis Bay tienen una temperatura media anual de 17°C frente a los 27°C de temperatura media anual de Assuán.

También en latitudes templadas las corrientes marinas tienen su incidencia en el clima; las influencias de las corrientes marina cálidas o frías, junto a la circulación general atmosférica, representa una diferencia climática entre las fachadas orientales y occidentales. El clima lluvioso templado de veranos secos, más conocido como “mediterráneo” o “subtropical con verano seco”, se desarrolla entre los 30° y 40° de latitud y en Europa hasta los 45° en la fachada Oeste o sudoeste de los continentes. En estas latitudes opone dos variedades la Csa y la Csb, según Köppen; la primera corresponde a la cuenca mediterránea y no está afectada por corrientes marinas frías; sin embargo, la variedad Csb tiene unas temperaturas más suaves en las costas debido a la influencia del océano y a que las corrientes marinas afectan a estas costas. De acuerdo con Aguilera Arilla et al. (20), “en verano la inexistencia de corrientes marinas frías en la cuenca mediterránea y sus características de mar cálido, llevan consigo la falta de una influencia marina moderadora de las temperaturas, por lo que éstas pueden elevarse notablemente. En cambio, en el clima Csb, el verano alcanza unas temperaturas solamente algo más elevadas que las de invierno, debido a la atenuación que ejercen las corrientes marinas frías y la ascendencia de aguas frías que se producen en estas latitudes próximas a las costas”. Sin embargo, la oceanidad es un factor rector del clima de la Península Ibérica. La temperatura relativamente alta de la superficie del Atlántico Norte, se debe al flujo de la famosa corriente del Golfo de Méjico y Mar Caribe, cuyas aguas calientes transporta hacia Europa. Durante todo el año un ramal de la corriente penetra claramente en el Golfo de Vizcaya. En el Estrecho de Gibraltar tiene lugar una fuerte penetración de aguas atlánticas hacia el Mediterráneo consecuencia de la gran evaporación que se experimenta en este mar y consecuente aumento de la salinidad de las aguas superficiales, las cuales dada la mayor densidad, se hunden dando lugar al establecimiento de una fuerte corriente hacia el Atlántico sobre el fondo del estrecho de Gibraltar que es compensada por la corriente superficial de sentido contrario. Como quiera que las aguas atlánticas son menos calientes que las mediterráneas, resulta que la temperatura superficial frente a la costa mediterránea del sur de la Península es menos alta de lo que sería sin este fenómeno. Al respecto indica Font Tullot (21): “La corriente del Golfo, al abrirse camino al alcanzar la costa europea genera una rama que se dirige hacia el SSE. frente a la costa africana y que baña por completo el archipiélago Canario, por cuya razón se conoce como <<corriente de Canarias>>. Esta corriente que en su origen, frente a la Península, era caliente en relación con su latitud, lo es cada vez relativamente menos al alcanzar latitudes cada vez más bajas. Además, ya frente a la costa africana se manifiesta el fenómeno dinámico de la << surgencia >> de las aguas profundas y frías, lo que acentúa el carácter frío de la corriente de Canarias. Este hecho desempeña un papel fundamental en el clima del archipiélago de Canarias”. En este sentido explica Franco Aliaga (22), “el alisio, al entrar en contacto con dicha superficie ( la de la corriente fría de Canarias ), se enfría y la masa de aire adquiere por la base una mayor estabilidad, lo que repercute en la ausencia de precipitaciones. El viento que llega al archipiélago, algo más fresco que lo que le correspondería latitudinalmente, refresca la temperatura y da lugar a un ambiente primaveral tan apetecido y aporta una larga procesión de nieblas advectivas”

Si comparamos los datos estadísticos de las Tablas 5 y 6, observamos que en el clima de Argel (Csa) los inviernos son suaves y lluviosos y los veranos cálidos y secos, propios de las características de la cuenca mediterránea.

Tabla 5  
Precipitaciones y temperaturas en Argel ( 36° 46' N )

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
T °C	12	13	14	16,5	19	22	24,5	25,5	24	20	16	13	18,5
Pmm	111	84	73	40	45	15	<1	5	40	78	129	150	771

Fuente: AGUILERA ARILLA et alter (23)

Tabla 6  
Precipitaciones y temperaturas en San Francisco ( 37° 47' N )

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
T °C	10	11,5	12,5	13	14	15	15	15	16,5	16	14	11	13,5
Pmm	119	96	78	38	17	2	<1	<1	7	25	63	111	508

Fuente: AGUILERA ARILLA et alter (24)

Los datos climáticos de San Francisco (Csb) contrastan con los de Argel. Se observa la influencia de la corriente fría de California que modera las temperaturas estivales; en cambio, el régimen de precipitaciones es parecido, aunque se aprecia una menor precipitación en San Francisco sobre todo en los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

El clima lluvioso templado, húmedo en todas las estaciones, se sitúa en las costas occidentales de los continentes, localizándose entre los 40° y los 60° de latitud; en estas áreas, entre otras causas, la influencia principal es la acción reguladora del océano, en relación con las corrientes marinas cálidas; en este sentido, siguiendo a Aguilera Arilla et alter (25), “las corrientes marinas cálidas ( ramales de la corriente del Gulf Stream y su deriva en la Corriente Atlántico Norte), que afectan a estas costas juegan un doble papel, por un lado, resulta importante su acción reguladora de las temperaturas de modo que reducen su oscilación térmica anual, comprendida por lo general entre 10° C y 15° C; así en invierno, las temperaturas de estas costas son más suaves que lo que les correspondería por su latitud”. Es el caso de Thorshavn, situado a 62° 2' N, comparado con las estaciones de Terranova y Península del Labrador recorridas sus costas por las corrientes frías del Labrador y de Groenlandia, con un clima mucho más frío y seco. Los mismos autores consideran que “las corrientes cálidas en invierno, al tiempo que suavizan las temperaturas también favorecen el aumento de las precipitaciones, ya que al aire oceánico, al estar recalentado en su base por éstas, resulta inestable y alcanza un mayor gradiente térmico”.

En la Tabla 7 podemos observar esta influencia, en una estación meteorológica situa-

da próxima al Circulo Polar Ártico, como es el caso de Thorshavn situada como hemos visto a 62° 2' N.

Tabla 7  
Precipitaciones y temperaturas en Thorshavn ( 62° 2' N )

	E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Año
T °C	3	3	3	4,5	6,5	9	11	10,5	9	6,5	4,5	3,5	6,5
Pmm	167	132	122	91	86	63	78	89	119	150	160	167	1424

uente: AGUILERA ARILLA et alter ( 26 )

En el caso del archipiélago japonés, situado entre 30° y 45° N, al margen de otros factores climáticos, está sumamente influenciado por corrientes marinas térmicamente opuestas, la Kuroshio cálida y la Oyashio fría. La corriente cálida de Kuroshio (término que significa *corriente negra*, conocida también como corriente de Japón), se divide al sur de Kyushu en dos ramas. La occidental, penetra en el mar de Japón por el estrecho de Tsushima, suavizando las costas de Honshu y Hokkaido hasta el mar de Ojotsk, donde desaparece. La oriental baña las costas del Pacífico hasta la altura de Tokyo y desde aquí se dirige hacia el Este. La corriente fría de Oyashio, rica en plancton, pasa a lo largo de la costa oriental de Hokkaido y Honshu septentrional hasta el norte de Tokyo. Azcárate Luxán (27) señala al respecto: “Durante el invierno Japón se halla situado entre el centro de altas presiones euroasiático y una zona de bajas presiones, asociada al Frente Polar, que se instala sobre las islas Aleutianas. Entre ambos centros se establece un flujo del NW, frío y seco, que a su paso por el mar de Japón y en contacto con un ramal - Tsushima - de la corriente cálida de Kuroshio, provoca intensas nevadas en la costa occidental, mientras que la costa oriental permanece fría y seca, fundamentalmente la fachada sudeste, que al estar más protegida disfruta de unas temperaturas más moderadas”. Estas corrientes, según Méndez y Molinero (28), “contribuyen a ampliar los contrastes regionales y justifica unas condiciones más extremas de las que cabría esperar en un territorio situado en latitudes medias y tan influido por la acción del océano”.

#### 4. EL FENÓMENO DEL NIÑO

Una de las corrientes marinas que en la actualidad está cobrando mayor importancia, por su influencia en el clima, es la denominada corriente de El Niño y su opuesta La Niña.

Según algunos autores, El Niño es un comportamiento anormal del clima del Pacífico que ha puesto en alerta a los científicos de todo el mundo. Se trata de una anomalía en el sistema Atmósfera-Océano en el Pacífico subtropical, que provoca consecuencias en la meteorología mundial del orden de inmensas precipitaciones en algunas áreas y de sequías en otras. De este modo años lluviosos se alternan con años secos, a la vez que años fríos con calurosos. Se le puede definir, siguiendo a Capel Molina (29) “como el calentamiento anómalo de la superficie del mar ( + 2° C ) sobre los valores normales durante un periodo por lo menos de cuatro meses, a lo largo de la línea ecuatorial en los sectores central y oriental del Pacífico tropical”. “Hoy día - según Capel Molina (30) - asigna a un fenó-

meno oceánico-atmosférico que altera las condiciones normales del Dominio Intertropical y, cada vez más, se entiende por la comunidad científica como fenómeno más complejo y de gran escala, que si bien se configura en el Pacífico Ecuatorial, los impactos asociados le dan la vuelta al globo, especialmente en los trópicos y es una de las principales causas de variabilidad climática interanual del planeta”.

El interés en el estudio de este fenómeno se acrecentó en el año 1997-1998, cuando se pronostica que dicha perturbación climática iba a causar especial virulencia en diversas zonas del Pacífico subtropical.

Se trata de una corriente cálida, bien conocida por los pescadores peruanos, que aparece cada año en las costas ecuatoriales y norteñas de Perú en época de Navidad, de ahí su nombre. Las primeras investigaciones se iniciaron en 1923, por parte de Sir Gilbert Walker, pero la primera explicación físicamente aceptable fue desarrollada por Jacob Bjerknes en 1969 (31). La elevación de la temperatura del agua del mar en estas regiones suele tener una duración de un año y se repite de manera irregular cada 3-8 años según unos autores (Massons y Camps), pero según otros cada 2-7 años (Nash). Por tanto, su ocurrencia es cíclica, no periódica.

Desde el punto de vista geográfico interesa conocer el fenómeno en sí, sus repercusiones, cómo se estudia y en general qué organismos lo estudian y sus métodos.

Según M. Nash (32), “El Niño es un calentamiento de las aguas tropicales del Ecuador del Pacífico que puede afectar a las pautas meteorológicas alrededor del mundo”. Para Capel Molina (33) “estos episodios de anómalo calentamiento oceánico, con temperaturas de 28° a 30°, se ven asociados a masas de aire ricas en vapor de agua, con un espesor de hasta 12 kilómetros y una abundante nubosidad convectiva. (...) Desde que comienza hasta que finaliza, el calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial -anomalía que puede alcanzar hasta 12°- va asociado a una alteración del patrón de la presión atmosférica, en las capas bajas de la atmósfera entre los flancos este (donde desciende) y oeste (donde asciende) del Pacífico ecuatorial, conocida como Oscilación del Sur”.

Lo que normalmente ocurre en el Pacífico cuando no hay El Niño es lo siguiente: 1) los vientos tropicales soplan de Este a Oeste cruzando el océano Pacífico ecuatorial; 2) los vientos arrastran la superficie marina con ellos produciendo que el océano en Asia esté 60 cm más alto que el océano a lo largo de la costa de Sudamérica; 3) los vientos recogen la humedad al soplar sobre el océano y luego la descargan en forma de monzón sobre Indonesia; 4) la superficie del agua se mueve hacia el Oeste y cerca del Ecuador se desvía hacia los polos por efecto de la rotación de la Tierra; 5) la corriente divergente produce un ascenso de las aguas profundas que son más frías, especialmente en el Este del Pacífico, donde la capa de transición (Termoclina) entre las aguas menos profundas y cálidas y las aguas profundas y más frías está cercana a la superficie; 6) cuando el agua fría sale a la luz, el plancton se alimenta de nutrientes.

¿Qué ocurre cuando se produce El Niño?. Lo siguiente: 1) los vientos se debilitan y el agua caliente se queda en el Este del Pacífico; 2) el monzón cae sobre la mitad del Pacífico en vez de sobre el Sudeste de Asia; 3) la Termoclina o capa de transición entre las aguas fría y cálida se aplanan; 4) la población de vida acuática desciende al retirarse los nutrientes que la mantienen. Por su parte Massons y Camps (34) matizan: “Para comprender el origen de El Niño es necesario analizar el sistema de vientos en el Pacífico subtropical. El Sol calien-

ta las regiones ecuatoriales con mayor intensidad que el resto del globo, por lo que el aire tiende a elevarse y a ser reemplazado por aire de latitudes más altas, produciéndose una circulación del N. en el Hemisferio Norte y del S. en el Hemisferio Sur. El efecto de Coriolis desvía estos flujos hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur, resultando en ambos casos un flujo neto de aire hacia el Ecuador y hacia el Oeste". En el océano, estos vientos empujan el agua superficial hacia el oeste, provocando que el nivel del mar en Indonesia esté, en promedio 50 cm más alto que en las costas de Sudamérica. Por ello el desplazamiento de agua superficial en las costas Perú y Ecuador debe ser compensado con un afloramiento de agua en las profundidades. Cerca de Indonesia, los vientos alisios convergen con los vientos del Oeste, provocando el ascenso del aire y desencadenando lluvias torrenciales. En altura, el aire se mueve hacia el Este y desciende en el Pacífico central y oriental donde el tiempo es seco. En una situación típica de El Niño se produce una relajación de este flujo atmosférico. La clave del cambio hay que buscarla en una reducción de la diferencia de presión entre la costa oeste americana y la zona de Australia y Sudeste Asiático. Usualmente la presión en la costa americana es superior a la de Indonesia, pero cuando esta tendencia se invierte, los vientos alisios colapsan cerca de la costa americana, invirtiéndose las características del clima y produciendo lluvias torrenciales en Ecuador y Perú y tiempo seco en Indonesia. En este sentido, es interesante conocer la opinión de P. Ramírez del Instituto Nacional de Meteorología de Perú (35): "el fenómeno se inicia en el Océano Pacífico Tropical, cerca de Australia e Indonesia, donde la temperatura de las aguas superficiales se eleva unos cuantos grados por encima de lo normal. Gradualmente este máximo de temperatura se desplaza hacia el Este y, alrededor de seis meses después, alcanza la costa de América del Sur, en el extremo Este del Pacífico. El desplazamiento máximo va acompañado de un enfriamiento relativo en el Pacífico occidental, es decir, cerca de Asia. Mientras esto sucede en el océano, en la atmósfera se produce una alteración del patrón de la presión atmosférica, que baja en el lado Este del Pacífico y sube en el Oeste. A la aparición y desplazamiento del máximo de temperatura se le ha nombrado recientemente << episodio cálido >> y al sube - y - baja de la presión, Oscilación del Sur. Modernamente se nombra al fenómeno ENOS (ENSO en inglés), acrónimo de El Niño, Oscilación Sur, denotando con ello el conjunto de alteraciones en los patrones normales de circulación del Océano y la Atmósfera". Durante el ENSO se altera la presión atmosférica en zonas muy distantes entre sí, se producen cambios en la dirección y velocidad del viento y se desplazan las zonas de lluvia de la región tropical. En el océano, la contracorriente ecuatorial, que desplaza las aguas frías de la corriente de Perú hacia el Oeste, se debilita, favoreciendo el transporte de aguas cálidas hacia la costa de América del Sur. Los cambios en la circulación atmosférica alteran el clima global, con lo que se afectan la agricultura, los recursos hídricos y otras actividades económicas importantes en extensas áreas del planeta.

Al respecto A. Mabres de la Universidad de Piura (Perú) (36), señala: "cuando se produce el Fenómeno de El Niño se alteran las condiciones del Pacífico Ecuatorial y Sur: bajan las presiones atmosféricas- usualmente altas - en el lado de América y aumentan en el de Australia, donde usualmente hay presiones bajas ( es el fenómeno llamado Oscilación Sur)". Pero la causa de las lluvias no está solo en la temperatura del mar, sino en el estado de toda la Atmósfera, cuya estabilidad disminuye al bajar la presión. El Niño produce baja presión en todo el Pacífico Oriental. Pero, además, en la zona próxima al Ecuador hay otra causa: en

verano, llega a estas latitudes la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que corresponde a lo que podemos llamar < ecuador climático >: el lugar de encuentro de los vientos alisios que van de los polos al ecuador a alturas bajas de la atmósfera. En esta zona la atmósfera es más inestable, y las áreas húmedas ascienden con más facilidad produciendo nubes (cúmulos nimbos) y lluvias. Siguiendo a Capel Molina ( 37), “la ZCIT es una amplia región de bajas presiones permanentes con una amplitud media en torno a los 500 Km., donde confluyen los vientos alisios boreales (NE) y los australes (SE). A través de ella se produce un intercambio de masa de aire con el aire ecuatorial interpuesto, ascendencias que provocan nubosidad cumuliforme de gran desarrollo vertical, siendo el área donde más llueve de la Tierra”.

La Oficina meteorológica del Gobierno de Australia (38) presenta el siguiente resumen de los cambios atmosféricos y de las corrientes oceánicas durante El Niño:

“Temperaturas oceánicas más altas de lo normal en la zona tropical del centro y este del Pacífico. Incremento de la convección o nubosidad en el Pacífico centro tropical, el centro de la convección se desplaza desde la región Australo-Indonesa hacia el Este en dirección hacia el centro del Pacífico tropical. Vientos alisios más débiles de lo normal. Valores bajos (negativos) del IOS (Índice de Oscilación del Sur)”. El IOS, de acuerdo con Capel Molina (39) “se calcula como la diferencia normalizada de presión a nivel de la superficie entre las costas del nordeste australiano (Darwin) y Tahití (Polinesia francesa), en el Pacífico central”.

Sobre el fenómeno de La Niña, es destacable la creación de la 1ª Cumbre sobre su estudio patrocinada por la NCAR (Centro Nacional de Investigación Atmosférica), y organizada por el científico Michael Glantz con apoyo de la UNU (Universidad de las Naciones Unidas); en este sentido B. Henson (40), indica que La Niña es un descenso sostenido de la temperatura de la superficie marina de la zona del Pacífico Central y del Este en la región tropical. Una definición de La Niña expuesta por Kevin Trenberth, científico del NCAR es, “un descenso de la temperatura media de la superficie marina de más de 0,4° C(0,7° F) por debajo de lo normal, que dura al menos 6 meses, a lo largo de una parte específica del Centro y Este del Pacífico ( 5° N-5° S latitud, 120°-170° Oeste longitud)”. Las condiciones de La Niña recurren cada pocos años y puede persistir hasta 2 años. El mismo autor expone los puntos clave sobre la Cumbre de La Niña:

“Por lo general el impacto climático de La Niña es más débil y menos consistente que el del Niño. Las Niñas fuertes no siempre preceden a El Niño fuertes. Hace falta mejor seguimiento oceánico para mejores predicciones de El Niño y La Niña. La comprensión por parte del público de los márgenes de probabilidad de El Niño y La Niña ha de mejorar”.

Es interesante también, exponer los comentarios que realiza La Oficina de meteorología de la Commonwealth (41) respecto de La Niña: “Cuando el IOS mantiene altos valores positivos, la Circulación de Walker, se intensifica y el Pacífico del Este se enfría. Estos cambios a menudo traen precipitaciones generalizadas e inundaciones en Australia, esta fase se llama anti - El Niño ( o La Niña). Los ejemplos recientes más fuertes fueron en 1973-74 (la peor inundación de Brisbane de este siglo en Enero de 1974), y en 1988-89 (amplias zonas del interior de Australia tuvieron precipitaciones récord en Marzo de 1989)”.

En cuanto a los impactos climáticos de El Niño y La Niña, estos pueden resumirse, entre otros, en los siguientes:

El Niño provoca: Lluvias y sequías en áreas que tradicionalmente nunca había sucedido este fenómeno, en este sentido citaremos algunos ejemplos: Clima más cálido en el E. de Asia, Japón, India, SE asiático, NW de EE.UU., SE de América del Sur. Sequías en Madagascar y África del SE, Indonesia, Australia, E. de América del Sur. Tormentas en el centro del Pacífico y W. de EE.UU.. Lluvias intensas en el centro del Pacífico y en su margen oriental que afectan a Centro América, NNW de América del Sur y en la zona intertropical de América Central y del Sur, Perú, Ecuador, Colombia etc.. “Mientras que en los trópicos -como señala Capel Molina (42)- los impactos del fenómeno ENSO son manifiestos, sus efectos en las medias y altas latitudes son más variables debido a que la circulación atmosférica en las regiones extratropicales puede anular las influencias de ENSO de los trópicos”. El mismo autor (43) señala algunos de los efectos del Niño de 1997 en las zonas templadas y frías: “Durante 1997 El Niño ha provocado inundaciones en Europa (Polonia, Portugal, España e Italia), Asia (oeste de la India) y América del Sur, especialmente en el Sudeste del Brasil (Río Grande del Sur). Algunos autores consideran que el reciente incremento de las lluvias en España es una evidencia de la señal del Niño (Cavestany, 1977). Según Nicolas Graham, el otoño tan húmedo de 1997 en la Península Ibérica fue provocado por el Niño”.

La Niña provoca: Tormentas tropicales y Huracanes en el Caribe y en el Golfo de México. ¿Puede considerarse el Huracán Mitch una consecuencia de La Niña?. Tornados en el E. y SE de EE.UU.. Precipitaciones en el NW. del Pacífico. Temperaturas más frías de lo normal.

En la actualidad estos fenómenos se están investigando en la mayoría de los países, especialmente en EE.UU., Perú, y Australia; los Servicios Meteorológicos investigan constantemente y se sirven de las boyas meteorológicas del Proyecto TAO (Tropical Atmosphere Ocean) promovido por el Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL), de los datos suministrados por satélites y a partir de 1983 los científicos analizan los resultados de complejos modelos numéricos de simulación. La técnica usa modelos matemáticos acoplados del comportamiento del océano y la atmósfera que se conocen por CMP12. Este modelo ha sido desarrollado por NCEP / NOAA (National Center for Environmental Predictions). En este sentido, Woodman Pollit del Instituto Geofísico de Perú (44), señala “que la NCEP / NOAA evacuó resultados de su modelo acoplado océano-atmósfera con los pronósticos de la temperatura del Pacífico Ecuatorial (...) Los valores de la temperatura más cercana a las costas de Paita y Chicama evaluadas por el modelo han sido usados para pronosticar la intensidad de las futuras precipitaciones, específicamente en la ciudad de Piura. Las lluvias en la ciudad de Piura se pueden usar como índice de las lluvias en la costa-norte del país. La NCEP actualiza los resultados de su modelo por lo menos una vez por mes”. Según Woodman Pollit (45), el Instituto Geofísico de Perú trabaja en un método estadístico de regresión múltiple para mejorar los pronósticos de lluvias; “la fórmula se basa sólo en la temperatura superficial del mar (TSM) en el norte de Perú y en el mes del año”. En este sentido, P. Lagos (46), del Centro de Prevención Climática del Instituto Geofísico de Perú, en el Resumen Ejecutivo, 15 de Marzo de 1998, indicaba que “las anomalías de la TSM superiores a + 2°C se encuentran al este de 170° O y superiores a 3°C al este de los 140° O en el Pacífico ecuatorial, mientras que en el Pacífico ecuatorial oriental las anomalías positivas de la TSM disminuyeron ligeramente. En el Pacífico ecuatorial occidental continúa con anomalías positivas del orden de

1°C. A lo largo de la costa de Sudamérica y al norte de los 12° S, las anomalías de la TSM disminuyeron y varían entre 4°C y 7°C. Los resultados del modelo acoplado del Centro Nacional para la Predicción del Medio Ambiente de la NOAA, que son los más confiables, indican que el calentamiento en el Pacífico ecuatorial oriental continuará hasta Mayo de 1998, con anomalías del orden de 3°C". También se utilizan las medidas altimétricas del nivel del mar realizadas con el altímetro del satélite TOPEX / Poseidón. Los científicos están ahora empezando a seguir una trama de conexiones o teleconexiones que relacionan el ciclo del ENSO con mayores cambios climáticos alrededor del globo, tales como fluctuaciones en la posición del Jet Stream, lo que podría modificar las pautas climáticas mundiales.

## 5. CONCLUSIONES

Del estudio de las corrientes marinas se deriva su influencia en determinados climas, mayor o menor según la intensidad de las mismas. Zonas situadas en la misma latitud tienen climas diferentes al estar las costas de estas zonas bañadas por corrientes cálidas o frías. Existe una relación directa entre Atmósfera y Océano. De ahí la conveniencia de realizar en profundidad un análisis de las interacciones.

Los fenómenos de El Niño y La Niña están relacionados con el calentamiento o enfriamiento de las aguas superficiales del Pacífico en la zona tropical. En el estado actual de las investigaciones, ¿ se puede pensar en la posibilidad de un cambio climático a escala planetaria ? ¿ Existe alguna relación entre el innegable calentamiento global y estos cuadros meteorológicos ? ¿ Tiene algo que ver el aumento de Dióxido de Carbono y el incremento del efecto invernadero en el desarrollo de fenómenos graves como la formación de El Niño y La Niña ? Los científicos nos darán la respuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) MATEU BELLES, J. (1984): "Hidrología". In: BIELZA DE ORY, V. (de): *Geografía General I*.Taurus, Madrid, pp. 248-249.
- (2) TOHARIA, M. (1997): "El Niño feroz. Una corriente de agua oceánica amenaza con cambiar el clima mundial". *El Semanal del País*, 9 de Noviembre, pp. 28.
- (3) GRIBBIN, J.(1986): *El clima futuro*. Biblioteca científica Salvat. Barcelona, pp. 59
- (4) MATEU BELLES, J.(1984): Op.cit., pp. 251. Nota: Conviene recordar, aunque sólo sea sucintamente, que la expedición del Challenger fue organizada por el gobierno británico a finales del S.XIX. Su misión era estudiar las condiciones biológicas y geográficas de las cuencas de los grandes océanos. Su nombre lo recibe de la corbeta utilizada en ella; entre Diciembre de 1872 y Mayo de 1876 la Challenger navegó más de 150.000 Km. sobre los océanos Atlántico, Pacífico e Índico, y en ocasiones en el Ártico. Los expedicionarios efectuaron 354 mediciones de temperatura y profundidad, así como numerosos sondeos y análisis de agua marina. Los descubrimientos realizados por la expedición fueron el punto de partida de la nueva ciencia oceanográfica. Al margen de otros descubrimientos, dos fueron los que dejaron una mayor impronta en los expedicionarios: por una parte, la profundidad oceánica media varía de 4.000 a 6.000 m, aunque en algunos puntos no pasa de 1.000 a 1.500 m y en otros alcanza los 10.000 m; por otra parte, las temperaturas superficiales de los océanos sufren variaciones de sólo 0,5°C durante un

periodo de 24 horas. La expedición estableció el flujo de agua del mar Mediterráneo al océano Atlántico y demostró que las cordilleras submarinas separaban las masas de agua fría de las de agua caliente.

(5) *Ibíd*em

(6) AGUILERA ARILLA et alter.(1989): “Los Océanos”. *In: AGUILERA ARILLA et alter: Geografía General (Geografía Física 1)*. UNED. Madrid, pp. 207-208.

(7) STRAHLER, A. N.(1977): “La superficie de los océanos”. *In: STRAHLER. A. N.: Geografía Física*. Omega. Barcelona. pp. 182.

(8) AGUILERA ARILLA et alter.(1989): *Op. cit.*, pp. 210.

(9) MATEU BELLES, J.(1984): *Op. cit.*, pp. 253-254.

(10) AGUILERA ARILLA et alter: *Op. cit.*, pp. 213-214

(11) GRIBBIN, J. (1986): *Op. Cit.*, pp. 59-61.

(12) AGUILERA ARILLA et alter. (1989): *Op cit.*, pp. 216.

(13) *Ibíd*em.

(14) CAPEL MOLINA, J.J. (1999): <<El Niño>> y el sistema climático terrestre. Ariel Geografía. Barcelona. pp. 11.

Nota: Libro de reciente publicación, 1ª edición: enero 1999. Primera monografía sobre el fenómeno <<El Niño>> en lengua española, sintetizando y actualizando las distintas aportaciones científicas de los más valiosos grupos de trabajo; llena el vacío que existía en la bibliografía climática sobre <<El Niño>>. Es obra de síntesis, valiosa por su documentación y por su contenido pedagógico; amena y de fácil lectura. Desde su introducción, pasando por atmósfera-océano, la caracterización del fenómeno ENSO, paleoclimatología del Niño, hasta las alteraciones climáticas en el mundo a consecuencia del Niño y los efectos biológicos del fenómeno ENSO, el lector disfruta comprendiendo el sistema climático terrestre y el origen y desarrollo del fenómeno del Niño. Es obra científica de obligada lectura para todos los amantes de la climatología en general y del saber geográfico en particular.

(15) *Ibíd*em.

(16) TOHARIA, M. (1997): *Op. cit.*, pp. 28-29.

(17) (18) (19) STRAHLER, A. N. (1977): *Op. cit.* pp. 697-698.

(20) AGUILERA ARILLA et alter. (1989): *Op. cit.*, pp. 357.

(21) FONT TULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*. I.N. de Meteorología. Madrid, pp. 11

(22) FRANCO ALIAGA, T. (1996): “El Clima”. *In: FRANCO ALIAGA, T.: Geografía Física de España*. UNED. Madrid, pp. 188.

(23) (24) (25) (26) AGUILERA ARILLA et alter. (1989): *Op. cit.*, pp. 354, 361-362.

(27) AZCÁRATE LUXÁN, Mª V. (1995): *Japón: Un original modelo de desarrollo económico occidental en el extremo asiático*. Addenda. UNED. Madrid, pp. 29-31.

(28) MÉNDEZ, R / MOLINERO, F. (1988): “El peculiar modelo de desarrollo japonés y su impronta espacial”. *In: MÉNDEZ, R / MOLINERO, F: Espacios y Sociedades. Introducción a la geografía regional del mundo*. Ariel Geografía. Barcelona, pp. 194.

- (29) CAPEL MOLINA, J.J. (1999): Op. Cit., pp. 57.
- (30) CAPEL MOLINA, J.J. (1998): "El Niño 1997-1998 y su impacto climático global". *Papeles de Geografía*, 27, pp. 16.
- (31) MASSONS, J. / CAMPS, J. (1998): "Del fuego al agua: El Niño y La Niña". *Mundo Científico. La Recherche*. nº 187. Febrero 1998. pp. 60.
- (32) CAPEL MOLINA, J.J. (1999): Op. cit., pp. 58-59.
- (33) NASH, M. (1997): "¿ Es el "Niño" del siglo?. *Time*. 18 -Agosto - 1997. Amsterdam, pp. 39.
- (34) MASSONS, J. / CAMPS, J.: Op. cit., pp. 60 y ss.
- (35) RAMÍREZ, P. (1997): "¿ Qué es el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO)?"  
<http://nimbus.efis.ucr.ac.cr/meteo/documentos/enos.html>
- (36) MABRES, A. (1997): "¿ Cómo serán las próximas lluvias en Piura?". *El Tiempo de Piura*. 17 - Agosto - 1997. Piura. Perú, pp. 2-3. <http://www.igp.gob.pe>.
- (37) CAPEL MOLINA, J.J. (1999): Op. cit., pp. 41
- (38) OFICINA METEOROLÓGICA DEL GOBIERNO DE AUSTRALIA.(1994): "Glosario".  
[http://www.bom.gov.au/climate/glossary/el\\_nino.shtml](http://www.bom.gov.au/climate/glossary/el_nino.shtml).
- (39) CAPEL MOLINA, J.J. (1999): Op. cit., pp. 59.
- (40) HENSON, B. (1998): "La Niña". *Centro Nacional de Investigación Atmosférica*. U.S.A. <http://www.ucar.edu/publications/newreleases/1998/ninatip.html>.
- (41) OFICINA DE METEOROLOGÍA DE LA COMMONWEALTH DE AUSTRALIA. (1998): "La variabilidad del clima y El Niño". [http://www.bom.gov.au/climate/glossary/el\\_nino/el\\_nino.shtml](http://www.bom.gov.au/climate/glossary/el_nino/el_nino.shtml) Nota: La Circulación de Walker se llama así por Sir Gilbert Walker, Director General de los Observatorios Británicos de la India, el cual a principios de siglo, identificó una serie de relaciones entre las variaciones estacionales del clima de Asia y de la región del Pacífico; se trata de unos vientos que por efecto del calentamiento de las aguas del N de Australia se elevan y se dirigen desde Australia en altura hacia las costas de América del Sur, donde caen y se enfrían.
- (42) CAPEL MOLINA, J.J. (1999): Op. cit., pp. 119.
- (43) CAPEL MOLINA, J. J. (1999): Op. cit., pp. 120.
- (44) WOODMAN POLLIT, R. (1997): "Análisis del pronóstico del Fenómeno de El Niño evacuado por NCEP / NOAA el 03 de Diciembre de 1997: Impacto sobre las lluvias en la costa Norte del País". *Instituto Geofísico de Perú*. pp. 1.
- (45) WOODMAN POLLIT, R. (1998): "Pronóstico de lluvias (Regresión Multivariable)". *Instituto Geofísico de Perú*. pp. 1.
- (46) LAGOS, P.(1998): "Condiciones climáticas en el mar y en la costa asociada con El Niño 1997-1998". *Boletín de Alerta Climático*. BAC Nº 89, Febrero 1998. Instituto Geofísico de Perú. pp. 1.