

Las resonancias de «El Niño» en la climatología del Mediterráneo Occidental

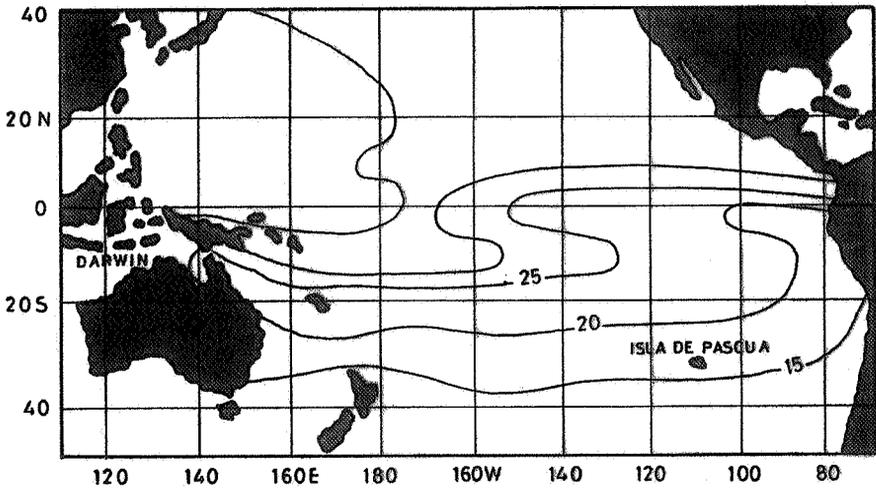
J. Quereda Sala
E. Montón Chiva

El fenómeno «Niño».

Constituye uno de los más espectaculares fenómenos oceanográficos y meteorológicos de nuestro planeta, que diversas evidencias sedimentológicas remontan a una edad de al menos siete milenios (N. NICHOLLS, 1989). A pesar de ello, su génesis responde a factores todavía mal conocidos aunque ciertamente vinculados a las condiciones atmosféricas imperantes sobre vastas regiones del globo. Tal vez en base a estas condiciones pueda alcanzarse un índice de alerta que ayude a prevenir los dramáticos efectos que forman su cortejo en las más destacadas ocasiones (M. A. CANE, 1986).

Estos dramáticos efectos se dejan sentir especialmente a lo largo de las costas del Perú, y son relatados ya por los primeros cronistas hispanos de Indias. Todo comienza aparentemente con una alteración de las condiciones en el ecosistema marino de esta región. Oceanográficamente, la gran riqueza piscícola de las costas occidentales de América del Sur, entre los 5 y los 25 grados de latitud sur, básicamente del Perú, va estrechamente unida a la presencia en superficie de aguas relativamente frías y ricas en sales minerales. Su frialdad, al igual que su riqueza en materia orgánica, se debe al proceso de «upwelling» o remonte de aguas profundas que provocan los vientos alisios (Y. REBEYROL, 1977).

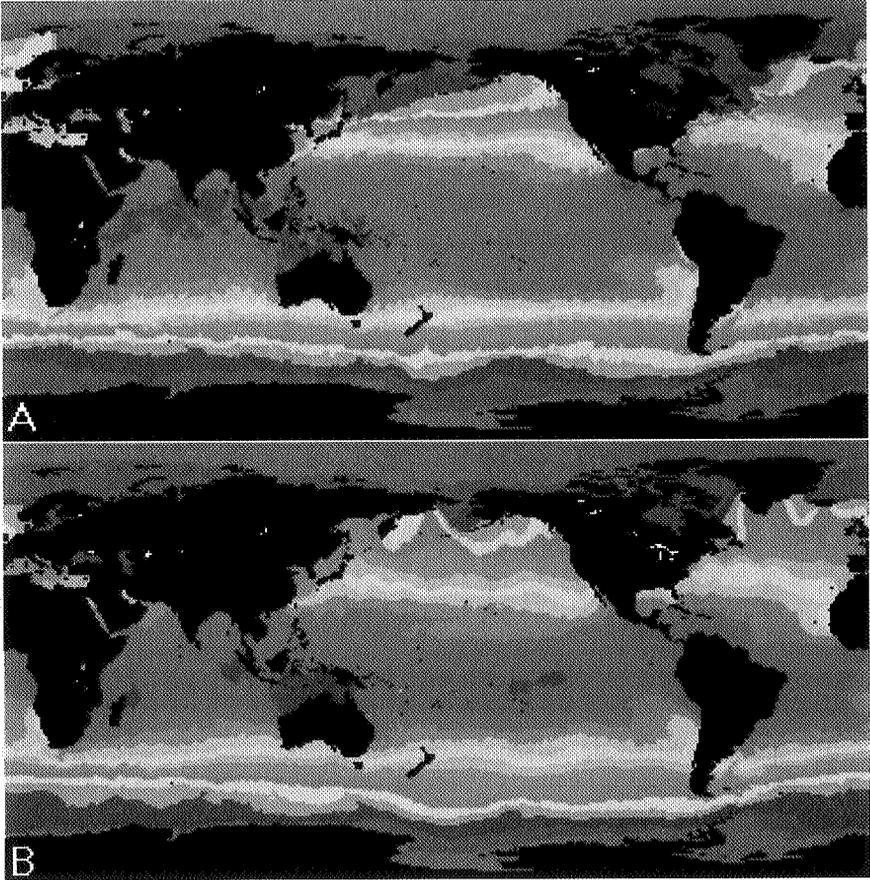
Esta situación normal es mantenida por los vientos alisios del sur que soplan paralelamente a la Cordillera de los Andes y arrastran con ellos las aguas de las latitudes subantárticas. Estas aguas, circulando paralelamente a la costa en la denominada Corriente de Humboldt, van derivando hacia el oeste en las proximidades del Ecuador y formando un cono de aguas frescas que forma el clima particular de las islas Galápagos y se extiende hasta el centro del Pacífico. De este modo, en las costas del Perú, las aguas superficiales son hasta 10 grados C. más frías que las oceánicas de la misma latitud. Frialdad no solo debida a la procedencia subantártica de las aguas sino al citado remonte de las aguas profundas por la acción de barrido de los alisios y la desviación de Coriolis (Figura 1).



1.- El campo térmico del Pacífico tropical muestra que las aguas frías de la corriente del Perú circulan primero en dirección norte y luego hacia el oeste ya sobre el ecuador, formando un cono de aguas cálidas que se deja sentir hasta los 170° W

Todo esto es dramáticamente alterado (M. M. DONHEUR et J. DARCHEN, 1984) cuando las aguas cálidas ecuatoriales del norte comienzan una incursión hacia el sur hasta las costas peruanas. Este proceso en alguna medida se manifiesta casi anualmente en fechas de Navidad y del Niño Jesús, por lo que recibe el nombre de El Niño. No obstante, lo cierto es que algunos años el fenómeno adquiere magnitudes y duraciones catastróficas. Los ecosistemas marítimos son destruidos por la invasión de aguas cálidas, con mortandad de peces y aves cuyos restos recubren espesamente las aguas del puerto de El Callao (Figura 2).

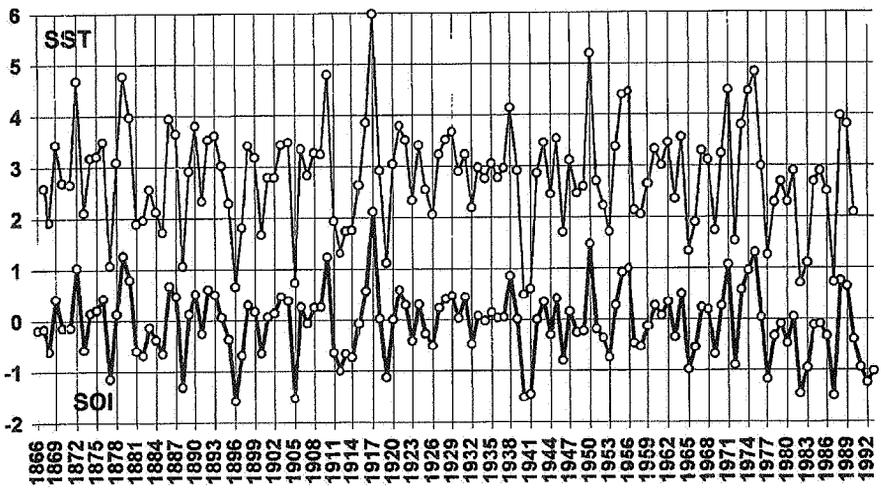
Las causas de esta alteración oceanográfica parecen ser básicamente meteorológicas. Así, el fenómeno «El Niño» viene asociado a una alteración sensible de la circulación atmosférica. Esta alteración está provocada por el debilitamiento de los alisios del sur en respuesta a una oscilación simultánea del centro de Altas presiones subtropical de la región Pascua-Tahití. La alta presión atmosférica se invierte y se forma un área de Bajas presiones. Simultáneamente, el Anticiclón subtropical se traslada desde la zona de Pascua a la zona norte de Australia e Indonesia, sobre los 170-180 grados de longitud oeste. Esta oscilación bórica del Hemisferio sur fue observada por Walker (1923) y asociada con las anomalías positivas del campo de temperatura. Por ello, el intercambio posicional de los centros de acción en estas denominadas células de Walker, ha determinado que hoy se hable de fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation) (F. ROUGERIE and B. WAUTHY, 1983)



2.-Figura: A. Fenómeno “Niña” en abril de 1989. Figura B. Fenómeno “Niño” en febrero de 1983, con la corriente de aguas cálidas sobre las costas del Perú (Fuente: Jet Propulsion Laboratory, Physical Oceanography, NASA)

Esta oscilación notable de la presión atmosférica a nivel del mar, entre la región de Pascua-Tahití y la de Darwin (Australia), es utilizada para definir el denominado Índice de la Oscilación Sur (SOI) o ENSO. El paso de valores positivos a negativos constituye el mejor indicador de la posibilidad del fenómeno.

El desarrollo de «El Niño» típico viene a cubrir un período entre 12 a 18 meses. Sus manifestaciones climáticas características vienen a producirse cada tres o cuatro años (G. R. BIGG, 1990), si bien el intervalo puede variar entre uno y diez años. De igual modo, los procesos más intensos de ENSO vienen a producirse cada diez o veinte años (Figura 3).



3.- Evolución del SOI y de las anomalías de temperatura en el Pacífico sur desde finales del siglo XIX. Fuente: Climate Prediction Center (NOAA) y GEDEX (NASA).

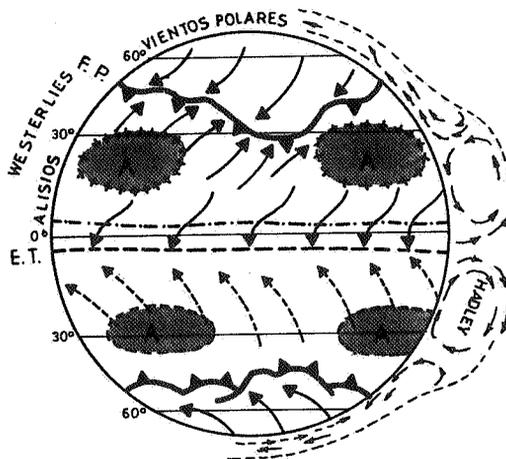
El fenómeno Enso y sus repercusiones planetarias.

A medida que prosiguen las investigaciones sobre este proceso meteorológico y oceanográfico, crece la impresión de que estamos ante la manifestación localizada de un fenómeno planetario (R. GARNIER, 1978). En apoyo de esta tesis es preciso observar que el fenómeno «El Niño» se ha producido simultáneamente, en algunas ocasiones, en la costa y puerto peruanos de Callao y en el puerto angolés de Mossamédes y costa africana de Benguela (T. G. J. DYER, 1979). Idénticamente al proceso de las costas peruanas, la costa meridional de Africa sufre grandes mortandades en masa de aves maririas en los años de El Niño ó previo (G. D. LA COCK, 1986). En la misma región de El Cabo, las condiciones húmedas son más frecuentes durante la Oscilación Sur en el área occidental, todo lo contrario de lo que ocurre en el área oriental donde la sequía prevalece (C. H VOGEL, 1989), al igual que en el sector occidental del Pacífico, en Australia, donde los ENSO se vinculan con sequías (N. NICHOLLS, 1989).

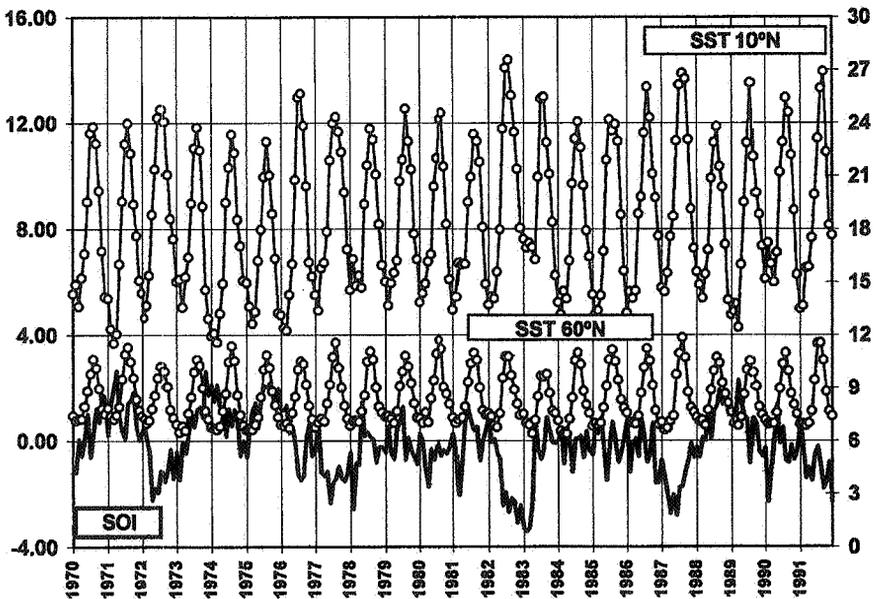
Procesos que han mostrado igualmente su correspondencia con comportamientos climáticos en el Hemisferio Norte. Así, en los Estados Unidos, la nubosidad es superior a la media en los años de El Niño, mientras que es inferior en los períodos antiENSO (J. K. ANGELL and J. KORSHOVER, 1987) o de La Niña como también se les conoce (S. G. PHILANDER, 1990). Los datos de los últimos 115 años indican que las anomalías cálidas de temperatura en las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial están muy conectadas con buenas precipitaciones y cosechas superiores a la media en USA (P. HANDLER, 1984).

La clave de estas resonancias planetarias tiene por eje el sensible desplazamiento hacia el sur del Ecuador Térmico o Meteorológico durante los períodos de formación de ENSO. Ello supone un fuerte déficit energético en el Hemisferio Norte reflejado en las anomalías de la sst. Durante el invierno boreal ello se traduce en un fuerte desplazamiento del Hemisferio Norte sobre el Hemisferio Sur y una sustitución de los alisios del sur por los alisios del norte (Figura 4). Este "forcing" atmosférico podría ser el responsable del calentamiento superficial de las aguas y del notable aumento de las precipitaciones en las costas de Perú y africana de Benguela (S. E. NICHOLSON and D. ENTEKHABI, 1987). Procesos que, con gran frecuencia, han sido simultáneos también de un gran aumento de la nubosidad y precipitaciones en el Pacífico tropical (W. BERG and S. K. AVERY, 1994).

Este cabalgamiento del Hemisferio invernal sobre el estival se originaría en el fuerte déficit energético de las latitudes elevadas del Hemisferio Norte. El análisis de las más recientes e intensas ocasiones de «El Niño» a partir de 1972, permite observar que se han desarrollado paralelamente a un enfriamiento sensible de las aguas del Atlántico Norte sobre el paralelo

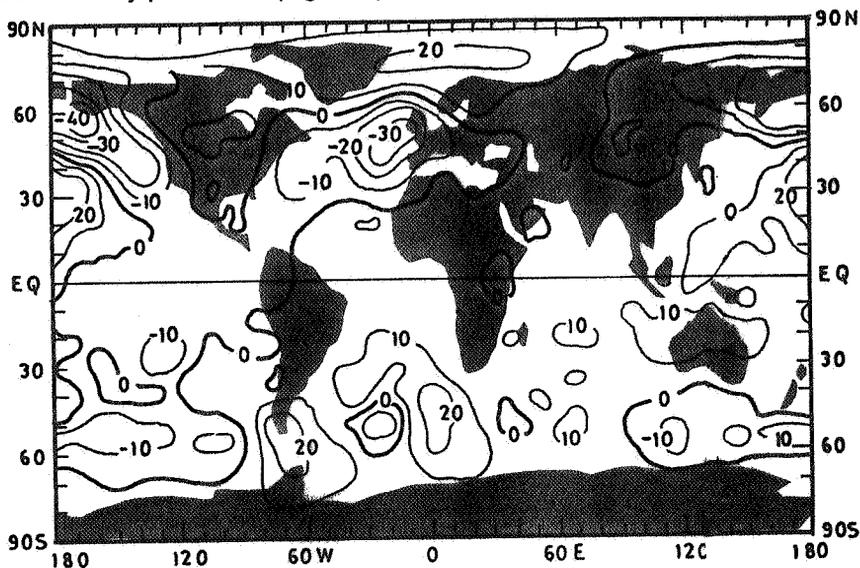


- 4.- El desplazamiento del Hemisferio Norte sobre el Hemisferio Sur se traduce en una sustitución parcial de los alisios del sur por los alisios del norte que se adosan a la costa.
60. Incluso el citado enfriamiento parece anticiparse al efecto oceanográfico si bien ambos procesos suelen coincidir generalmente (Figura 5).



- 5.- Los procesos de ENSO parecen mostrar una elevada correlación con sensibles enfriamientos de la sst en el Atlántico Norte (60°). Esta correlación muestra que ambos procesos constituyen una respuesta al mismo forcing atmosférico que los gobierna. En este sentido es interesante destacar que los grandes y más intensos procesos de ENSO parecen vinculados a períodos de post-máxima actividad solar o de intensa actividad volcánica. Fuente: GEDEX (NASA); H. H. LAMB, 1985; A. ROBOCK and M. FREE, 1995.

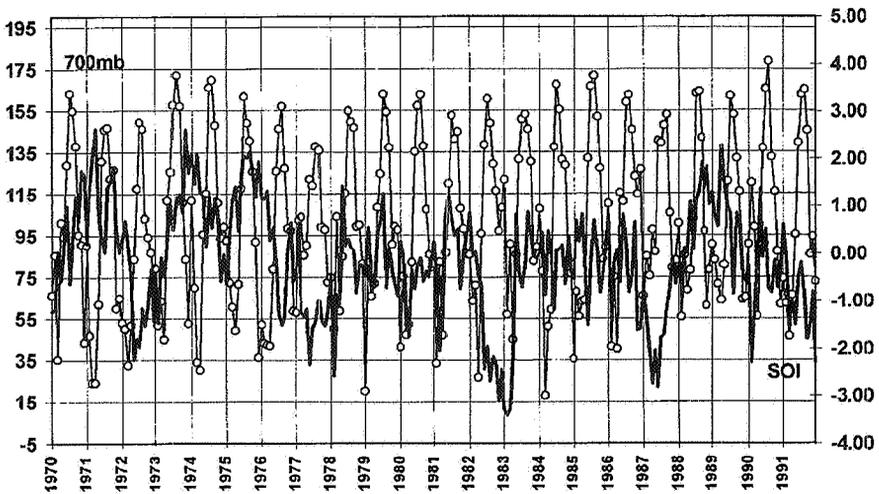
Sinópticamente, el desequilibrio energético reflejado por las anomalías frías de la sst, viene a constituir un efecto desestabilizador para la circulación general de la atmósfera. El enfriamiento de las latitudes septentrionales determina que la altura de la superficie de 1000 milibares se sitúe notablemente baja sobre el Pacífico Norte y el Atlántico Norte (Y. H. PAN and A. H. OORT, 1983). Este descenso de altura corresponde a un vasto campo de bajas presiones y a que los núcleos móviles de las borrascas sean más frecuentes y profundos (Figura 6).



6.- Hundimiento de la superficie isobárica de 1000 mb en el Hemisferio Norte según Y. H. PAN and A. H. OORT, 1983.

Al mismo tiempo, dado que los únicos manantiales de calor se encuentran sobre la zona ecuatorial, las transferencias energéticas hacia el Hemisferio norte deben proceder de esas áreas. Estas transferencias, según la interpretación de Bejerknies (1972), se realizarían a través de un reforzamiento de los vientos del oeste, «westerlies», del Hemisferio Norte. Sin embargo, los datos actuales no permiten sostener esta exclusiva dinámica de difusión energética. En este sentido se ha demostrado que el incremento en la energía disponible de las áreas ecuatoriales produce un aumento de las alturas geopotenciales de 200 mb del ecuador y consiguientemente un acercamiento de los westerlies de ambos hemisferios hacia latitudes más próximas al ecuador (Y. H. PAN and A. H. OORT, 1983) y su debilitamiento en las latitudes medias septentrionales (Figura 7).

De este modo, hoy se piensa que pueden entrar en juego otra serie de mecanismos que están siendo investigados actualmente. En este sentido, ya es posible apreciar que desde la célula de vientos ecuatoriales, de

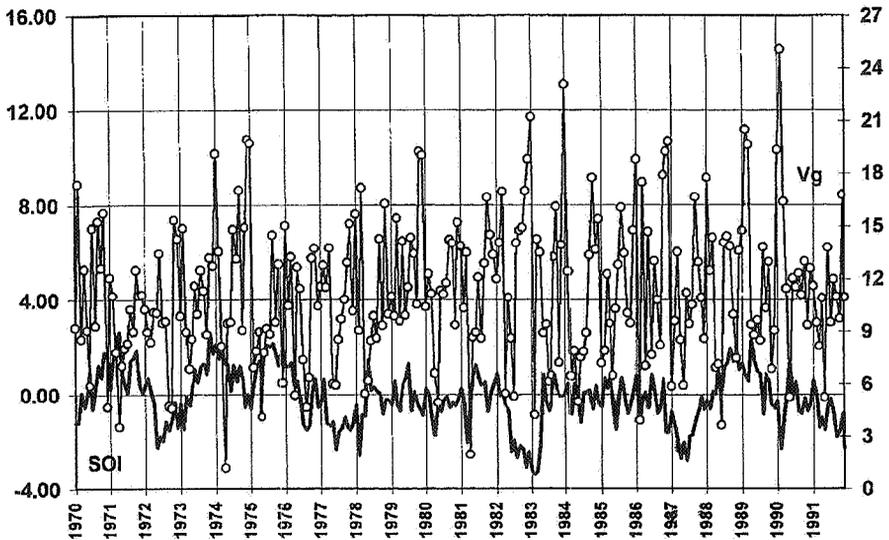


7.- Los episodios ENSO se corresponden con un descenso de las altas presiones subtropicales de 30° N. Fuente: Climate Prediction Center (NOAA) y B. DATTORE (1993) (National Center for Atmospheric Research).

Hadley, el calor va a transmitirse bien bajo forma sensible o en modo latente. En el primero de los casos, las latitudes templadas son afectadas por torbellinos o núcleos de calor y más notablemente por dorsales de aire cálido y situaciones de bloqueo (R. A. S. RATCLIFFE, 1987). Su irrupción supone la instauración de circulaciones onduladas y tiempo muy variable. Este tipo de tiempo inestable englobaría asimismo la difusión de las borrascas. Los intensos procesos de condensación que tienen lugar en el interior de las formaciones nubosas van transmitiendo calor en el seno de la troposfera de las latitudes medias.

En realidad, la respuesta atmosférica observada durante los periodos ENSO, dentro de la circulación general del Hemisferio Norte, es la de una alternancia entre el reforzamiento y el debilitamiento de los westerlies (Figura 8). Ambas pautas de comportamiento estarían en relación al doble mecanismo de difusión energética invocado: incremento de la velocidad aérea o generación de vórtex. Paralelamente se ha podido constatar que la circulación meridiana se acentúa en los inviernos siguientes a los periodos de enfriamiento de las aguas ecuatoriales o procesos de La Niña. En síntesis, el Hemisferio Norte muestra una respuesta atmosférica altamente variable a los fenómenos ENSO, aunque una cierta mayor probabilidad de circulación zonal en asociación a El Niño y de meridionalidad vinculada a La Niña (K. FRAEDERICH et al., 1992).

Tal vez a esta alternante dinámica de difusión energética hacia el Hemisferio Norte, se deba el contrastado comportamiento térmico del mis-



8.- Los procesos de ENSO no parecen mostrar una vinculación neta con los altos valores de circulación geostrofica a 700 mb tal y como se ha venido sosteniendo. Es más, parece apreciarse un debilitamiento de la zonalidad durante los períodos ENSO. Debilitamiento que se traduce en una disminución de los gradientes térmicos de la sst en el Atlántico Norte. Las transferencias hemisféricas de energía parecen venir asociadas a circulaciones atmosféricas meridianas de vortex. Fuente: Climate Prediction Center (NOAA) y B. DATTORE (1993) (National Center for Atmospheric Research).

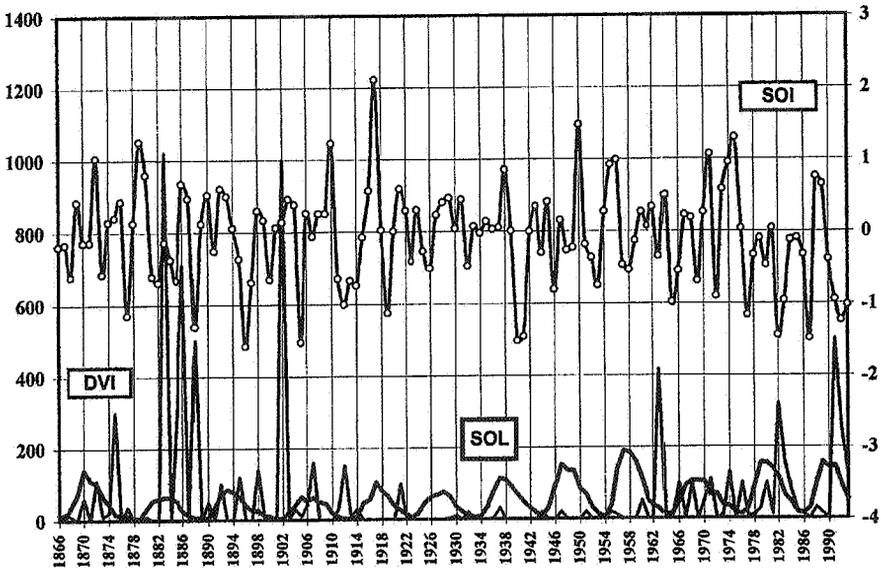
mo. Así, mientras puede observarse un enfriamiento de las aguas atlánticas al norte del paralelo 60, los procesos de ENSO suelen provocar una elevación global de la temperatura durante un periodo anual. Esta elevación puede oscilar entre algunas décimas y un grado centígrado. En este sentido, el notable calentamiento global observado durante la década 1981-1995 podría haber sido causado, en parte, por los tres sucesos de El Niño registrados en 1982-83, en 1986-1987 y 1990-1995. El de 1982-83 ha sido el más intenso del siglo, mientras que el último es el más largo de los últimos 113 años, concretamente desde octubre de 1989 a junio de 1995, 5 años y ocho meses (K. E. TRENBERTH and T. J. HOAR, 1996).

Una elevación térmica global que si bien tiene sus fuentes en el calentamiento tropical y del Hemisferio Sur, es favorecida igualmente por otro mecanismo de calentamiento asociado a ENSO y que viene constituido por la gran emisión oceánica de CO_2 durante esos periodos, con el cambio en la sst ecuatorial como factor principal (R. B. BACASTOW et al., 1980). Así, el gran fenómeno de El Niño acontecido entre abril de 1982 y principios de 1984 supuso la inyección atmosférica de 6000 millones de Tm de CO_2 , equivalentes a unas 1600 Tm de C. (A. GAUDRY et al., 1987). Meca-

nismo completado por la disminución de la solubilidad del CO_2 en el agua con el aumento térmico del mar (W. P. ELLIOT and J. K. ANGELL, 1987). El ENSO parece así ser responsable del desigual incremento de la concentración de CO_2 cada año (B. BOLIN, 1981).

Sin embargo, la relación entre la ENSO y el CO_2 es más compleja, no faltando autores que destacan el debilitamiento de la emisión ecuatorial en 1982 (W. D. KOMHYR et al., 1985). Con frecuencia, la concentración del dióxido disminuye ó aumenta ligeramente en las fases tempranas del ENSO, llegando a un fuerte crecimiento en su fase final. Aún así las emisiones del gas desde el Pacífico central ecuatorial a la atmósfera fueron 6 veces mayores entre marzo de 1985 a abril de 1986, periodo sin ENSO, que entre marzo de 1987 y febrero de 1988, periodo ENSO (C. S. WONG et al., 1993).

Térmicamente, el año 1990 había sido el más calurosos del Globo desde que existen series de temperaturas mundiales homologables. Record que parece podría atribuirse a los principales mecanismos de calentamiento global concomitantes con el proceso ENSO (D. E. PARKER and P. D. JONES, 1991), si bien no debe ignorarse la correspondencia con un máximo en el ciclo undecenal de la actividad solar (Figura 9). Más recientemente, mientras los años 1992 a 1994 se manifiestan más frescos, el año 1995 ha superado a 1990 en ser el año más cálido del registro global, tras el fenómeno ENSO más prolongado (K. E. TRENBERTH and T. J. HOAR, 1996), lo que recuerda la ya señalada vinculación entre ENSO y temperatu-



9.- La figura muestra la alta correlación entre los procesos de ENSO y los períodos de post-máxima actividad solar ó disminución de la transparencia atmosférica por erupciones volcánicas. Fuente: H. H. LAMB, 1985; A. ROBOCK and M. FREE, 1995.

ras globales (P. D. JONES, 1994).

Precisamente este último Niño 1990-1995, vinculado a un período de intensa actividad volcánica, ha permitido observar los hechos clásicos de la circulación atmosférica durante esos periodos. Así, durante el invierno de 1991-92, la temperatura de las aguas en el Pacífico ecuatorial registraba 1 ó 2 grados C. sobre sus valores normales. Simultáneamente, las temperaturas del agua en el Atlántico Norte permanecían bajo su valor normal sobre los 58° N (R. A. S. RATCLIFFE, 1992).

Consecuentemente el comportamiento climático y oceanográfico de las dos últimas décadas permite poner de manifiesto algunos rasgos de gran interés sobre el proceso de El Niño, singularmente su vinculación al ciclo de actividad solar y a las erupciones volcánicas. En este orden de conocimientos resulta de gran interés comprobar la gran correlación que el fenómeno Niño muestra con sensibles enfriamientos en la sst del Atlántico Norte. Ambos procesos son generalmente simultáneos evidenciando una respuesta al mismo «forcing» atmosférico que los gobierna. En este sentido es destacable que los grandes y más intensos períodos de ENSO parecen vinculados a períodos de mínima actividad solar o intensa actividad volcánica en el Hemisferio Norte. De este modo, la máxima extensión de hielos árticos y el enfriamiento del Atlántico Norte podría jugar un papel clave en los procesos de El Niño. Es muy posible que la configuración cryosférica de la región ártica resulta más sensible que la de la región antártica.

Las resonancias del fenómeno ENSO en el Mediterráneo Occidental.

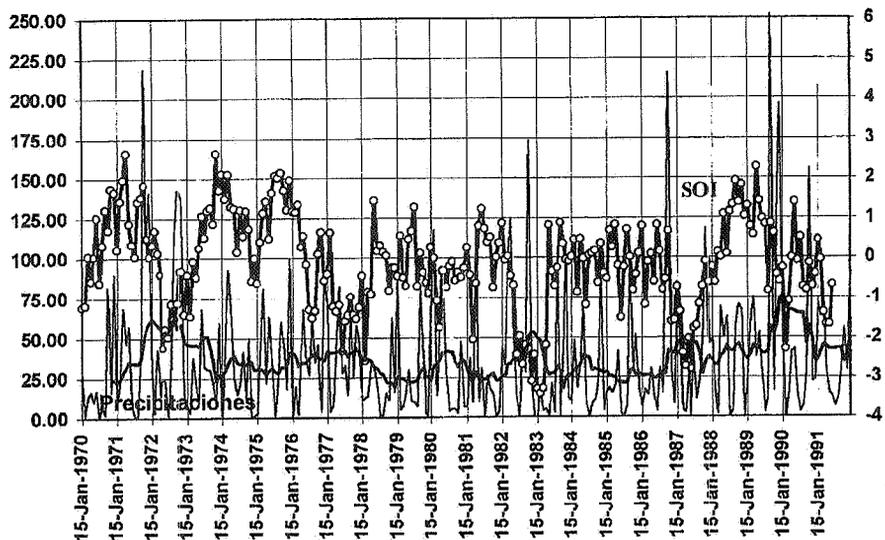
Se inscriben ante todo dentro de esa acusada inestabilidad climática del Atlántico Norte, provocada por el déficit térmico regional y reflejado en las bajas temperaturas superficiales del océano. La baja troposfera viene así caracterizada por temperaturas más frías que las normales y por alturas geopotenciales menores de las distintas superficies isobáricas. Las depresiones son más profundas y frecuentes en el Atlántico Norte.

En consecuencia, dado que estos enfriamientos suelen aparecer simultáneamente a las anomalías térmicas positivas del Pacífico ecuatorial, el proceso ENSO se revela cada vez más como la manifestación oceanográfica y atmosférica de un fenómeno planetario. En este sentido, la climatología del Mediterráneo Occidental no parece salir indemne. Los efectos mejor relacionados se acusan en el régimen pluviométrico. Los años de El Niño constituyen períodos de una pluviosidad mayor sobre la Región Valenciana. Así se desprende de la relación establecida desde 1891 (Y. REBEYROL, 1977; G. R. BIGG, 1990; y E. M. RASMUSSEN and T. H. CARPENTER, 1982). De los dieciocho períodos ENSO acontecidos, en

catorce, es decir en el 78% de los sucesos, las precipitaciones del Mediterráneo español estuvieron sobre las normales. El valor medio de incremento se sitúa en 1.33, equivalente a unos 130 mm. de mayor precipitación media anual.

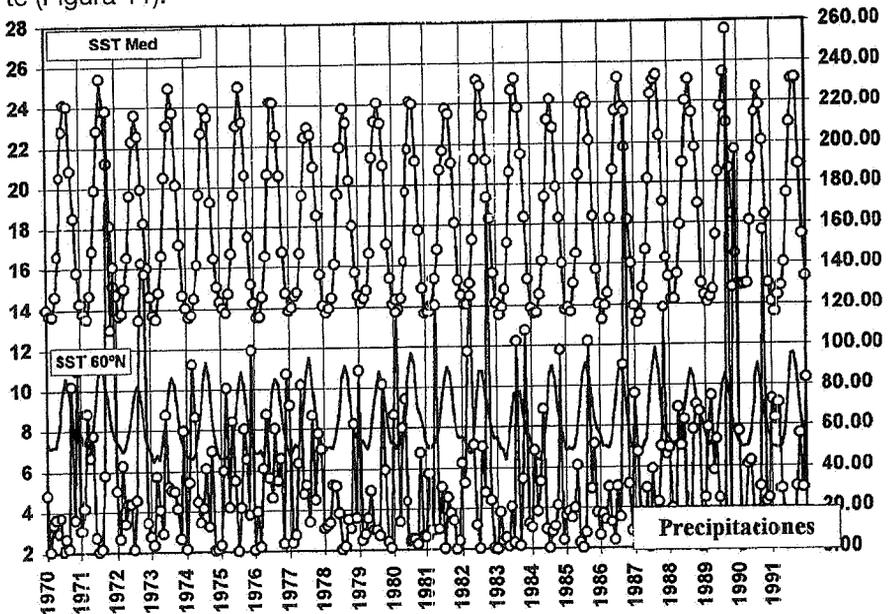
La figura 10 muestra la evolución comparada entre las precipitaciones mensuales en el Mediterráneo español y el índice de la oscilación sur (SOI). Las precipitaciones corresponden a la media de los observatorios de Castellón, Valencia y Alicante. Los valores de la Oscilación Sur están basadas en los valores medios mensuales del Climate Prediction Center (NOAA). La figura muestra la alta correlación entre los períodos de precipitaciones superiores a las normales y los de ENSO, así como la de los períodos de sequía con los de La Niña.

La figura muestra igualmente que las abundantes precipitaciones sobrevienen con frecuencia en los comienzos del período ENSO. Esta observación podría estar indicando que los déficits energéticos del Hemisferio Norte son precursores en esa oscilación de los grandes Centros de Acción de la Atmósfera. Esta última, a su vez, vendría a explicar la correspondencia observada entre la acumulación de aire frío en el Atlántico Norte y las grandes ciclogénesis del Mediterráneo occidental (J. QUEREDA, 1990). Las mayores precipitaciones mediterráneas parecen producirse como res-



10.- La evolución de las precipitaciones mediterráneas, en media móvil de 12 meses, muestran una alta correlación con los procesos de ENSO a través del índice SOI. Fuente: Climate Prediction Center (NOAA)

puesta a la exageración de gradientes térmicos en la sst del Atlántico Norte (Figura 11).



11.- Las mayores ciclogénesis y precipitaciones torrenciales mediterráneas se han producido en los momentos de máximo gradiente térmico en la temperatura superficial del Atlántico Norte. Las precipitaciones corresponden a los promedios mensuales de los observatorios de Alicante, Valencia y Castellón y los valores medios de la sst atlántica sobre los paralelos 40 y 60 °N proceden GEDEX (NASA)

Conclusiones.

La alta correlación entre el fenómeno El Niño y los efectos climáticos del Mediterráneo Occidental y Atlántico Norte revela que estamos ante las manifestaciones hemisféricas de un proceso de escala planetaria. Consecuentemente, esta escala global del proceso reclama para su génesis la alteración sensible del equilibrio energético planetario.

Dada la gran inercia térmica de los océanos, las anomalías de temperatura registradas en su superficie están reflejando el citado desequilibrio energético. Una alteración que debe ser reajustada mediante mecanismos atmosféricos más o menos excepcionales y de gran escala como los asociados al Niño. De ahí que los enfriamientos sensibles del Atlántico y Pacífico Norte, simultáneos a la elevación térmica de las aguas ecuatoriales, puedan constituir alertas de los citados mecanismos excepcionales de la circulación general y simultáneamente de precipitaciones intensas y mayores sobre el Mediterráneo español.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ANGELL, J. K. y KORSHOVER, J. (1987). "Variability in United States Cloudiness and its Relation to El Niño". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, 5, pp. 580-584.
- BACASTOW, R. B., ADAMS, J. A., KEELING, C. D., MOSS, D. J., WHORF, T. P. and WONG, C. S. (1980). "Atmosphere carbon dioxide, the Southern Oscillation, and the weak 1975 El Niño". *Science*, 210, pp. 66-68.
- BACASTOW, R. B. and KEELING, C. D. (1981). "Atmospheric carbon dioxide concentration and the observed airborne fraction". En B. BOLIN (eds.). "Carbon cycle modelling". John Wiley and Sons, New York, pp. 103-112.
- BERG, W. and AVERY, S. K. (1994). "Rainfall variability over the Tropical Pacific from July 1987 through December 1991 as inferred via monthly estimates from SSM/I". *Journal of Applied Meteorology*, 33, 12, pp. 1468-1485.
- BJERKNES, J. (1972). "Large-scale atmospheric response to the 1964-65 Pacific equatorial warming". *J. Phys. Ocean.*, 2, pp. 212-217.
- BIGG, G. R. (1990). "El Niño and the Southern Oscillation". *Weather*, 45, 1, pp. 2-8.
- DATTORE, B. (1993). N. Hemis. 72 x 19 Tropo Anals, Electronic Dataset N° DS085.1. Data Support Section, Scientific Computing Division, National Center for Atmospheric Research (NCAR).
- DONHEUR, M. M. et DARCHEN, J. (1984). "Les mefaits du Niño". *Met-mar*, 122, pp. 21-23.
- ELLIOT, W. P. and ANGELL, J. K. (1987). "On the relation between atmospheric CO₂ and equatorial sea-surface temperature", *Tellus*, 39B, 1-2, pp. 171-183.
- FRAEDERICH, K., MÜLLER, K. and KUGLIN, R. (1992). "Northern Hemisphere circulation regimes during the extremes of the El Niño/Southern Oscillation", *Tellus*, 44 A, 1, pp. 19-33.
- GARNIER, R. (1978). «Le Niño: manifestation localisée d'un phénomène planétaire». *La Météorologie*, VI, 13, pp. 137-138.
- GAUDRY, A., MONFRAY, P., POLIAN, G. and LAMBERT, G. (1987). "The 1982-83 El Niño: a 6 billion ton CO₂ release", *Tellus* 39B, 1-2, pp. 209-213.
- HANDLER, P. (1984). "Corn Yields in the United States and Sea Surface Temperature Anomalies in the Equatorial Pacific Ocean during the Period 1868-1982". *Agricultural and Forest Meteorology*, 31, 1, pp. 25-32.
- HARDY, R., WRIGHT, P., GRIBBIN, J. and KINGTON, J. (1983). "El libro del clima". Ed. Blume, Madrid, 224 pp.
- JONES, P. D. (1994). "Recent warming in global temperature series". *Journal Geophysical Research*, 21, 12, pp. 1149-1152.

- KOMHYR, W. D., GAMMON, R. H., HARRIS, T. B., WATERMAN, L. S., CONWAY, T. J., TAYLOR, W. R. and THONING, K. W. (1985). "Global atmospheric CO₂ distribution and variations from 1968-1982 NOAA/CMCC CO₂ flask sample data". *Journal of Geophysical Research*, 90 (D3), pp. 5567-5596.
- LA COCK, G. D. (1986). "The Southern Oscillation, environmental anomalies, and mortality of two southern african seabirds". *Climatic Change*, 8, 2, pp. 173-184.
- LAMB, H. H. (1985). "Volcanic loading: the dust veil index". NDP-013, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- MERLE, J. et TOURRE, Y. (1983). "El Niño 1982-83 et ses conséquences climatologiques", *Met-mar*, 120. pp. 31-39.
- NASA Climate Data System Staff (1992). "Greenhouse Effect Detection Experiment". NASA-Goddard Space Flight Center, Rapport NASA at Space Agency Forum on the International Space Year 1992.
- NICHOLLS, N. (1989). "How old is ENSO?. An editorial essay". *Climatic Change*, 14, 2, pp. 111-115.
- NICHOLSON, S. E. and ENTEKHABI, D. (1987). "Rainfall Variability in Equatorial and Southern Africa : Relationships with Sea Surface Temperatures along the Southwestern Coast of Africa", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, 5, pp. 561-578.
- PAN, H. Y. and OORT, A. H. (1983). "Global climate variations connected with sea surface temperature anomalies in the equatorial Pacific Ocean for the period 1958-1973". *Mon. Weather Rev.* 111, pp. 1244-1258.
- PARKER, D. E. and JONES, P. D. (1991). "Global warmth in 1990", *Weather*, 46, 10, pp. 302-310.
- PHILANDER, S. G. (1990). "El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation". Academic Press, 289 pp.
- QUEREDA, J. (1990). "Interactions Mer-Atmosphère et Cyclogénèse en Méditerranée". *Met-mar*, 146, pp. 26-30.
- RASMUSSEN, E. M. and CARPENTER, T. H. (1982). "Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño". *Monthly Weather Review*, 110, pp. 354-384.
- RATCLIFFE, R. A. S. (1987). "Review of Summer 1987 over the Northern Hemisphere", 42,11, pp 359-360.
- RATCLIFFE, R. A. S. (1992). "Review of winter 1991/92 in the Northern Hemisphere". *Weather*, 47, 5, pp. 158-160.
- REBEYROL, Y. (1977). "Le phénomène Niño", *La Météorologie*, VI, 10, pp. 135-136.
- ROBOCK, A. and FREE, M. (1995). "Ice core as an index of global volcanism". *Journal of Geophysical Research*, 100, pp. 11.549-11.567.

- ROUGERIE, F. et WAUTHY, B. (1983). "Anomalies de l'Hydroclimat et Cyclogenese en Polynesie en 1982 et 1983". *Met-mar*, 121, pp. 26-40.
- TRENBERTH, K. E. and HOAR, T. J. (1996). "The 1990-1995 El Niño-Southern Oscillation event: Longest on record". *Geophysical Research Letters*, 23, 1, pp. 57-60.
- VOGEL, C. H. (1989). "A documentary-derived climatic chronology for South Africa, 1820-1900". *Climatic Change*, 14, 3, pp. 291-307.
- WALLACE, J. M. and JIANG, Q. (1987). "On the observed structure of the interannual variability of the atmosphere/ocean climate system". *Atmospheric and Oceanic Variability, R. M. S.*, pp. 17-43.
- WILBY, R. (1993). "Evidence of ENSO in the synoptic climate of the British isles since 1880". *Weather*, 48, 8, pp. 234-239.
- WONG, C. S., CHAN, Y.-H., PAGE, J. S., SMITH, G. E. and BELLEGAY, R. D. (1993). "Changes in equatorial CO₂ flux and new production estimated from CO₂ and nutrient levels in Pacific surface waters during the 1986/87 El Niño". *Tellus*, 45B, 1, pp. 64-79.