

La cara oculta de El Niño: Anomalías climáticas y ecológicas en el Pacífico Occidental

ÓSCAR MARCOS VALIENTE *

Palabras clave: *anomalías climáticas, climatología, El Niño, ENSO, Oscilación del Sur, teleconexiones, Australia, océano Pacífico.*

Key words: *climate anomalies, climatology, El Niño, ENSO, Southern Oscillation, teleconnections, Australia, Pacific Ocean.*

INTRODUCCIÓN

El fenómeno El Niño, tras permanecer oculto al interés científico durante los primeros 70 años del siglo XX, se ha convertido en los últimos tres lustros en una de las herramientas más válidas para hallar el factor causante o detonante de algunas alteraciones climáticas muy significativas a escala planetaria, tanto por su extensión como por su magnitud. En esta misma publicación se presenta un extenso listado bibliográfico que evidencia este extremo (pp. 125-143).

Resulta, sin embargo, sorprendente, la escasa atención que ha recibido por parte de la comunidad internacional el estudio de las anomalías oceánicas y atmosféricas que el fenómeno provoca sobre el Pacífico occidental, en comparación con la ingente cantidad de estudios dedicados a El Niño en las costas sudamericanas. Este artículo pretende remediar dicho olvido, equiparando el conocimiento sobre la dinámica del evento ENSO en ambos extremos de la cuenca pacífica.

El fenómeno El Niño es conocido como tal desde hace más de cien años, al percibir los pescadores de las costas de Perú y Ecuador la aparición, con periodicidad anual, de una corriente de aguas cálidas procedente del norte en una región en la que habitualmente predominan las aguas frías. Como el fenómeno hace su aparición regularmente hacia las fechas navideñas, los pescadores de Paita (localidad litoral peruana), le otorgaron el nombre

* Becario del Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional de la Universitat de Barcelona. Este trabajo se ha realizado gracias a la aplicación de una beca pre-doctoral (FPI, MEC) y forma parte de una investigación dirigida por el Dr. José Luis Luzón Benedicto.

de El Niño, en honor a la festividad del Niño Jesús que esos días se celebra (Lockwood, 1984; Caviades, 1984a; Yarnal, 1985; Ramage, 1986; Cucalon, 1987; Deser y Wallace, 1987; Enfield, 1989, 1992; Diaz y Kiladis, 1992).

El estudio de El Niño no recibió demasiada atención, exceptuando a la propia comunidad científica peruana, hasta que Sir Gilbert Walker estudió la circulación atmosférica en el cinturón ecuatorial y estableció el concepto de Oscilación del Sur (Walker, 1923; Walker y Bliss, 1930, 1932). La Oscilación del Sur, es un enlace de sistemas barométricos en el Océano Pacífico, visto como un balanceo de presiones entre el Pacífico tropical sudoriental y la región de Australasia, que controla las variaciones de presión superficial, vientos, temperatura y precipitaciones en los trópicos de esta cuenca oceánica (Horel y Wallace, 1981; Yarnal, 1985; Yarnal y Kiladis, 1985; Ramage, 1986; Deser y Wallace, 1987; Allan, 1988; Enfield, 1992; Diaz y Kiladis, 1992; Quinn y Neal, 1992).

Según esta relación barométrica, cuando las presiones aumentan en el anticiclón situado sobre el sudeste del Pacífico, tienden a descender en el sistema de bajas presiones de Indonesia y norte de Australia, y a la inversa (Horel y Wallace, 1981; Rasmusson y Carpenter, 1982, 1983; Lockwood, 1984; Ramage, 1986; Allan, 1988). Los dos sistemas de presiones quedan conectados con un flujo de aire desde el este hacia el oeste, que presenta intensidad variable en función de las diferencias barométricas existentes en cada momento (Yarnal, 1985; Ramage, 1986; Allan, 1988; Enfield, 1992; Diaz y Kiladis, 1992; Quinn y Neal, 1992).

El debilitamiento de los flujos del este en el Pacífico ecuatorial oriental, en conjunción con presiones anómalamente bajas en el Pacífico oriental y anómalamente altas en el Pacífico occidental, reduce el afloramiento de aguas frías y favorece un incremento de la temperatura superficial del mar en toda la franja ecuatorial de este océano. Dada la estrecha interrelación existente entre El Niño, como elemento oceánico, y la Oscilación del Sur en su vertiente atmosférica, se empieza a hablar de El Niño-Oscilación del Sur, utilizando el acrónimo inglés ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) propuesto por Rasmusson y Carpenter en 1982.

El incremento de temperatura en la cuenca Pacífica, cuando tiene lugar simultáneamente al descenso barométrico y la debilitación del sistema de altas presiones en el sudeste del Pacífico, favorece la disminución de intensidad de los alisios, produciéndose así un bloqueo del afloramiento de aguas frías. El resultado es el ya referido calentamiento del litoral ecuato-peruano, y al desaparecer la estabilidad atmosférica generada por las aguas frías, la [ZCIT] zona de convergencia intertropical (en adelante, ZCIT) no tiene obstáculo alguno para desplazarse hacia el sur, aproximándose al ecuador más allá de lo normal, hasta el punto de cruzarlo. En definitiva, las alteraciones oceánicas y atmosféricas, al incidir sobre la reestructuración de la circulación atmosférica tropical, provocan modificaciones sobre la ZCIT que multiplican adicionalmente las alteraciones sobre el Pacífico ecuatorial oriental.

El incremento de precipitaciones sobre el Pacífico oriental y central provoca una reorganización de la distribución pluviométrica en toda la franja ecuatorial, por lo que necesariamente tiene lugar una reducción de precipitaciones en alguna otra región del cinturón ecuatorial (Caviades, 1984b; Diaz y Kiladis, 1992). Efectivamente, al oeste de los 180° se produce un incremento barométrico que comporta la debilitación y migración hacia el nordeste del sistema de bajas presiones de Indonesia, lo que, sumado a la modificación en la circulación atmosférica tropical, produce un reajuste de la precipitación y la circulación de vientos en aquél sector del planeta.

En el próximo apartado se profundiza en la dinámica de las anomalías atmosféricas y oceánicas generadas por un evento ENSO en el Pacífico occidental, presentando los efectos que estas distorsiones producen sobre los sistemas climático y ecológico.

EL FENÓMENO ENSO EN AUSTRALASIA: CONSECUENCIAS CLIMÁTICAS

Bajo condiciones ENSO, la zona de mayor actividad convectiva y liberación de calor latente, situada normalmente sobre Indonesia y el norte de Australia, no se desarrolla, si-

no que se desplaza hacia el Pacífico ecuatorial central, incidiendo en una reducción del ascenso de masas de aire sobre la región (Rasmusson y Carpenter, 1982; Krishnamurti et al., 1983; Ardanuy et al., 1987; Allan, 1988; Kuhnel, 1989; Suppiah, 1993). Este proceso, al potenciar que en la región de Australasia predomine la subsidencia donde antes se producía convergencia, provoca una eventual disminución de precipitaciones que puede conducir a la aparición de sequías en los episodios extremos, hecho aceptado por numerosos autores. Evidentemente, el desplazamiento hacia el este de la actividad convectiva comporta un mayor número de tormentas y precipitaciones más abundantes sobre el Pacífico central.

También se ha documentado que las alteraciones en la cuenca pacífica son responsables de la debilitación del monzón de verano sobre la India. En condiciones normales, durante esa época del año, el área de lluvias monzónicas se extiende desde Indonesia hacia la India y el sudeste de Asia (Diaz y Kiladis, 1992), pero en concordancia con un evento ENSO su extensión e intensidad se reduce notoriamente. El presente artículo tan solo presentará los efectos del fenómeno ENSO sobre la actividad monzónica de forma parcial, en cuanto afectan al ámbito del Pacífico occidental, por lo que no serán analizadas las anomalías sobre la cuenca oceánica del Índico. El lector puede acudir al listado bibliográfico de teleconexiones contenido en este mismo número para consultar las referencias allí contenidas.

Las investigaciones centradas en los efectos del fenómeno ENSO sobre el Pacífico occidental no hicieron su aparición hasta comienzos de los años 70, una vez quedó establecida la dinámica oceánico-atmosférica del fenómeno. Así, Pittock (1975) y Nicholls (1977) coincidieron en afirmar que la variabilidad pluviométrica sobre el norte y el este de Australia era atribuible a las variaciones de la Oscilación del Sur. No obstante, el incremento barométrico no afecta a todo el Pacífico occidental, ya que se han documentado presiones más bajas de lo habitual en el sur y sudeste de Nueva Zelanda durante la fase negativa de la Oscilación del Sur (Trenberth, 1976; Kiladis y Diaz, 1986; McGlone et al., 1992).

Las investigaciones de Van Loon y su equipo a principios de los 80 (Van Loon y Madden, 1981; Van Loon y Rogers, 1981; Rogers y Van Loon, 1982; Van Loon, 1984; Van Loon y Shea, 1985) mostraron cómo el aumento de las presiones sobre esta región favorecía la estabilidad atmosférica y dificultaba enormemente la actividad convectiva en un ámbito habitualmente lluvioso. Durante un fenómeno ENSO pasa de predominar la convergencia a hacerlo la divergencia, y la habitual actividad depresionaria se transforma en circulación anticiclónica, por lo que las precipitaciones se reducen hasta el punto de derivar en sequías de severidad y duración variables.

La redistribución de la circulación atmosférica sobre el Pacífico ecuatorial se concreta en el desarrollo de una circulación de Walker bicelular, bajo la cual la región de Australasia queda emplazada en el sector de subsidencia. Tal y como muestra la figura nº 1 (parte inferior), la masa de aire del Pacífico oriental inicia un flujo ascendente, al concentrarse allí las aguas más cálidas. Una vez ha perdido vapor de agua y alcanza las capas altas de la troposfera, se ve forzada a desplazarse hacia el oeste, donde se enfría y termina encontrándose con el flujo procedente del Índico. Así, inicia su descenso sobre la región de Australasia, donde pasa a predominar la subsidencia, la estabilidad atmosférica y, en definitiva, la escasez de lluvias.

El análisis de la circulación atmosférica en la altura de 850 hPa realizado por Evans y Allan (1992), muestra que durante un ENSO la región de máxima convergencia y las nubes de alta reflectividad (cumulonimbos característicos de los núcleos tormentosos), se desplazan hacia el Pacífico central, cuando estos elementos suelen situarse sobre el Pacífico occidental ecuatorial (entre los 120 y los 150° E de longitud) o, durante los eventos anti-ENSO, sobre el Sudeste de Asia. En la altura de 250 hPa, los mismos autores detectan un flujo divergente en las capas altas atmosféricas sobre Nueva Guinea y el este de Australia que impide totalmente el desarrollo de la actividad convectiva. Desaparece, por tanto, el principal mecanismo para la producción de lluvia en la región.

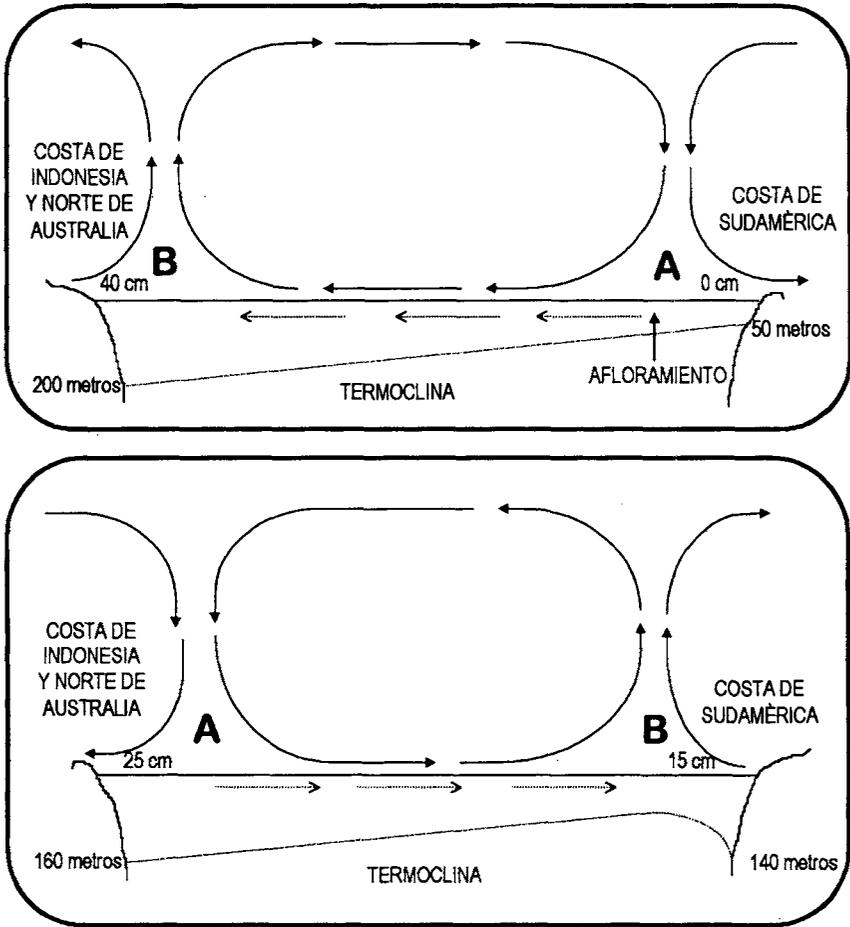


Fig. 1. En la mitad superior se detalla el flujo atmosférico y la dinámica oceánica habitual en el océano Pacífico ecuatorial. El aporte de calor y humedad, por la presencia de aguas cálidas en el Pacífico occidental, favorece el ascenso de las masas de aire y la formación de núcleos convectivos sobre Indonesia y el Norte de Australia. La mitad inferior de la figura muestra la circulación atmosférica del Pacífico durante el desarrollo de un ENSO extremo. Al concentrarse las aguas más cálidas en el Pacífico central y oriental, la atmósfera se inestabiliza, favoreciendo la formación de tormentas sobre las costas de Perú y Ecuador. Por el contrario, sobre la región de Australasia pasa a predominar la estabilidad atmosférica y la escasez de lluvias. (Basado en Ramage, 1986).

En condiciones normales, las bajas presiones predominantes permiten un equilibrio entre los flujos predominantes sobre la región: el del oeste, que circula sobre Australia, y el del sudeste, situado al este de Indonesia. Esta situación de equilibrio entre flujos que circulan en direcciones opuestas posibilita que los vientos resultantes sean débiles, por lo que la evaporación sobre la masa oceánica es intensa sobre unas aguas habitualmente cálidas.

En consecuencia, el aporte de vapor de agua hacia la atmósfera es muy cuantioso, favoreciendo una enérgica convección y fuertes precipitaciones.

Según reflejan Hackert y Hastenrath (1986) y Allan (1988), el incremento de presión atmosférica que tiene lugar durante un fenómeno ENSO conlleva un debilitamiento de los vientos del oeste antes mencionados. Ante esta nueva situación, el flujo del sudeste no encuentra obstáculo alguno para impulsar vientos intensos en esa dirección. Los vientos del sudeste dificultarán la evaporación sobre la masa oceánica y, en consecuencia, la formación de nubosidad. Esta dinámica, actuando simultáneamente a la estabilidad resultante del reajuste atmosférico detallado en la figura nº 1, configura una situación propicia para el desarrollo de sequías.

Otros dos condicionantes más ayudan a explicar la reducción de precipitaciones en la región durante un ENSO: la formación de un menor número de ciclones tropicales al norte de Australia por la fuerte acción inhibitoria de la circulación anticiclónica sobre el sudeste de Australia (Nicholls, 1979, 1984, 1985a, 1992; Allan, 1988; McGlone et al., 1992), y el desplazamiento de la zona de convergencia del Pacífico sur (en adelante, ZCPS) hacia el nordeste (Streten, 1970, 1973, 1975; Rasmusson y Carpenter, 1982; Allan, 1988).

En referencia a los ciclones tropicales, Hastings (1990) afirma que el centro de actividad de estos núcleos sobre Australia queda desplazado durante un ENSO de su situación habitual en la costa nordeste del continente hacia el este, en tanto que al año siguiente la época de inicio en la formación de los ciclones queda retrasada. Según Rasmusson y Wallace (1983), y Kiladis y Diaz (1986), el causante del desplazamiento del sector ciclónico hacia el Pacífico central hasta la línea de cambio de fecha, sería el flujo superficial de vientos del oeste resultante de la reestructuración atmosférica reflejada en la figura nº 1. Finalmente, Suppiah (1993) afirma que el debilitamiento de la actividad monzónica durante el verano austral retrasa la formación de ciclones tropicales, en años ENSO, el mientras que su reforzamiento durante un anti-ENSO activaría la actividad ciclónica.

La situación oceánico-atmosférica normal sobre Australasia queda ejemplificada tras el análisis de las condiciones predominantes durante un anti-ENSO, momento durante el cual se extreman los parámetros climáticos usuales. Bajo condiciones anti-ENSO, el invierno y la primavera australes son húmedos sobre el este de Australia (Allan, 1988, 1991; Kiladis y Diaz, 1989), con un anticiclón débil sobre el continente australiano y flujos intensos del oeste en latitudes subtropicales que facilitan la evaporación sobre el océano (Allan, 1988, 1991). Simultáneamente, los fuertes vientos del este sobre el Pacífico ecuatorial (durante un anti-ENSO los anticiclones del Pacífico sudoriental y nororiental se refuerzan, y los alisios se intensifican) traen grandes cantidades de agua cálida que incrementan notablemente el nivel del mar y la temperatura del Pacífico occidental. Esta situación oceánica favorece intensas precipitaciones, así como la formación de un mayor número de ciclones tropicales al norte de Australia (Allan, 1988, 1991).

Hacia finales del verano austral el anti-ENSO suele llegar a su fin, y los fuertes vientos del este sobre el Pacífico ecuatorial disminuyen de intensidad e incluso cesan en la región de Australasia. A continuación, si el debilitamiento de los alisios ha sido abrupto, se genera flujo oceánico de retorno de las aguas cálidas hacia el este. En el Pacífico occidental, las consecuencias de este flujo son un descenso del nivel del mar (Allan y Parinowo, 1987; Allan, 1988), y una reducción de la temperatura oceánica y de la actividad convectiva (Voice y Hunt, 1984; Allan y Parinowo, 1987; Allan, 1988). Cuando esta dinámica es suficientemente intensa, se establece el inicio de un fenómeno ENSO.

Durante el invierno y la primavera austral siguientes, puede identificarse un fuerte anticiclón sobre el continente australiano, reflejo de la redistribución de la circulación atmosférica (véase la figura nº 1). El alta subtropical va acompañada por una debilitación de los vientos del oeste, predominancia de la subsidencia hacia el este de Australia en una franja entre los 10 y los 20° S (Rasmusson y Carpenter, 1982), reducción de las precipitaciones, sequía e incremento de temperaturas sobre el norte y el este del continente y en la Isla Norte de Nueva Zelanda (Pitcock, 1975; Trenberth, 1976; Nicholls, 1977; Yarnal, 1985; Allan, 1988, 1991; Kiladis y Diaz, 1989; McGlone et al., 1992; Nicholls, 1992).

Al sudoeste de Australia y en la Isla Sur de Nueva Zelanda se observan anomalías pluviométricas de signo contrario, con pequeños incrementos de precipitaciones (Allan, 1988, 1991; McGlone et al., 1992; Nicholls, 1992). Según Yarnal (1985), sería debido a que el anticiclón sobre Australia debilita la corriente en chorro subtropical y refuerza los vientos del oeste al sur de la zona de altas presiones, así como por la formación de un cinturón de bajas presiones en el extremo meridional del continente.

Durante esta fase, la reducción de precipitaciones y la sequía se extienden por el Pacífico occidental hacia el norte, abrazando en ocasiones hasta el archipiélago de las Filipinas (Kiladis y Diaz, 1989). El descenso de nivel del mar y de temperaturas oceánicas sigue acentuándose en tanto que el fenómeno continúe dilatándose en el tiempo. La debilidad de los flujos del oeste subtropicales limita la evaporación, la formación de ciclones tropicales se retrae y, con la subsidencia predominante, la sequía se agrava (Allan, 1988, 1991).

Esta situación se extiende hasta el verano austral, y como durante esos meses se desarrolla el monzón de verano australiano, las adversas condiciones afectan a la actividad monzónica, que queda debilitada y retrasa su inicio (Allan, 1988). Normalmente, el comienzo de este monzón se define por la primera aparición de vientos del oeste en la altura de 850 hPa sobre Darwin, pero durante un ENSO, el monzón pierde fuerza. Las variaciones de intensidad y situación que experimenta la corriente en chorro subtropical del oeste sobre el norte de Australia durante el verano austral, con vientos del este en altura, se configuran como el principal factor modificador de la actividad monzónica (Allan, 1983; Hackert y Hastenrath, 1986; Holland, 1986; McBride, 1987; Suppiah, 1992, 1993; Drosowski, 1993).

El monzón de verano australiano proporciona más del 70% de la precipitación anual sobre Australia tropical, puesto que los meses del invierno austral son secos. Esta dependencia pluviométrica produce que la falta de lluvias relacionada con la debilitación de la circulación monzónica derive en graves alteraciones en las prácticas agrícolas de la región (Mollah et al., 1991; Suppiah, 1993).

Si durante un ENSO el monzón australiano es débil, reduce su ámbito de acción (la corriente de bajas presiones se sitúa hacia el ecuador y la lluvia apenas afecta al sector costero) y proporciona menos precipitaciones, en un anti-ENSO el monzón queda reforzado, el área de actuación monzónica es más extensa (alcanza latitudes más meridionales de 20° S, por lo que también abraza el continente y llueve en el interior) y las precipitaciones son copiosas (Murakami y Sumi, 1982; Allan, 1983; McBride, 1983; Suppiah, 1993). Esta alteración del monzón australiano afecta en último término a regiones más lejanas, como es el caso de la India, donde los eventos ENSO van acompañados de sequías (por la debilidad del monzón), y los anti-ENSO de inundaciones (por su intensificación).

Las precipitaciones se mantienen por debajo de la media durante doce meses, habitualmente desde febrero del año de inicio del ENSO hasta febrero del año siguiente (Ropelewski y Halpert, 1987; Nicholls, 1992), aunque la duración de cada episodio de sequía pueda alargarse posteriormente durante más de un año. En condiciones normales, hacia el otoño austral la situación oceánica y atmosférica retorna a la normalidad, aunque en eventos ENSO de especial intensidad (como fue el caso del episodio de 1982-83), las anomalías puedan dilatarse algunos meses más.

Siguiendo el ciclo de la Oscilación del Sur, las presiones disminuirán progresivamente hasta situarse en el otro extremo del sistema, momento en que daría comienzo un anti-ENSO, caracterizado por lluvias muy abundantes. Los efectos de este incremento pluviométrico pueden resumirse en inundaciones locales, incremento de la erosión fluvial, y potenciación de la transformación de los paisajes (Nicholls, 1992).

Dado el carácter generalista que ha intentado reflejarse en esta descripción, la misma debe ser tomada con un sentido globalizador y modelizador, teniendo en cuenta que cada evento ENSO puede presentar sus peculiaridades. Así, las anomalías descritas pueden variar, especialmente en intensidad y duración. El dicho popular de *No hay dos niños igua-*

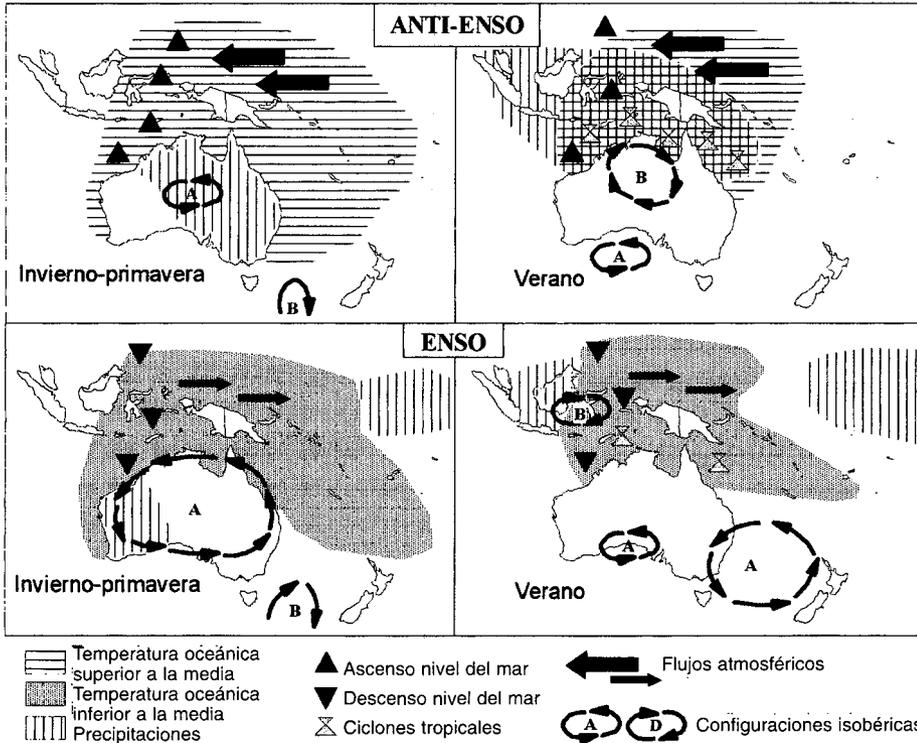


Fig. 2. Evolución temporal de los cambios que acontecen en el Pacífico ecuatorial occidental sobre los sistemas oceánico y atmosférico en el tránsito de un evento anti-ENSO hacia un ENSO, así como durante cada uno de los dos extremos del ciclo. Véase el texto para aclaraciones. (Basado en Allan, 1988).

les puede extenderse a este caso, e igual que *No hay dos fenómenos el Niño iguales* tampoco son idénticas sus manifestaciones y sus consecuencias. La figura nº 2 trata de resumir la secuencia temporal expuesta a lo largo del presente apartado.

EL NIÑO EN AUSTRALASIA: CONSECUENCIAS SOCIOECOLÓGICAS

El desarrollo de sequías ligadas al fenómeno ENSO produce una respuesta diferenciada en la población de Australasia, en función de la situación socioeconómica y política de cada país, puesto que estos factores reducen o magnifican el daño potencial que la falta de precipitaciones conlleva implícita. Así, en Australia o Nueva Zelanda las sequías más severas no derivan en hambrunas ni desencadenan epidemias o problemas sanitarios, en tanto que en otros como Indonesia, India o Papúa-Nueva Guinea eran frecuentes hasta hace poco y, en casos extremos, todavía llegan a producirse.

Los efectos de estas sequías recurrentes sobre la agricultura en Australia son los habituales sobre cualquier región donde el déficit hídrico aparece con cierta periodicidad: pérdida de cosechas y cabezas de ganado, empobrecimiento del suelo, y disminución de las

rentas económicas de la población dedicada a este sector productivo. Hasta mediados del siglo XX, el suministro de alimentos podía quedar comprometido, pero en la actualidad no se detectan efectos de consideración sobre la población, tal y como queda de manifiesto dada la escasez de referencias bibliográficas sobre los efectos socioeconómicos de las sequías en Australia, en comparación con la gran cantidad de autores que dedican estudios a esta problemática en otras regiones del planeta también afectadas por la escasez de lluvias (como la India o el África subsahariana)

Pese a esta aparente falta de interés, se han tomado las variaciones de producción de sorgo como índice de medida de la variabilidad pluviométrica en Australia, dada su estrecha relación con las fluctuaciones barométricas en la ciudad de Darwin, tomada como referencia en la cuantificación de la Oscilación del Sur (Nicholls, 1985b, 1988; Allan, 1991). Los efectos de la sequía sobre Indonesia son más acusados que en Australia y, pese a no derivar en hambrunas, tienen un fuerte impacto sobre los cultivos de los pequeños propietarios, principalmente en las explotaciones de arroz, cuya producción se redujo sobremanera durante las sequías de 1972, 1976 y 1982.

Mayor interés ha despertado el estudio de las epidemias de encefalitis en el sudeste de Australia, un virus transmitido por los mosquitos durante los episodios de precipitaciones abundantes (Nicholls, 1986, 1992), es decir, coincidiendo con eventos anti-ENSO, cuando las poblaciones de mosquitos encuentran condiciones favorables para reproducirse en grandes cantidades.

En el conjunto de Australasia, las sequías ligadas al fenómeno ENSO imponen unas condiciones ecológicas extremas, que son contestadas mediante mecanismos de adaptación en el ecosistema animal y vegetal. La región de Australia ha sido la más estudiada por parte de la comunidad científica, tal y como se detalla a continuación.

En años secos, Nicholls (1992) señala que el canguro rojo (*Macropus rufus*) interrumpe su actividad reproductora, con el objeto de reducir al mínimo su gasto energético y evitar la casi segura muerte de su cría por la falta de alimentos. Si ya tenía una cría de corta edad, las probabilidades de que ésta muera se incrementan. La rata de pelo largo (*Rattus villosissimus*) se retira a refugios seguros donde pueda asegurarse el suministro de agua y vegetales (Strahan, 1983), pero aún así no consigue evitar un fuerte incremento de la mortalidad (Nicholls, 1992). Pese a todo, esta fuerte mortalidad permite a la población superviviente de la especie hallar alimentos suficientes en los escasos refugios existentes. Los niveles poblacionales regresan a la normalidad mediante un incremento de las tasas reproductoras cuando los niveles pluviométricos vuelven a ser propicios.

Las diferentes especies de aves propias de la región optan por emigrar hacia zonas más húmedas. Según Nicholls (1992), se detecta una mayor capacidad migratoria en las aves australianas que en las del resto de planeta, lo cual las faculta para resistir con mayor facilidad el advenimiento de sequías. En algunos casos, ciertas especies de aves con poca capacidad de migración han desarrollado sistemas de reproducción rápida, mediante un mayor número de crías y nidadas sucesivas sin intervalos de descanso cuando las condiciones ecológicas vuelven a ser favorables.

Las capturas de especies marinas también experimentan alteraciones, aunque esta vertiente ecológica todavía no ha sido estudiada con la misma profundidad que en el Pacífico ecuatorial oriental, donde los efectos del fenómeno *El Niño* sobre la pesca han venido recibiendo gran atención desde hace décadas.

Allan (1991) observa que las capturas de atún en Nueva Gales del Sur caen durante años ENSO. También se han establecido conexiones entre los fenómenos ENSO y la pesca de marisco en el litoral de Australia occidental, por el efecto que ejercen las variaciones en el nivel del mar sobre las costas rocosas donde abundan estas especies, aunque los autores señalan que los análisis de esta dinámica todavía deben mejorarse (Allan y Parinow, 1987; Allan, 1988, 1991). Otras variaciones destacables en la fauna marina son la reducción de la población de gambas en el golfo de Carpentaria, situado en el norte de Australia, simultáneamente a la disminución pluviométrica (Allan, 1991), y el descenso de

las poblaciones de tortuga verde al norte del continente entre 20 y 30 meses después del comienzo de un ENSO (Nicholls, 1988; Allan, 1991).

Por lo que respecta al reino vegetal, debe ser especialmente destacado el aumento en el número de incendios forestales (Allan, 1991). Además, los incendios que se registran presentan una mayor extensión, son más intensos y mucho más devastadores que los registrados en años de lluvias normales. Existe, sin embargo, una tendencia extendida a culpar al fenómeno ENSO en exceso de estos incendios, cuando de hecho buena parte de ellos presentan un origen antrópico, ligado a los intereses económicos de las grandes compañías madereras.

Así, pueden distinguirse dos tipologías en la generación de los incendios forestales. En Australia, se queman grandes extensiones de vegetación arbustiva, donde el bosque es secundario y disperso, con especies muy propicias para la extensión del fuego, como se analiza más adelante. En cambio, en los países del extremo sudeste de Asia (Indonesia, Papúa-Nueva Guinea o Malasia), los incendios acontecen en formaciones boscosas espesas, donde predomina la selva tropical poco pirófitas. En el primer caso, los incendios tienen un carácter renovador y son incluso ecológicamente beneficiosos, puesto que contribuyen a potenciar la reproducción vegetal, mientras que en el segundo son claramente destructivos, puesto que se producen en una zona con poca capacidad de recuperación. Mientras que en Australia los sectores afectados por el incendio pueden recuperarse en pocos años, en Indonesia pueden pasar decenios hasta que el bosque original vuelva a imponerse.

Debemos, por tanto, considerar que El Niño tan sólo proporciona las condiciones climáticas propicias para la extensión del incendio. Sin embargo, ¿cuántos incendios se generarían realmente sin la intervención humana? Los estudios indican que en Australia seguirían produciéndose, pero en cambio en Asia la falta de agua no sería un detonante suficiente para la extensión incontrolada de los incendios, dadas las características de la vegetación en la zona.

La recurrencia de las sequías en Australia ha generado diversos mecanismos de adaptación en la vegetación. Nicholls (1992) señala los siguientes:

- ausencia de especies suculentas que, pese a resistir la sequía, necesitan lluvias regulares y no pueden soportar períodos secos de doce meses de duración;
- presencia de especies xerófitas, con capacidad de resistir años sin agua, para germinar después cuando las precipitaciones son copiosas;
- abundancia de vegetales con raíces profundas que aseguran el suministro de agua a través de las bolsas que se acumulan en el subsuelo durante los períodos lluviosos;
- existencia de flora resistente a los incendios e, incluso, dependiente del fuego para asegurar su reproducción (el eucalipto libera las semillas durante los incendios, mientras que otras especies utilizan su resistencia al fuego para germinar tras un incendio, aprovechando que no hay competidores y utilizando los nutrientes procedentes de la vegetación quemada para un rápido crecimiento).

CONCLUSIONES: DELIMITACIÓN ESPACIAL DE LAS ANOMALÍAS PLUVIOMÉTRICAS

La correspondencia entre fenómenos ENSO y las sequías en el norte y este de Australia ha sido objeto de extensos análisis estadísticos. Comparando los años ENSO con aquellos en que la sequía ha estado presente en el continente australiano, la coincidencia alcanza el 85% para el período comprendido entre 1824 y 1992. Las nueve únicas ocasiones desde 1790 en que las precipitaciones han sido iguales o superiores a la media durante un ENSO han coincidido con un fenómeno de carácter moderado (1806-07, 1812, 1830, 1835-36, 1852-53, 1860, 1891, 1939 y 1968-69) según la clasificación de Quinn (Quinn y Neal, 1992), lo cual pone de manifiesto que los efectos en el Pacífico occidental son sensibles a la intensidad del fenómeno ENSO.

Las sequías en la Isla Norte de Nueva Zelanda (como ya se indicó anteriormente, la Isla Sur experimenta un ligero incremento pluviométrico), tienden a coincidir con los años ENSO más intensos, ya que de los catorce catalogados por Quinn y Neal (1992) como fuertes o muy fuertes durante los últimos 150 años, trece (es decir, un 92,85%) presentaron reducciones pluviométricas significativas, especialmente intensas en los años 1877-78, 1957-58, 1973-73 y 1982-83 (McGlone et al., 1992). En conclusión, los efectos sobre las regiones del Pacífico más alejadas del centro de acción de la Oscilación del Sur son más acusados cuando el fenómeno ENSO es de mayor intensidad.

La región de Indonesia, que también queda afectada por la dinámica expuesta anteriormente, experimenta una reducción de precipitaciones y sequías igualmente intensa y significativa. Berlage (1957) ya mostró en los años 50 que el 93% de sequías registradas en Indonesia entre 1830 y 1953 se produjeron durante la fase negativa de la Oscilación del Sur, con un incremento barométrico y debilitación del monzón del este. Ropelewski y Halpert (1987) sitúan en un 80% la coincidencia para el período 1879-1982 entre fenómenos El Niño y anomalías negativas de precipitación entre los meses de junio y noviembre.

El análisis temporal de las anomalías pluviométricas evidencia que las precipitaciones empiezan a disminuir entre diciembre del año previo al ENSO y enero del propio año ENSO, justo en la fase inicial del fenómeno. Las máximas anomalías negativas tienen lugar entre julio y septiembre, los meses habitualmente más lluviosos, y durante los cuales la región se halla bajo la influencia del monzón del este. Esta dependencia de las lluvias monzónicas ha provocado que, en el área indonesia, los científicos hayan acuñado el término de 'sequías del monzón del este' (Quinn et al., 1978; Rasmusson y Carpenter, 1982).

Las precipitaciones permanecen bajo la media durante todo el año ENSO, para retornar a la normalidad en enero del año siguiente, cuando el fenómeno ya ha alcanzado su fase de madurez. En muchas ocasiones, se observa que, poco después de una intensa sequía, se producen fuertes anomalías positivas (Ropelewski y Halpert, 1989; Nicholls, 1992), ligadas al paso a un evento anti-ENSO.

Realizando la misma relación que en el caso de Australia para las sequías en Indonesia ligadas al fenómeno ENSO, se alcanza la conclusión de que, entre 1832 y 1992, de los 46 años ENSO identificados, hubo sequías en 39 ocasiones, y en otra las lluvias fueron ligeramente inferiores a la media. En conjunto, la coincidencia alcanza un 86,94%, demostrando la estrecha relación entre ambas manifestaciones climáticas. Quinn et al. (1978) situaban esta relación en un 78% para el período 1844-1976, debido probablemente a una menor disponibilidad de información para los eventos climáticos más antiguos.

Al igual que con las sequías australianas, los seis eventos ENSO (1860, 1862, 1861, 1907, 1939 y 1868-69), que no fueron acompañados por sequías en Indonesia tuvieron una intensidad moderada según la clasificación de Quinn, lo cual permite concluir nuevamente que la severidad del fenómeno ENSO determina la morfología de las alteraciones climáticas en el Pacífico occidental: si aquél es fuerte o muy fuerte, éstas se producirán en un 100% de los casos, pero si es moderado las probabilidades de configuración de una sequía se reducen.

Más al norte, el Pacífico occidental se halla también influenciado por la circulación monzónica procedente del nordeste, que abraza latitudes tan septentrionales como 10° N. Las alteraciones de la circulación meridional de Hadley de la que forma parte este monzón provocan su debilitación durante los años ENSO, al quedar situado en un sector de subsidencia. En consecuencia, se registran anomalías negativas de precipitación desde las Filipinas hacia el este (Rasmusson y Wallace, 1983; Ardanuy y Krishnamurti, 1987; Ardanuy et al., 1987). Dado que el monzón del nordeste inicia su actividad entre septiembre y abril, al norte y al este del archipiélago indonesio (es decir, en Borneo y Filipinas) el descenso de precipitaciones alcanza su nivel máximo durante esos meses, prolongándose hasta la primavera boreal del año siguiente al inicio del fenómeno ENSO (Rasmusson y Carpenter, 1982).

Bibliografía

- ALLAN, R.J. (1983): 'Monsoon and teleconnections variability over Australasia during the southern hemisphere summers of 1973-77'. *Monthly Weather Review*, 110, pp. 113-142.
- ALLAN, R.J. (1988): 'El Niño-Southern Oscillation influences in the Australasian region'. *Progress in Physical Geography*, 12, pp. 313-348.
- ALLAN, R.J. (1991): 'Australasia'. En: GLANTZ, M.H., KATZ, R.W. y NICHOLLS, N. (1991): *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies*. Cambridge University Press. Cambridge. 535 págs. (pp. 73-120).
- ALLAN, R.J. y PARINOWO, J.I. (1987): 'Aspects of large-scale ocean-atmosphere interactions in low latitude Australasia'. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 38, pp. 6-10.
- ARDANUY, P.E. y KRISHNAMURTI, T.N. (1987): 'Divergent circulations inferred from the Nimbus-7 ERB: Application to the 1982-1983 ENSO event'. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 65, pp. 353-371.
- ARDANUY, P.E., CUDDAPAH, P. y LEE KYLE, H. (1987): 'Remote Sensing of Water Vapor Convergence, Deep Convection, and Precipitation Over the Tropical Pacific Ocean During the 1982-1983 El Niño'. *Journal of Geophysical Research*, 92, pp. 14204-14216.
- BERLAGE, H.P. (1957): 'Fluctuations in the general atmospheric circulations of more than one year, their nature and prognostic value'. *Mededelingen en Verhandelingen*, 69. Instituto Meteorológico del Reino de Holanda.
- CAVIEDES, C.N. (1984a): 'El Niño 1982-83'. *Geographical Review*, 74, pp. 267-290.
- CAVIEDES, C.N. (1984b): 'Geography and the lessons from El Niño'. *The Professional Geographer*, 36, pp. 428-436.
- CUCALON, E. (1987): 'Oceanographic Variability off Ecuador Associated With an El Niño Event in 1982-1983'. *Journal of Geophysical Research*, 92, pp. 14309-14322.
- DESER, C. y WALLACE, M. (1987): 'El Niño Events and Their Relation to the Southern Oscillation: 1925-1986'. *Journal of Geophysical Research*, 92, pp. 14189-14196.
- DIAZ, H.F. y KILADIS, G.N. (1992): 'Atmospheric teleconnections associated with the extreme phases of the Southern Oscillation'. En: DIAZ, H.F. y MARKGRAF, V. (1992): *El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press. Cambridge. (pp. 7-28).
- DROSDOWSKY, W. (1993): 'An analysis of australian seasonal rainfall anomalies: 1950-1987. II: Temporal variability and teleconnection patterns'. *International Journal of Climatology*, 13, pp. 111-149.
- ENFIELD, D.B. (1989): 'El Niño, past and present'. *Reviews in Geophysics*, 27, pp. 159-187.
- ENFIELD, D.B. (1992): 'Historical and prehistorical overview of El Niño/Southern Oscillation'. En: DIAZ, H.F. y MARKGRAF, V. (1992): *El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press. Cambridge. (pp. 95-117).
- EVANS, J.L. y ALLAN, R.J. (1992): 'El Niño/Southern Oscillation modification to the structure of the monsoon and tropical cyclone activity in the australasian region'. *International Journal of Climatology*, 12, pp. 611-623.
- HACKERT, E.C. y HASTENRATH, S. (1986): 'Mechanisms of Java rainfall anomalies'. *Monthly Weather Review*, 114, pp. 745-757.
- HASTINGS, P.A. (1990): 'Southern Oscillation influence on tropical cyclone activity in the Australian/South-West Pacific region'. *International Journal of Climatology*, 3, pp. 291-298.
- HOLLAND, G.J. (1986): 'Interannual variability of the Australian summer monsoon at Darwin: 1952-1982'. *Monthly Weather Review*, 114, pp. 594-604.
- HOREL, J.D. y WALLACE, J.M. (1981): 'Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation'. *Monthly Weather Review*, 109, pp. 813-829.
- KILADIS, G.N. y DIAZ, H.F. (1986): 'An analysis of the 1977-78 ENSO episode and comparison with 1982-83'. *Monthly Weather Review*, 114, pp. 1035-1047.
- KILADIS, G.N. y DIAZ, H.F. (1989): 'Global climatic anomalies associated with extremes of the Southern Oscillation'. *Journal of Climate*, 2, pp. 1069-1090.

- KRISHNAMURTI, T.N., SURGI, N. y MONOBIANCO, J. (1983): 'Recent results on divergent circulations over the global tropics'. *Papers of Meteorological Research - Journal of Meteorology of the Socialist Republic of China*, 6, pp. 41-62.
- KUHNEL, Y. (1989): 'Spatial and temporal variations in Australo-Indonesian region cloudiness'. *International Journal of Climatology*, 9, pp. 395-405.
- LOCKWOOD, J.G. (1984): 'The Southern Oscillation and El Niño'. *Progress in Physical Geography*, 8, pp. 102-110.
- MCBRIDE, J.L. (1983): 'Satellite observations of the southern hemisphere monsoon during winter MONEX'. *Tellus*, 35A, pp. 189-197.
- MCBRIDE, J.L. (1987): 'The Australian summer monsoon'. En: CHANG, C.P. y KRISHNAMURTI, T.N. (eds.) (1987): *Monsoon Meteorology*. Oxford University Press. Oxford. (pp. 203-231).
- MCGLOONE, M.S., KERSHAW, A.P. y MARKGRAF, V. (1992): 'El Niño / Southern Oscillation climatic variability in Australasian and South America paleoenvironmental records'. En: DIAZ, H.F. y MARKGRAF, V. (1992): *El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press. Cambridge. 476 págs. (pp.435-462).
- MOLLAH, W.S., DE LAUNEY, W. y HAYNES, M.A. (1991): 'Long-term characteristics of seasonal rainfall at Katherine, Northern Territory'. *Australian Geographical Studies*, 29, pp. 71-92.
- MURAKAMI, T. y SUMI, A. (1982): 'Southern hemisphere summer monsoon circulation during the 1978-79 WMONEX. Part II: onset, active and break monsoons'. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 60, pp. 649-670.
- NICHOLLS, N. (1977): 'Tropical-extratropical interactions in the Australian Region'. *Monthly Weather Review*, 105, pp. 826-832.
- NICHOLLS, N. (1979): 'A possible method for predicting seasonal tropical cyclone activity in the Australian region'. *Monthly Weather Review*, 107, pp. 1221-1224.
- NICHOLLS, N. (1984): 'The Southern Oscillation and Indonesian sea surface temperature'. *Monthly Weather Review*, 112, pp. 424-432.
- NICHOLLS, N. (1985a): 'The Southern Oscillation and Australian tropical cyclones'. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 29, pág. 2.
- NICHOLLS, N. (1985b): 'Impact of the Southern Oscillation on Australian crops'. *Journal of Climatology*, 5, pp. 553-560.
- NICHOLLS, N. (1986): 'A method for predicting Murray Valley Encephalitis in southeast Australia using the Southern Oscillation'. *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, 64, pp. 587-594.
- NICHOLLS, N. (1988): 'El Niño-Southern Oscillation impact prediction'. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 69, pp. 173-176.
- NICHOLLS, N. (1992): 'Historical El Niño/Southern Oscillation variability in the Australasian region'. En: DIAZ, H.F. y MARKGRAF, V. (1992): *El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press. Cambridge. 476 págs. (pp.151-173).
- PITTOCK, A.B. (1975): 'Climatic change and the patterns of variation in Australian rainfall'. *Search*, 6, pp. 498-504.
- QUINN, W.H., ZOPF, D.O., SHORT, K.S. y KUO YANG, R.T. (1978): 'Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts'. *Fishery Bulletin U.S.*, 76, pp. 663-678.
- QUINN, W.H. y NEAL, V.T. (1992): 'The historical record of El Niño events'. En: BRADLEY, R.S. y JONES P.D. (eds.): *Climate Since A.D. 1500*. Routledge, Chapman and Hall. Londres. (pp. 623-648).
- RAMAGE, C.S. (1986): 'El Niño'. En: VV.AA. (1986): *El clima*. Prensa Científica (Col. Libros de Investigación y ciencia). Barcelona. (pp. 67-75).
- RASMUSSON, E.M. y 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.
- RASMUSSON, E.M. y CARPENTER, T.H. (1983): 'The relationship between eastern equatorial Pacific sea surface temperatures and rainfall over India and Sri Lanka'. *Monthly Weather Review*, 111, pp. 517-528.

- RASMUSSEN, E.M. y WALLACE, J.M. (1983): 'Meteorological aspects of the El Niño/ Southern Oscillation'. *Science*, 222, pp. 1195-1202.
- ROGERS, J.C. y VAN LOON, H. (1982): 'Spatial variability of sea level pressure and 500 mb height anomalies over the southern hemisphere'. *Monthly Weather Review*, 110, pp. 1375-1392.
- ROPELEWSKI, C.F. y HALPERT, M.S. (1987): 'Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/southern Oscillation'. *Monthly Weather Review*, 115, pp. 1606-1626.
- ROPELEWSKI, C.F. y HALPERT, M.S. (1989): 'Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation'. *Journal of Climate*, 2, pp. 268-284.
- STRAHAN, R. (1983): *The Australian Museum Complete Book of Australian Mammals*. Angus and Robertson. Sidney. 530 pp.
- STRETEN, N.A. (1970): 'A note of the climatology of the satellite observed zone of high cloudiness in the central South Pacific'. *Australian Meteorological Magazine*, 18, pp. 31-38.
- STRETEN, N.A. (1973): 'Some characteristics of satellite-observed bands of persistent cloudiness over the southern hemisphere'. *Monthly Weather Review*, 101, pp. 486-497.
- STRETEN, N.A. (1975): 'Satellite derived inferences to some characteristics of the South Pacific atmospheric circulation associated with El Niño event of 1972-73'. *Monthly Weather Review*, 103, pp. 989-995.
- SUPPIAH, R. (1992): 'The Australian summer monsoon: a review'. *Progress in Physical Geography*, 16, pp. 283-318.
- SUPPIAH, R. (1993): 'ENSO phenomenon and 30-50 day variability in the Australian summer monsoon rainfall'. *International Journal of Climatology*, 13, pp. 837-851.
- TRENBERTH, K.E. (1976): 'Spatial and temporal variations of the Southern Oscillation'. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 102, pp. 639-653.
- VAN LOON, H. (1984): 'The Southern Oscillation. Part III: Associations with the trades and with the trough in the westerlies of the South Pacific Ocean'. *Monthly Weather Review*, 112, pp. 947-954.
- VAN LOON, H. y MADDEN, R.A. (1981): 'The Southern Oscillation. Part I: global associations with pressure and temperature in northern winter'. *Monthly Weather Review*, 109, pp. 1150-1162.
- VAN LOON, H. y ROGERS, J.C. (1981): 'The Southern Oscillation. Part II: association with changes in the middle troposphere in the northern winter'. *Monthly Weather Review*, 109, pp. 1163-1168.
- VAN LOON, H. y SHEA, D.J. (1985): 'The Southern Oscillation. Part IV: The precursors South of 15° S to the extremes of the oscillation'. *Monthly Weather Review*, 113, pp. 2063-2074.
- VOICE, M.E. y HUNT, B.G. (1984): 'A study of the dynamics of drought initiation using a global general circulation model'. *Journal of Geophysical Research*, 89, D6, pp. 9504-9520.
- WALKER, G.T. (1923): 'World weather I'. *Memoirs of the Indian Meteorological Department*, 24, pp. 75-131.
- WALKER, G.T. y BLISS, E.W. (1930): 'World Weather IV. Some applications to seasonal foreshadowing'. *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, 3, pp. 81-94.
- WALKER, G.T. y BLISS, E.W. (1932): 'World Weather V'. *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, 4, pp. 53-84.
- YARNAL, B. (1985): 'Extratropical teleconnections with El Niño/Southern Oscillation (ENSO) events'. *Progress in Physical Geography*, 9, pp. 315-352.
- YARNAL, B. y KILADIS, G. (1985): 'Tropical teleconnections associated with El Niño/ Southern Oscillation (ENSO) events'. *Progress in Physical Geography*, 9, pp. 524-556.

Resum: La cara oculta de El Niño: anomalies climàtiques i ecològiques al Pacífic occidental

L'article presenta una visió de conjunt de com afecta el fenomen El Niño a la regió d'Australàsia, al Pacífic occidental. L'estudi s'estructura en tres blocs: primer, es tracten els fonaments de la dinàmica oceànica i atmosfèrica que explica el desenvolupament dels esdeveniments ENSO; per tractar després les anomalies climàtiques que tenen lloc al Pacífic occidental equatorial i tropical com a resposta al fenomen. Finalment, es presenta com

incideixen aquestes alteracions climàtiques sobre l'ecologia i l'economia, donant especial atenció a les diferents respostes de cadascuna de les societats que comparteixen aquesta regió pacífica. Amb aquestes reflexions, es vol donar ressó a les conseqüències que produeix un fenomen, lligat al Pacífic oriental, a l'extrem oposat d'aquest oceà, poc conegudes per la comunitat científica europea.

Abstract: The hidden face of El Niño: climatic and ecological anomalies in the Western Pacific

The article offers a global vision on how El Niño affects the Australasian region, in the Western Pacific. The research is structured in three main chapters: first, ocean and atmosphere basic dynamics to explain the development of ENSO events are presented; to continue dealing with climate anomalies that take place along equatorial and tropical Western Pacific as a response to those events. Finally, the incidence of these climate anomalies on the ecology and the economy is presented, focusing on the different response of each society in the region. The objective of these considerations is to give full knowledge of the consequences produced by an event tied to the Eastern Pacific on the other side of the ocean, which remain mainly unknown for most of the European scientists.