

## EFFECTOS ECOLÓGICOS DEL FENÓMENO ENOS EN COLOMBIA

### ECOLOGICAL EFFECTS OF ENSO PHENOMENON IN COLOMBIA

Yesid Carvajal, Henry Jiménez y Hernán Materón\*

---

#### RESUMEN

El fenómeno ENOS, tiene un sustancial efecto sobre las variaciones del clima a nivel mundial; por lo tanto, no sorprende que sus efectos tengan un impacto ecológico y socioeconómico fuerte, alterando la seguridad alimentaria de los países a nivel mundial. Ante este panorama, es comprensible que haya despertado el mayor interés mundial, no sólo en los especialistas en meteorología y oceanografía sino también entre biólogos, ecólogos, físicos, matemáticos, agrónomos, hidrólogos, economistas, sociólogos y planificadores, entre otros. En el presente documento, se muestra algunos de los principales efectos ecológicos en Colombia durante las fases extremas cálida (El Niño) y fría (La Niña), indicando que es una necesidad urgente, orientar la investigación en sus causas, consecuencias e impactos.

**Palabras claves:** El Niño Oscilación Sur, El Niño, efectos, ecosistema, Colombia.

#### ABSTRACT

The ENSO phenomenon has a substantial effect on global climate variation; therefore, it is not surprising that its effects have a strong ecological and socio-economical impact, altering the feeding security world around. In front of this, it is understandable the awake world interest, not only by meteorology and oceanography specialists, but also among biologists, hydrologists, economists, sociologists and planifiers, among others. The present work shows some principal ecological effects in Colombia during the warm phase (El Niño) and cold phase (La Niña) pointed out the necessity to orientates the investigation in causes, consequences and impacts.

**Key words:** El Niño Southern Oscillation, El Niño, effects, ecosystem, Colombia.

---

#### MARCO DE REFERENCIA

##### Definición del ENOS y sus fases

“El Niño Oscilación Sur” (ENOS) es un evento natural que se da como resultado de la interacción entre el océano y la atmósfera en la región del Océano Pacífico Ecuatorial. Es el conjunto más poderoso de variaciones atmosféricas y oceánicas que ocurre en escalas de tiempo que van desde meses a varios años. Su componente oceánica es “El Niño”, calentamiento anómalo de las aguas superficiales del centro y este del Pacífico Tropical, que produce una profundización de la termoclina del océano (gradiente térmico entre las aguas superficiales más cálidas y las

más frías a mayores profundidades), asociado con el debilitamiento de los vientos alisios del Este. La componente atmosférica se conoce con el nombre de Oscilación Sur (Southern Oscillation, SO), onda estacionaria en la masa atmosférica que produce un gradiente de presiones entre el oeste y el este del Pacífico Ecuatorial. Generalmente un centro de alta presión se localiza cerca de Tahití (18° LS, 150° LW), mientras que otro de baja presión se localiza en Indonesia y Norte de Australia (Darwin, 12° LS, 131° LE); este gradiente de presiones atmosféricas se representa comúnmente con el índice de Oscilación Sur (SOI), definido como la diferencia estandarizada de las presiones atmosféricas de ambos sitios. El ENOS en su fase extrema cálida es un fenómeno cuasiperiódico con una recurrencia promedio de cuatro años, que varía entre 2 y 7 años (Trenberth, 1991). Las

---

\* Facultad de Ingeniería. Univ. del Valle. A.A. 25360  
Santiago de Cali, Colombia.  
E-mail: yecarvaj@mafalda.univalle.edu.co

anomalías negativas del SOI están asociadas con "El Niño" y las positivas, con "La Niña". En el caso de Colombia, la fase cálida se asocia con sequías, y la fase fría, con exceso de lluvias.

El calentamiento del Pacífico Ecuatorial requiere de grandes cantidades de energía, dado el altísimo valor del calor específico del agua ( $4186 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ); de allí la magnitud de las perturbaciones oceánicas que se desencadenan durante las fases extremas del ENOS; sus efectos tienen dramáticas implicaciones socioeconómicas y ambientales; produciendo sequías en África, América del Sur y Australia entre otros, e inundaciones en Perú, Ecuador, California y el Sudeste de Sudamérica. Algunas regiones presentan efectos directos, mientras que otras son afectadas a través de teleconexiones atmosféricas (Horel y Wallace, 1981; Van Loon y Madden, 1981; Glantz *et al.*, 1991; citados por Poveda y Rojas, 1997).

### **Causas de la sequía en Colombia durante "El Niño"**

Durante la fase cálida del ENOS se presenta un desplazamiento del centro de convección dentro de la llamada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) hacia el Sudoeste de su posición normal (Pulwarty y Díaz, 1993), ocasionado por el calentamiento de las aguas del Océano Pacífico en las costas de Perú y Ecuador, y por el cambio de gradiente de temperatura entre el continente y el Pacífico Noroccidental. Este calentamiento, favorece la ocurrencia de lluvias extremas en Ecuador y Perú, y períodos secos en Colombia.

La alteración de gradientes de temperatura en el Pacífico entre las costas de Colombia y Perú perturba la advección de aire húmedo desde el Pacífico hacia Colombia, ocasionando sequías. Otro factor importante mencionado por Mesa *et al.* (1997) es la misma retroalimentación positiva que los extremos hidrológicos tienen sobre sí mismos: Condiciones de sequía impuestas por un forzamiento de gran escala producen

disminución de lluvia y de la humedad del suelo, reducción de la evapotranspiración y menor disponibilidad hídrica para la convección atmosférica que produce la precipitación. Para altas precipitaciones, es válido el mismo concepto.

## **EFFECTOS DEL ENOS SOBRE DIFERENTES ECOSISTEMAS**

### **Ecosistemas marinos**

El fenómeno "El Niño" produce un incremento en la temperatura de las aguas costeras en el Océano Pacífico, que puede alcanzar hasta  $7^\circ\text{C}$  por encima de la temperatura normal, que usualmente está entre  $25$  y  $26^\circ\text{C}$ ; esto cambia el ambiente marino, repercutiendo no sólo en la distribución de las especies planctónicas y bentónicas como el camarón, sino también en las especies de peces y otras con rutas largas de migración como las tortugas marinas y las ballenas.

En condiciones normales, el Océano Pacífico en las costas sudamericanas, presenta temperaturas bajas y una termoclina y capa de mezcla muy superficiales, factores que incrementan la producción primaria del fitoplancton, debido al acarreo de los elementos nutritivos a la superficie y a las óptimas condiciones de luz. Esta productividad incide positivamente en los niveles tróficos más altos, al punto que las regiones de afloramiento costero (que ocupan el 1% del área del océano) producen cerca del 50% de la proteína de origen marino. Mientras que durante "El Niño", la salinidad disminuye y se eleva el nivel del mar, profundizándose la termoclina, lo que implica la caída de la productividad primaria, afectando toda la cadena alimenticia (Arntz y Tarazona, 1990).

Colombia produce anualmente 40 000 toneladas de atún, 2 000 de camarón y unas 6 000 de otras especies de peces, producción que se reduce en un 52% anual en el Pacífico y un 9% en el Atlántico colombiano, por efecto del fenómeno "El Niño". Sólo en el primer

semestre de 1997, la producción de atún cayó en un 72,5% en el Pacífico colombiano.

Los corales (cuyos arrecifes contienen la más alta biodiversidad y productividad en el ambiente marino costero colombiano) expulsan sus algas endosimbiontes, produciéndose el blanqueamiento; y si la variación térmica es muy intensa o tiene larga duración, los corales mueren, o quedan susceptibles a enfermedades, depredación y crecimiento de algas sobre ellos. En promedio el 33% de corales mueren a los pocos meses de iniciada la decoloración. Otros invertebrados, desaparecen de sus zonas habituales, debido a la mortandad y en otros casos por la migración hacia profundidades mayores, en busca de condiciones favorables, siendo reemplazados por otras especies costeras que normalmente tenían limitada su distribución por competencia o desplazamiento.

“El Niño 1982-83” afectó las poblaciones de lobos marinos en Perú y Ecuador, debido a la inaccesibilidad del alimento (peces), las hembras invirtieron mayor tiempo y energía en la búsqueda, lo que resultó en una menor producción de leche, y con ello una elevada mortandad de las crías (Arntz y Fahrbach, 1996; Arntz y Tarazona, 1990). Las ballenas y cachalotes menguaron su número en las costas de Sudamérica, y el análisis de contenidos estomacales mostró un porcentaje de estómagos vacíos del 40% durante “El Niño”, frente a un 7% en período normal, indicando una baja en la oferta alimentaria (Majluf y Reyes, 1989). La llegada de pingüinos provenientes de las Islas Galápagos a la Isla Gorgona (Colombia) es otro signo de alerta de la escasez de alimento.

### **Ecosistemas terrestres**

La acumulación de cambios bruscos y sucesivos en las condiciones climáticas causan modificaciones en los sistemas naturales, que al sumarse con la intervención humana producen efectos negativos.

### **– Suelo y cobertura vegetal**

Los ecólogos defienden el agua, luchan contra la contaminación del aire, forman grupos de defensa de los animales y de protección de la flora, pero muchas veces olvidan insistir en la necesidad de conservar el escenario sobre el que se encuentra la mayoría de los recursos de la naturaleza, el suelo. Esta es la base natural donde crecen las plantas que producen no solamente alimentos, sino también materias primas para la industria; es un recurso natural no renovable en la escala humana; un centímetro de suelo tarda cientos y hasta miles de años en formarse y puede perderse, por arrastre, con un solo aguacero.

Durante “La Niña” se presenta un incremento de las lluvias en Colombia. Teniendo en cuenta que la intervención antrópica deteriora cada vez más la cobertura vegetal, por talas (600 000 ha/año de bosque), incendios forestales (300 000 ha, en 1997), y por el uso inadecuado de los suelos, se puede esperar que la erosión se hará más crítica ante la ocurrencia de eventos próximos. En el análisis del transporte promedio diario de sedimentos (índice del grado de deterioro de las cuencas, que contabiliza las toneladas de suelo/día perdidas por erosión) en algunos ríos del valle del Cauca - Colombia, se observa un incremento desproporcionado durante “La Niña”; tal es el caso del río La Vieja, con un aumento del 265% (32 772 t/día) en 1988-1989, mientras que durante “El Niño 1991-93”, éste disminuyó un 77% (1 927 t/día) respecto a la media histórica. Un caso similar se presenta en la cuenca del río Magdalena, que abarca la región Andina, ocupando el 25% del territorio colombiano con 257 438 km<sup>2</sup>. Al analizar el transporte de sedimentos diarios en su desembocadura, (Fig. 1) se encontró que en 1992, éste disminuyó en un 38% respecto a la media histórica, mientras que en 1988, se incrementó en un 120%.

Durante la fase cálida del ENOS (El Niño), la pérdida de humedad de los suelos con bajos

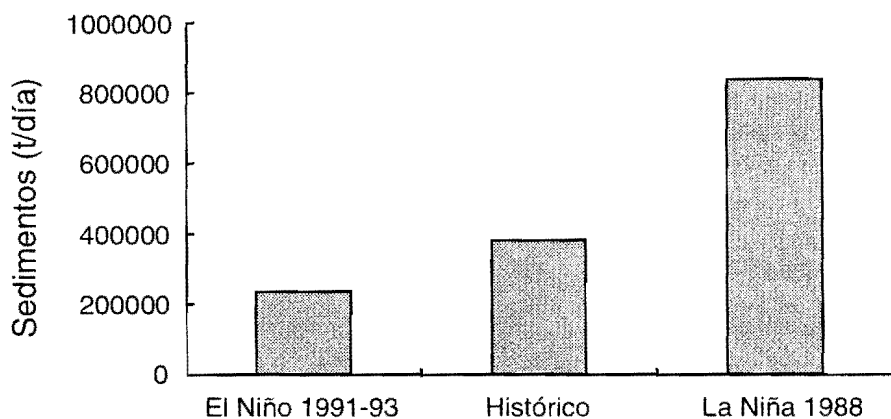
contenidos de arcilla y otros aglutinantes, facilita la suspensión de las partículas, que son posteriormente arrastradas por la escorrentía generada durante la lluvia en períodos húmedos. En el caso de los suelos vertisoles, que tienen tendencia al resquebrajamiento en condiciones secas, el sistema radicular de las plantas se ve afectado por rompimiento.

#### - Agricultura

Realmente muy poco se ha investigado sobre el tema para cuantificar la disminución en la disponibilidad del recurso hídrico y su impacto socioeconómico en la producción agrícola y otros sectores productivos. En 1992, Colombia vivió los efectos del fenómeno más intenso de sequía, con la pérdida del 70% de la cosecha de algodón, cerca del 35% de la de sorgo y el 20% de la de papa, entre otros cultivos. Esta sequía, asociada a la falta de planificación, ocasionó un fuerte racionamiento energético (el 80% de la generación era hidroeléctrica); que produjo un gran aumento de las pérdidas de productos perecederos, puesto que los sistemas de procesamiento, conservación y cadenas de frío, limitaron su eficiencia, con las consabidas pérdidas de calidad y deterioro de los productos. En adición, durante la fase fría, la mayor ocurrencia de fuertes lluvias y

crecientes de los ríos, aumenta la destrucción de puentes y los derrumbes en las vías de comunicación, afectando el transporte de los productos perecederos, animales, insumos y personas. De otro lado, los períodos de lluvias intensas, aumentan los riesgos de inundaciones en las áreas cultivadas en tierras planas o de pobre drenaje (Carvajal *et al.*, 1997a).

Durante “El Niño”, la caña de azúcar aumenta el porcentaje de sacarosa, mientras que durante “La Niña”, presentan bajos rendimientos, debido a la disminución en la intensidad de luz y a las bajas temperaturas, que alargan el período vegetativo, reduciendo el período fotosintético; además, la cosecha presenta un aumento en el contenido de humedad, que afecta los rendimientos y la calidad. Casos similares se reporta en Cuba, durante las fases extremas del ENOS, Naranjo (1997). El café, principal producto agrícola de exportación, disminuye su producción por la reducción (por la caída de frutos), aceleración de la maduración, mal formación de almendras y el resecamiento de los frutos, que inciden en la calidad y cantidad del grano cosechado. La exportación registró disminuciones en la producción nacional, con pérdidas superiores a los 65 millones de dólares en 1998. La papa al igual que los cultivos de sabana fría, páramo y subpáramo afrontaron las heladas, que en



**Figura 1.** Transporte de sedimentos en el río Magdalena - Colombia

las primeras horas del día afectaron cientos de hectáreas, dejando a sus cultivadores en penosas condiciones económicas. (Carvajal *et al.*, 1997b).

– Sector pecuario

Al afectarse la producción de pastos por la poca disponibilidad de agua, la producción de leche disminuye, ocasionando el alza de este alimento y sus derivados; a esto se suma la disminución en la producción de carne, debido a la dificultad de disponer de especies en condiciones óptimas para sacrificio (Carvajal *et al.*, *op. cit.*).

– Fauna silvestre y acuática continental

La fauna utiliza un gran número de estrategias para contrarrestar las fluctuaciones del clima; en caso de sequías prolongadas, algunos animales buscan corredores o senderos de humedad como sitios de reproducción y refugio. Las poblaciones que cuentan con mecanismos de dispersión adecuados son menos susceptibles que las de poca movilidad o poca capacidad de adaptación.

Nicholls (1988) afirma que la adaptación de la fauna australiana al impacto del ENOS aparentemente es más fuerte de lo que generalmente es en el caso global. Hay una gran variedad de adaptaciones de las aves a las variaciones de precipitación entre las que se tienen: nomadismo, reproducción dependiente de la precipitación, variación en los nidos, descendencia múltiple, reproducción precoz, etc. El impacto del ENOS es tan marcado, que índices simples del fenómeno proporcionan habilidad para predecir el comportamiento de la población de diferentes especies animales, así como la ocurrencia de algunas enfermedades. Esto proporciona herramientas útiles para su control. Por ejemplo, el impacto sobre el comportamiento reproductivo de las aves marinas, brinda información útil para determinar límites de captura en épocas de cacería. En la avifauna

de América Tropical, se presenta la migración de aves en busca de cuerpos de agua, desplazándose a mayores distancias, lo que ocasiona disminución en la población por extravío y muerte de algunos individuos del grupo.

La disminución del caudal en los ríos merma el transporte de semillas, huevos, larvas y adultos, retardando o evitando la presencia de organismos aguas abajo, lo que modifica la composición biótica en ciertos ecosistemas que se nutren con el incremento de los cuerpos de agua. Los eventos ENOS, influyen en la producción de bocachico en el río Magdalena (Colombia), ya que sus poblaciones asimilan los efectos sucesivos del clima, al no alcanzar la madurez, ni las tallas mínimas de captura, reduciendo la producción pesquera, con los consecuentes impactos sobre las comunidades de pescadores y comerciantes que viven del recurso.

– Incendios forestales

En condiciones de baja humedad y altas temperaturas, la biomasa vegetal, está en situación propicia para los incendios. Colombia es el quinto país más deforestado del mundo (600 000 ha/año), debería tener el 76% de bosque y sólo alcanza el 46%. Además es el tercer país tropical con más contaminación del aire por quemas e incendios forestales. Durante el pasado evento cálido de 1997 fueron arrasados 300 000 ha por incendios forestales. La microfauna del suelo se modificó; decreciendo la población de artrópodos.

– Zonas de páramo

El retroceso de los glaciares empezó en los Andes a mediados del siglo XIX, siendo un fenómeno acentuado en el trópico durante los últimos 20 años (Portocarrero, 1995). La desglaciación de los nevados, debido al progresivo recalentamiento de la tierra ha ocasionado que los nevados colombianos hayan pasado de 17 109 km<sup>2</sup> a menos de 90

km<sup>2</sup>, afectando mamíferos como el oso cariblanco, típico de esta zona.

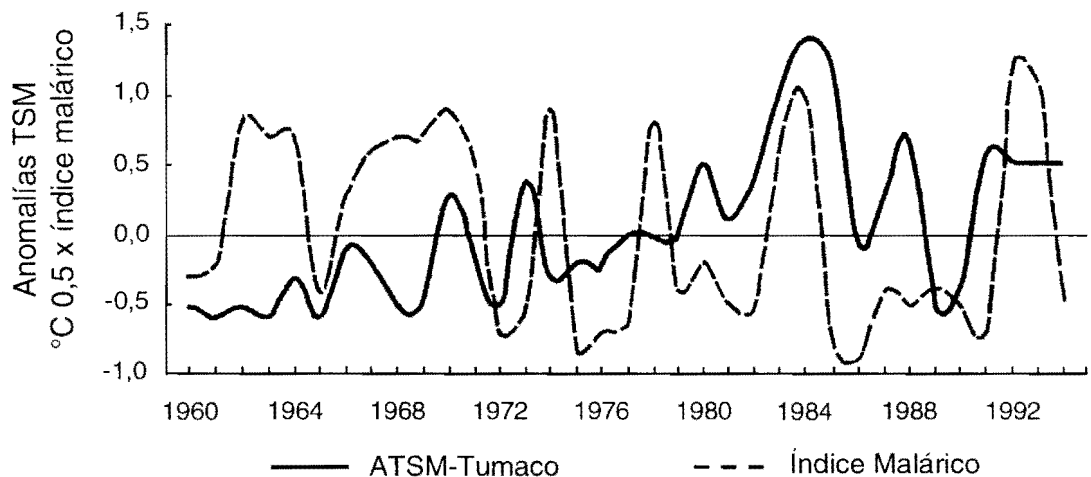
### Asociación con insectos y plagas

Poveda y Rojas (1997) presentaron un análisis de los casos de malaria registrados en Colombia entre 1959-1994, concluyendo que durante los años de ocurrencia de “El Niño”, los casos de malaria aumentan. Estas correlaciones estadísticamente significativas pueden ser usadas para desarrollar sistemas de alerta temprana de las condiciones climáticas conducentes a epidemias y brotes de enfermedades y demuestran que las buenas posibilidades de predicción del fenómeno ENOS, con las que ya cuenta la comunidad científica internacional y las predicciones del clima y la hidrología colombiana, permiten establecer programas de prevención, mitigación y control de los casos de malaria, dengue clásico y hemorrágico, cólera, leishmaniasis, fiebre amarilla, y otros tipos de enfermedades relacionadas con la variabilidad climática. Acorde con estos estudios, el Instituto de Hidrología - Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Instituto Nacional de Salud, llevaron a cabo un análisis de la posible relación del fenómeno con la incidencia de la malaria en el país. En la Fig. 2, se observa, en efecto, que hay una tendencia

a que ocurran incrementos importantes en el número de casos de malaria, durante los años considerados como eventos fuertes y moderados de “El Niño”. Ecuador, Perú y Bolivia experimentaron fuertes epidemias de malaria luego del evento de 1982-83 y en 1992 aumentaron los casos de dengue en el Caribe y Centroamérica. Hay evidencias muy fuertes que indican una estrecha relación entre las fases extremas del ENOS con epidemias de malaria en Sri Lanka, India, Pakistán, Etiopía, Vietnam, Madagascar, Sudamérica y sudeste de Estados Unidos (Bouma *et al.*, 1995).

En el caso de la malaria (producida por protozoarios parásitos del género *Plasmodium*, transmitidos por un zancudo del género *Anopheles*), la poca disponibilidad de agua, aunque parezca paradójico, facilita el establecimiento de criaderos en las orillas de los ríos y quebradas, al permitir la formación de charcos y pequeñas lagunas que son rápidamente colonizados por insectos. Otros factores que inciden son: las altas temperaturas del agua de los criaderos, que favorecen el desarrollo de larvas de los mosquitos, la longevidad y la duración del ciclo extrínseco (intervalo de tiempo entre la ingestión del parásito y la picadura) del parásito dentro del vector.

Para el caso de los cultivos, el cambio de



**Figura 2.** Análisis comparativo del comportamiento de las anomalías TSM registradas en Tumaco (Colombia) y el índice malárico.

las condiciones climáticas, ocasiona un aumento de plagas y enfermedades que afectan notoriamente la producción, por ejemplo en Cuba, según Naranjo (1997), en 1983, cerca del 60% de la producción de papa se infestó con la plaga fungicida de *Phitoptora*, mientras que en 1988 solamente un 4%. Se tiene el caso de la polilla guatemalteca en Colombia, que durante el evento de 1997-98 redujo drásticamente la producción de papa. También hay un incremento en la broca del café, que durante estos períodos se desarrolla mayoritariamente en los frutos caídos y con el comienzo de las lluvias inicia su salida.

En general, durante los períodos muy secos es necesario realizar un mayor control de plagas, mientras que en los más húmedos, ocurre incremento de enfermedades por hongos. Otro aspecto que es necesario estudiar es el relacionado con el desequilibrio del control biológico natural durante estos períodos.

### Desastres naturales

Cerca del 90% de los desastres naturales que ocurren en el país son ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos. Aquí se puede mencionar, el incremento de los deslizamientos, remociones en masa, erosión, crecientes e inundaciones, durante "La Niña"; y los incendios forestales y la sequía durante "El Niño", que son quizás, los más silenciosos y peor comprendidos de los desastres naturales, debido a que su influencia espacio-temporal es amplia, afectando a un mayor número de personas.

### RELACIONES CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

- La ecología moderna está dejando de lado las teorías que consideraban la competencia de organismos como la fuerza más importante en la estructura de los ecosistemas, para prestar mayor atención a la influencia del clima y otros factores físicos.

- Un mejor entendimiento de los efectos que "El Niño" y el hombre producen en los ecosistemas permitirá un aprovechamiento más racional de los recursos naturales.
- "El Niño" se ha presentado muchas veces, y se seguirá presentando en el futuro, con evidencias de que será más fuerte e intenso; conviene entonces aprender a convivir con él, conociéndolo más a fondo.
- No es posible afirmar con precisión los resultados concretos de un cambio climático, aunque sí es razonable pensar que no sean favorables; los cambios efectuados a ritmos tan rápidos resultan excesivamente veloces para ser asimilados por los ecosistemas ecológicos de los que depende nuestra subsistencia. Como ejemplo, está el caso de los arrecifes coralinos que no parecen ser capaces de adaptarse a velocidades de cambio climático tan altas como las presentadas.
- La magnitud del problema del cambio climático resulta preocupante, pero aún es difícil predecir las consecuencias concretas sobre un ciclo del ENOS y la complejidad, de impactos a nivel de la preservación de la especie humana, surge la incertidumbre acerca de las consecuencias a mediano y largo plazo, de un proceso que en este momento podría ser ya irreversible. Cabe anotar que está en juego la seguridad alimenticia de las naciones, al afectarse la pesca, la agricultura y la ganadería.

### LITERATURA CITADA

- Arntz, W. y E. Fahrbach. 1996. *El Niño: Experimento climático de la Naturaleza*. Fondo de Cultura Económica, México. 312 pp.
- Arntz, W. & J. Tarazona. 1990. Effects of El Niño 1982-83 on benthos, fish and fisheries off the South American Pacific coast. In: P.W. Glynn (ed.). *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation*. *Elsevier Oceanography Series* (52): 323-360.
- Buoma, M.: H.E. Sondorp & H.J. van der Kaay. 1995.

- Climate Change and periodic epidemic malaria. *The Lancet* **344**: 1638-1639.
- Carvajal, Y.; H. Materón y H.M. Jiménez. 1997a. Incidencia del fenómeno El Niño en la Hidroclimatología del Valle del Río Cauca. *Seminario Internacional Consecuencias Climáticas e Hidrológicas del evento El Niño a escala regional y local, incidencias en América del Sur*. Quito, Ecuador.
- . 1997b. Incidencia del fenómeno del Niño en la Agricultura del país. *VII Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola*. Manizales, Colombia. 14 pp.
- Glantz, M.H.; R.W. Katz & N. Nicholls (eds.). 1991. *Teleconnections linking worldwide climate anomalies: Scientific basis and societal impact*. Cambridge University Press, Cambridge, 535 pp.
- Horel, J. & J. Wallace. 1981. Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* **109**: 813-829.
- Majluf, P. & J.C. Reyes. The marine mammals of Peru: a review. *In*: D. Pauly; P. Muck; J. Mendo & I. Tsukayama (eds.). *The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions*. *ICLARM Conference Proceedings* **18**: 344-363.
- Mesa, O.; G. Poveda y L.F. Carvajal. 1997. *Introducción al clima de Colombia*. Imprenta Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 390 pp.
- Naranjo, L. 1997. *Los impactos de ENOS en Cuba*. Technical Report. Inst. Centro Climático de la Habana, Cuba, 24 pp.
- Nicholls, N. 1988. El Niño-Southern Oscillation impact prediction. *Bulletin American Meteorological Society* **69**: 173-176.
- Portocarrero, C. 1995. Retroceso de glaciares en el Perú: Consecuencias sobre los recursos hídricos y los riesgos geodinámicos. *En*: P. Ribstein; B. Francou; A. Coudrain-Ribstein y P. Mourguiart (eds.). *Eaux, glaciers & changements climatiques dans les Andes Tropicales*. *Bull. Inst. fr. études andines* **24** (3): 403-414.
- Poveda, G. y W. Rojas. 1997. Evidencias de la asociación entre brotes epidémicos de malaria en Colombia y el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* **21** (81): 421-429.
- Pulwarty, R.S. & H.F. Díaz. 1993. A study of the seasonal cycle and its perturbation by ENSO in the tropical Americas. *Erdkunde* **46**: 273-289.
- Trenberth, K. 1991. General characteristics of El Niño - Southern Oscillation. *In*: R.M. Glantz; R. Katz & N. Nicholls (eds.). *Teleconnections linking world wide Climate anomalies*. Cambridge University Press, pp. 13-42.
- van Loon, H. & R.A. Madden. 1981. The Southern Oscillation. Part I: Global associations with pressure and temperature in the northern winter. *Mon. Wea. Rev.* **109**: 1150-1162.