



Bulletin de l'Institut français d'études andines

ISSN: 0303-7495

secretariat@ifea.org.pe

Institut Français d'Études Andines

Organismo Internacional

Carvajal E., Yesid; Jiménez, Henry; Materón M., Hernán  
Incidencia del fenómeno ENSO en la hidroclimatología del valle del río Cauca-Colombia  
Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 27, núm. 3, 1998  
Institut Français d'Études Andines  
Lima, Organismo Internacional

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12627336>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's homepage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System

Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal

Non-profit academic project, developed under the open access initiative

## INCIDENCIA DEL FENÓMENO ENSO EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA DEL VALLE DEL RÍO CAUCA-COLOMBIA

*Yesid CARVAJAL E.\*, Henry JIMÉNEZ E.\*, Hernán MATERÓN M.\**

### Resumen

En este trabajo, se presentan algunas de las manifestaciones del Fenómeno y el impacto que ocasiona en la disponibilidad hídrica del Valle del Cauca durante la fase Cálida (Niño), por efecto del déficit hídrico, y durante la fase fría (AntiNiño o Niña) por exceso de lluvias. La evaluación de los caudales mínimos de los ríos del Valle del Río Cauca, se asocia con los años de ocurrencia de la fase cálida, mientras los caudales medios máximos se asocian a períodos de ocurrencia de la fase fría (AntiNiño o Niña).

Durante el Niño se presentan sequías, incendios forestales, pérdidas de cultivos, de perezaderos, disminución de la pesca, incremento de enfermedades y racionamiento de energía, mientras que durante la Niña se presentan mayores riesgos de inundación, desbordamientos, desastres, erosión y destrucción de la infraestructura vial e hidráulica.

**Palabras Claves:** *Hidrología, climatología, meteorología, sequía, recursos hídricos, erosión.*

### IMPACT DU PHÉNOMÈNE ENSO SUR L'HYDROCLIMATOLOGIE DU RIO CAUCA-COLOMBIE

#### Résumé

On présente dans cet article quelques unes des manifestations du phénomène et leur impact sur la pénurie des ressources en eau dans la vallée du rio Cauca, au cours des périodes sèches ainsi que les crues et inondations, provoquées par les périodes excédentaires.

L'évaluation de valeurs extrêmes des débits des rivières montre des différences liées à l'occurrence d'un El Niño. En présence d'un El Niño, les débits maximums seront plus forts et les débits d'étiages plus faibles. Au cours de ces périodes, on observe donc une augmentation du risque d'inondation au cours de la saison des pluies, alors que la quantité d'eau diminue au cours des périodes sèches avec un risque accru d'incendie de forêt.

**Mots-clés :** *Hydrologie, climatologie, météorologie, sécheresse, ressources en eau, érosion.*

---

\* Ingenieros Agrícolas. M.Sc. Profesores Área Hidrología-Riegos y Drenajes. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. A.A. 25360, Cali, Colombia. Email: yecarvaj@mafalda.univalle.edu.co; hjimenez@mafalda.univalle.edu.co; hmateron@mafalda.univalle.edu.co

## INCIDENCE OF ENSO PHENOMENON IN THE HYDROCLIMATOLOGY OF THE RÍO CAUCA VALLEY-COLOMBIA

### Abstract

In this paper, the impacts of the El Niño and La Niña o AntiNiño phenomena on the water resources of the *Valle del Cauca* (Colombia) are considered; low flows in the rivers are associated with the former, whereas high flows are associated with the later.

The period of activity of El Niño is characterized by droughts, forest fires, crop losses, reduction of fish population, diseases and energy shortages; during La Niña, the risk of floods, disasters, erosion and destruction of the infrastructure increases significantly.

**Key words:** *Hydrology, Climatology, Meteorology, Drought, Water Resources, Erosion.*

### INTRODUCCIÓN

Colombia, por su localización en la Franja Intertropical de Convergencia (FIC) y por su accidentada fisiografía, es un país susceptible a catástrofes y desastres naturales, los cuales, en un 90%, están asociados a fenómenos hidrometeorológicos. El Valle del Cauca es uno de los departamentos más afectados por su cercanía al Océano Pacífico, que es zona de influencia de fenómenos Océano-Atmosféricos cuasi periódicos, difíciles de comprender, como el fenómeno ENSO.

La agricultura es el principal renglón en la economía de la región, destacándose por ser la más tecnificada del país, sin embargo, sufre los efectos de los eventos derivados de la variabilidad climática. En 1992 la sequía ocasionó un fuerte racionamiento de energía durante un año y la pérdida de cosechas, indicando que El Niño es el evento que mayor impacto causa en la economía, no sólo de la región, sino del país. Diferentes áreas del departamento han sido colocadas bajo estudio por las reiteradas faltas de agua desde 1991, cuyas causas no se conocen aún muy bien, pero que se sabe están evidentemente relacionadas con los fenómenos El Niño de esta década.

A partir de lo anterior, se ofrece una síntesis del estado actual del conocimiento en el tema del fenómeno ENSO en el Valle del Cauca, para efectuar un análisis que brinde mayores elementos de juicio a los planificadores del recurso hídrico en la región, y finalmente analizar la incidencia del ENSO en las fases cálida y fría en la zona plana del Valle del Cauca.

### 1. ANTECEDENTES

El Valle del río Cauca (ver Fig. 1) presenta un régimen de precipitación bimodal, como resultado de la actividad de la Zona de Convergencia Intertropical, con dos trimestres secos (dic-feb y jun-ago) y dos lluviosos (mar-may y sep-nov). La precipitación anual de la zona interandina del Valle oscila entre 4 000 mm y 1 200 mm en las partes altas de las cordilleras y plana respectivamente. Del total de precipitación, el 70% corresponde a los meses lluviosos, y el 30% a los secos.

El Valle del Cauca tiene 336 000 ha en la zona plana, de las cuales el 54,6% se encuentran en caña de azúcar y el resto en otros cultivos y pastos. La producción agrícola

demanda el mayor porcentaje del recurso hídrico (80%), seguida por el uso urbanodoméstico (9%), el industrial (6%) y el eléctrico (5%). Las aguas subterráneas son utilizadas en un 88% para la agricultura, en un 8% para el uso urbanodoméstico y en un 4% para el industrial.

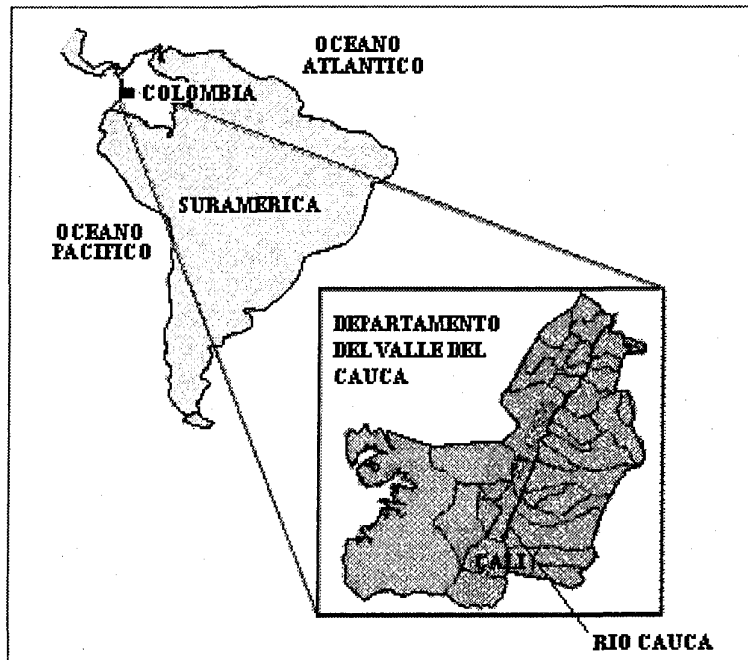


Fig. 1 - Localización del Valle del río Cauca-Colombia.

## 2. METODOLOGÍA

Para seleccionar los años de El Niño y la Niña se usó la clasificación dada por Diaz & Kiladis (1992) para los últimos 50 años: años El Niño: 1951, 1953, 1957-58, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976-1977, 1982-83, 1986-87, 1991-1992; años del AntiNiño: 1954, 1964, 1970-71, 1973, 1975, 1988. Según lo anterior, El Niño tiene en promedio una frecuencia de ocurrencia de 1 en 4 años, mientras que el AntiNiño 1 en 8. Webster (1995) y Poveda & Mesa (1996) indican que el Niño está en fase con el ciclo anual, es decir que se empieza a desarrollar durante el período marzo-mayo, afectando con un rezago de 2-3 meses la hidrología suroccidental colombiana.

Mediante un análisis comparativo del registro hidrológico de la región durante el Niño y AntiNiño, con el registro total, logró establecerse la incidencia en las precipitaciones anuales, caudales medios, máximos, mínimos, transporte de sedimentos e incendios forestales.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3. 1. Precipitación media anual

Por su fisiografía, la zona presenta lluvias de tipo orográfico, que guardan una estrecha relación directa con la altura, convirtiendo esta región en la más lluviosa del Alto Cauca, al presentar precipitaciones medias anuales que oscilan entre 4 000 mm y 1 200 mm, en las partes alta y baja respectivamente. Durante los períodos de ocurrencia de El Niño, las precipitaciones se reducen hasta en un 50%, ocasionando la disminución de los caudales medios hasta alcanzar los mínimos históricos más bajos.

Hurtado (1996), efectuó un estudio de sequía de meteorológica a partir de un índice estandarizado de lluvia, clasificando las sequías y excesos por rangos (ver tabla 1).

**Tabla 1 - Clasificación del índice de lluvia.**

% de disminución de lluvia respecto a la media histórica	Clasificación	% de aumento de lluvia respecto a la media histórica	Clasificación
Menor del 60%	Sequía extrema	Entre 20 y 40%	Exceso extremo
- 40 y -60%	Sequía intensa	Entre 40 y 60%	Exceso intenso
- 40 y - 20%	Sequía moderada	Mayor de 60%	Exceso moderado
-20% y 20%	Período normal		

Se encontró que de las regiones naturales de Colombia, la andina es una de las más afectadas espacial y temporalmente por las sequías. Las más fuertes se registraron en los años Niño de 1972, 1976-77, 1987 y 1991-1992, ocupando más de un semestre consecutivo; sin embargo, durante los Niños de 1969 y 1982-83 no se tuvo el efecto esperado. Por otro lado, algunas otras se presentaron en semestres aislados pero también ocupando más del 50% del territorio, como fueron las de los años 85<sup>o</sup> (semestre A) y 61 (semestre A). Lo cual evidencia que el fenómeno está acompañado de sequía, pero no toda sequía es causada por él. Aproximadamente el 50% de las 20 sequías más importantes no se presentaron durante eventos El Niño.

Los períodos de exceso se han presentado principalmente en la década de los 70, en los años 1971 (Semestre A), 1973 (Semestre B) y 1975 (Semestre B), al igual que en 1988 (Semestre B), ocupando más del 50% del territorio nacional. Se destaca en el estudio que tan sólo 11 semestres de la serie de 66 estudiados ocuparon más del 30% de la extensión total de la región, mientras que en lo referente a la sequía, la totalidad de los 20 primeros semestres clasificados ocuparon más del 30%, evidenciando así que la región andina ha sido más azotada por las sequías que por el exceso de lluvia.

#### 3. 2. Caudales medios

Poveda & Mesa (1996) fueron los primeros en analizar las fases cálida y fría del fenómeno en 50 estaciones hidrométricas en ríos de Colombia, encontrando una clara influencia del SOI sobre la hidrología del país. En el Valle, los caudales medios durante

la ocurrencia de la fase cálida se reducen en promedio en un 30% (37,4 m<sup>3</sup>/s) respecto a la media (53,5 m<sup>3</sup>/s) (ver tabla 2). Sin embargo, en 1992 esta disminución fue generalizada, alcanzando reducciones promedias del 50%, con casos críticos de ríos que alcanzaron el 80%; situación dramática si se tiene en cuenta que en el Valle del Cauca, 28 de los 42 municipios tienen problemas presentes o mediatos en el suministro de agua y muchas zonas carecen de ella para fines agrícolas, ganaderos e industriales. La evaporación promedio de la región es de 1 500 mm, de los cuales el 30% (432 mm) ocurren en el trimestre más seco del año. Durante la fase cálida del evento, este parámetro se incrementa hasta en un 31% (566 mm) sobre la media trimestral, haciendo más crítica la demanda de agua para la agricultura, máxima si se trata de grandes extensiones en caña de azúcar (cultivo con altas demandas de agua y bajas eficiencias de aplicación en el riego).

**Tabla 2 - Comportamiento de los caudales máximos, medios y mínimos medios anuales en algunos ríos del Valle del río Cauca.**

Río	Período	Años	Registro Total			Período de El Niño			Período La Niña		
			Caudal medio (m3/s)			Caudal medio (m3/s)			Caudal medio (m3/s)		
			Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min
Amalme	1984-1994	10	8,2	5,0	1,6	3,4	2,5	1,6	7,4	7,4	7,4
Bolo	1960-1994	34	12,0	4,0	0,8	5,0	2,3	0,8	8,7	7,2	5,1
Bugala Gde	1976-1994	18	23,3	13,9	8,2	12,4	10,3	8,2	19,4	19,4	19,4
Desbaratado	1972-1994	22	5,8	2,6	0,8	4,0	1,9	0,5	5,3	4,1	3,1
Fraile	1961-1994	33	10,2	6,3	1,8	7,0	4,3	1,8	10,4	8,3	5,4
Garrapatas	1979-1994	15	19,0	13,0	8,1	10,9	9,7	8,1	15,8	15,8	15,8
Jamundi	1946-1994	48	7,3	4,2	1,5	4,7	3,8	2,9	8,0	7,1	5,0
La Vieja	1946-1994	48	152,0	88,0	47,0	75,6	60,4	47,0	156,0	127,6	83,3
Ovejas	1964-1994	30	28,4	18,4	11,1	19,5	13,8	8,3	28,3	23,8	16,4
Palo	1946-1994	48	33,6	15,3	4,7	12,0	9,1	4,7	23,1	19,5	15,0
Quinamayo	1970-1994	24	7,3	4,2	1,5	3,9	2,5	1,5	6,7	6,3	5,6
Timba	1946-1994	48	29,9	20,6	12,6	23,9	16,3	12,7	30,7	27,4	24,3
Tulua	1945-1994	49	29,8	15,4	8,6	14,9	11,7	9,1	29,4	22,8	19,4
Cauca	1946-1994	48	301,0	193,0	113,0	184,0	146,0	112,8	350,6	268,6	178,9
Cauca	1961-1994	33	673,0	399,0	188,0	319,1	267,0	198,0	713,0	617,3	518,0
			89,4	53,5	27,3	46,7	37,4	27,9	94,2	78,8	61,5

Los caudales medios de los ríos se incrementaron en un 47% respecto a los valores medios durante la ocurrencia de AntiNiños, con un promedio de 68,2% en el evento más crítico (1988-89), alcanzando en algunos casos valores superiores al 100%.

Esta situación es crítica, ya que la torrencialidad de las cuencas favorece la acumulación de grandes volúmenes de agua en la zona plana (tierras cultivadas), generando pérdidas de vidas humanas y de cosechas, inundaciones, erosión, incremento de plagas y enfermedades endémicas entre otros.

### 3. 3. Concentración de sedimentos y erosión

En la figura 2, se observa el transporte promedio diario de sedimentos en algunos ríos del Valle. Se aprecia, para el río La Vieja, el desproporcionado incremento del 265% (32,772 t/d) en 1988-1989, debido al incremento en las lluvias. Estos valores están asociados a las crecientes que se generan en los ríos, y son indicativos del grado de deterioro de las cuencas, al perderse miles de toneladas de suelo por erosión. En 1992, el transporte de sedimentos disminuyó en un 77% (1927 t/d) respecto a la media histórica, asociado esto a la disminución de las precipitaciones.

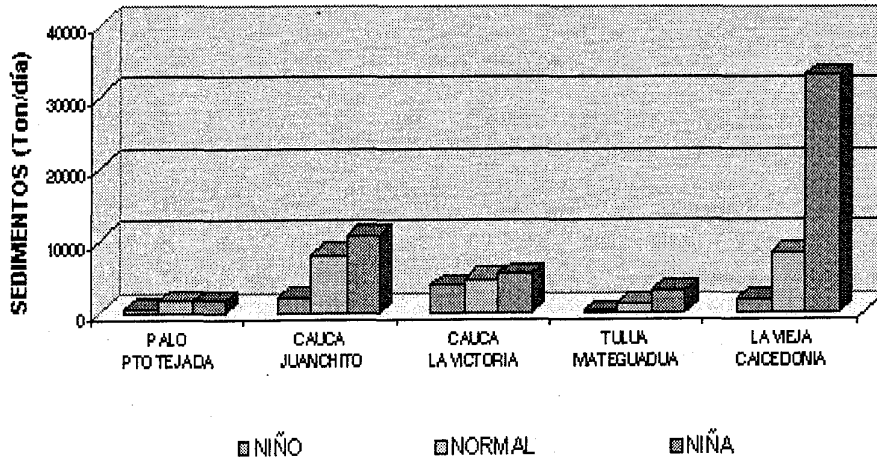


Fig. 2 - Transporte de sedimentos en algunos ríos del Valle del Cauca.

Caso similar se aprecia en la cuenca del río Magdalena, de la cual el río Cauca es afluente. Ésta 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 (ver Fig. 3) se encontró que, durante el Niño de 1992, éste disminuyó en un 38% respecto a la media histórica, mientras que durante el AntiNiño de 1988, se incrementó en un 120%.

Teniendo en cuenta que la cordillera andina se divide en tres en el territorio colombiano, conformando un relieve escarpado, y que la intervención antrópica deteriora cada vez más la cobertura vegetal, por talas (600 000 ha/año de bosque), incendios forestales (130 000 ha, en 1997), y uso inadecuado de los suelos, se puede deducir que la situación se hará más crítica ante la ocurrencia de un nuevo evento AntiNiño.

### TRANSPORTE DE SEDIMENTOS RIO MAGDALENA COLOMBIA

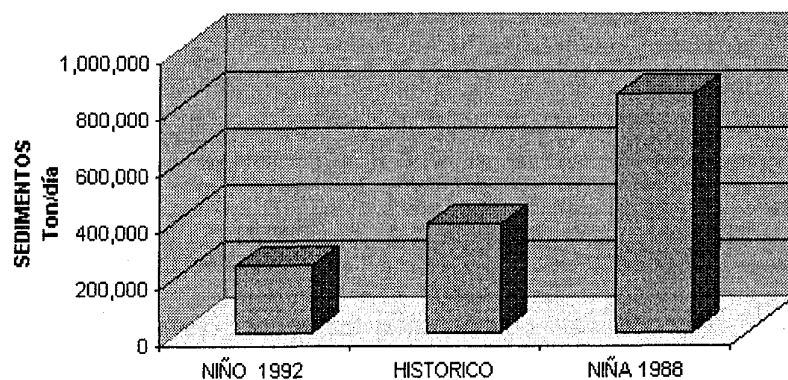


Fig. 3 - Transporte de sedimentos río Magdalena - Colombia.

#### 4. EFECTOS REGIONALES DE EL NIÑO

##### 4. 1. Sector Eléctrico

La dependencia del sector eléctrico colombiano de la generación hidroeléctrica comprometió la demanda en 1992-1993, ocasionando racionamientos que alcanzaron el 26%, con pérdidas superiores a los US\$ 100 millones.

##### 4. 2. Sector pecuario

Al afectarse la producción de pastos por la poca disponibilidad hídrica, la producción de leche y carne disminuyó drásticamente, ante la dificultad de disponer de especies en condiciones óptimas. De igual manera, los volúmenes de pesca marítima han sido afectados por el fenómeno con reducciones promedias anuales del 52% en el Pacífico. Sólo para el semestre I de 1997, la producción de atún cayó en un 72,5%.

##### 4. 3. Sector agrícola

En 1992, a nivel nacional, se perdió el 70% de la cosecha de algodón, aproximadamente el 35 % de la producción de sorgo y el 20% de la cosecha de papa (heladas). El café, principal producto de exportación, registró en 1997 disminuciones del 10% en la producción nacional, afectando los ingresos en US\$ 13 millones, con proyecciones de pérdidas de US\$ 55 millones para 1998.

Indirectamente, El Niño 92 trajo un aumento de las pérdidas de productos perecederos debido a los racionamientos, porque los sistemas de procesamiento,



conservación y cadenas de frío, limitaron su eficiencia, ocasionando pérdidas de calidad y deterioro de los mismos. Adicionalmente, durante los AntiNiños, la mayor ocurrencia de lluvias incrementa los derrumbes en vías de comunicación y la destrucción de puentes, afectando el transporte de perecederos, animales, insumos y personas.

#### 4. 4. Incendios forestales

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 de ser el tercer país tropical en contaminación del aire por quemas e incendios forestales. En 1997 se presentaron cerca de 7 000 incendios forestales, que arrasaron 130 000 ha, de las cuales 7 000 pertenecen al Valle del Cauca. En la figura 4 se observa el incremento del área incendiada en el municipio de Cali, durante los años de ocurrencia del fenómeno.

ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS FORESTALES EN LAS CUENCAS DE CALI

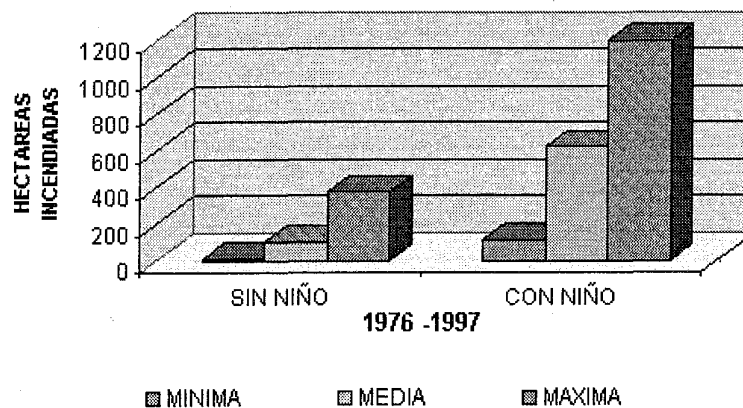


Fig. 4 - Estadísticas de incendios forestales en las cuencas de Cali-Colombia.

#### 4. 5. Salud

Poveda & Rojas (1997) reportan resultados que indican que los casos de malaria y enfermedades endémicas se incrementan notoriamente durante los eventos El Niño, debido principalmente al aumento de las temperaturas que acorta el período larvario de los mosquitos incrementando su población; adicionalmente, los caudales disminuyen, facilitando la formación de lagunas y charcos estancados, que son colonizados rápidamente por mosquitos.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La variabilidad mensual de los caudales medios en el Valle del Cauca está fuertemente determinada por el fenómeno ENSO en sus fases cálida y húmeda. La tendencia es a un clima más seco cuando el Pacífico está en una fase cálida (El Niño) y la oscilación del sur es negativa, mientras que la fase fría está acompañada de mayores lluvias. Durante la ocurrencia de la fase cálida se han registrado los caudales mínimos históricos de los ríos de la región. Aunque esta relación es clara, no es simple ni lineal, puesto que hay casos de Niños muy intensos que no producen sequías tan fuertes (1982-83) y de sequías fuertes que no están asociadas a períodos de ocurrencia del mismo; indicando esto, existen otras variables macroclimáticas de gran influencia en el clima regional.

Aunque el Niño tiene un fuerte impacto socioeconómico en diferentes sectores productivos, aún no existen evaluaciones concretas que cuantifiquen la magnitud económica de las pérdidas que deja. Es necesario establecer programas de regulación de las fuentes hídricas y de uso racional y eficiente del recurso con el objeto de mitigar las consecuencias en un futuro próximo. La planificación de los recursos naturales en la región debe considerar la ocurrencia y predicción del fenómeno en sus fases.

El cambio climático global y su impacto regional debe ser una prioridad en la investigación, puesto que cada vez los riesgos son mayores; por una parte, los investigadores evidencian señales claras, que sugieren la ocurrencia de eventos más extremos y frecuentes y por otra, el acelerado deterioro de los recursos naturales por incendios forestales, talas, mal uso de suelos y contaminación entre otros, limitan cada vez más la disponibilidad de agua e incrementan los procesos de erosión en la fase húmeda.

## Referencias citadas

- DIAZ, H. F. & KILADIS, G.N., 1992 - Atmospheric teleconnections associated with the extremes phases of the southern Oscillation. in: *El Niño. Historical and paleoclimatic aspects of the Southern Oscillation* (H.F. Diaz & V. Markgraf, eds.): 7-28.
- HURTADO, G., 1996 - Estadísticas de la sequía meteorológica en Colombia. in: *IV Congreso Colombiano de Meteorología*. Bogotá, Marzo de 1996.
- POVEDA, G. & MESA, O., 1996 - *Las fases extremas del fenómeno ENSO-El Niño, La Niña y su influencia sobre la hidrología de Colombia*; Vol. XI, n° 1: 21-37; México: Imprenta Revista Ingeniería Hidrológica en México.
- POVEDA, G. & ROJAS, W., 1997 - Evidencias de la asociación entre brotes epidémicos de malaria en Colombia y el fenómeno del Niño-Oscilación Sur. *Revista de la Academia de Ciencias exactas, Físicas y Naturales*, n° 81, Volumen XXI: 421-429; Universidad Nacional de Colombia.
- POVEDA, G., 1994 - Cuantificación del efecto de El Niño y la Niña sobre los caudales medios en Colombia. in: *Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica e Hidrología*, IAHR, Vol. 4: 107-117; Santiago de Chile.
- WEBSTER, P.J., 1995 - The annual cycle and the predictability of the tropical coupled ocean atmosphere system. *Meteorol. Atmos. Phys.*, n° 56: 33-55.