



C.V.G. ELECTRIFICACION DEL CARONI
Dirección de Estudios e Ingeniería
División de Cuencas e Hidrología

EL NIÑO Y LA OSCILACION SUR (ENSO)



PRINCIPALES DEFINICIONES INFLUENCIA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS CAUDALES EN LA CUENCA DEL RIO CARONI

Julio 1997

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.-	2
2. HISTORIA :	3
3. COMO SE FORMA.-	4
4. QUE ES EL NIÑO Y LA OSCILACION DEL SUR.-.....	6
5. CORRIENTES MARINAS Y CIRCULACION GENERAL.-.....	8
6. COMO SE DESARROLLA.-	11
7. CUALES SON SUS CONSECUENCIAS.-	15
8. AÑOS EN LOS CUALES SE HA PRESENTADO.-.....	19
9. IMPACTO DE EL NIÑO A NIVEL GLOBAL INCLUYENDO A LATINOAMERICA.-	21
10. PORQUE EL NOMBRE DE EL NIÑO Y LA NIÑA, Y CADA CUANTO TIEMPO SE PRODUCE.-.....	24
11. EFECTOS SOBRE VENEZUELA.-	25
12. IMPLICACIONES SOBRE LOS CAUDALES EN LA CUENCA DEL RIO CARONI.-	29
13. MONITOREO, DETECCION Y MODELAJE DE EL ENSO.-	34
14. SE PUEDE PREDECIR Y PREPARARNOS PARA UN PROXIMO EPISODIO.-	35
15. BIBLIOGRAFIA.-.....	38

1. INTRODUCCIÓN.-

Desde el año 1992, se inician en C.V.G. EDELCA los estudios preliminares referente a la anomalía climática definida como el evento El Niño y la Oscilación Sur (ENSO), y su influencia sobre el comportamiento de los caudales de aporte a la cuenca del río Caroní.

En este trabajo se realiza una descripción detallada sobre el origen del fenómeno, sus causas, consecuencias climatológicas y sus influencias según la información histórica disponible de caudales en el Banco de Datos Hidrometeorológicos de EDELCA, sobre los aportes de agua a la cuenca del Río Caroní. Al final del mismo, se hace referencia a metodologías para predecir el desarrollo del evento, y en base a esto como prepararnos para el próximo episodio.

Las teleconexiones entre sitios lejanos permiten estudiar la génesis de un fenómeno meteorológico y poder estimar su llegada al sitio de interés varios días ó semanas después. Los máximos eventos meteorológicos y las grandes anomalías tales como los eventos El Niño y la Oscilación Sur, se originan en el Pacífico debido en parte por sus dimensiones tres veces más grandes que el Océano Atlántico; sus repercusiones sin embargo, abarcan regiones más extensas, además de la mayor parte de las zonas Ecuatoriales y Tropicales.

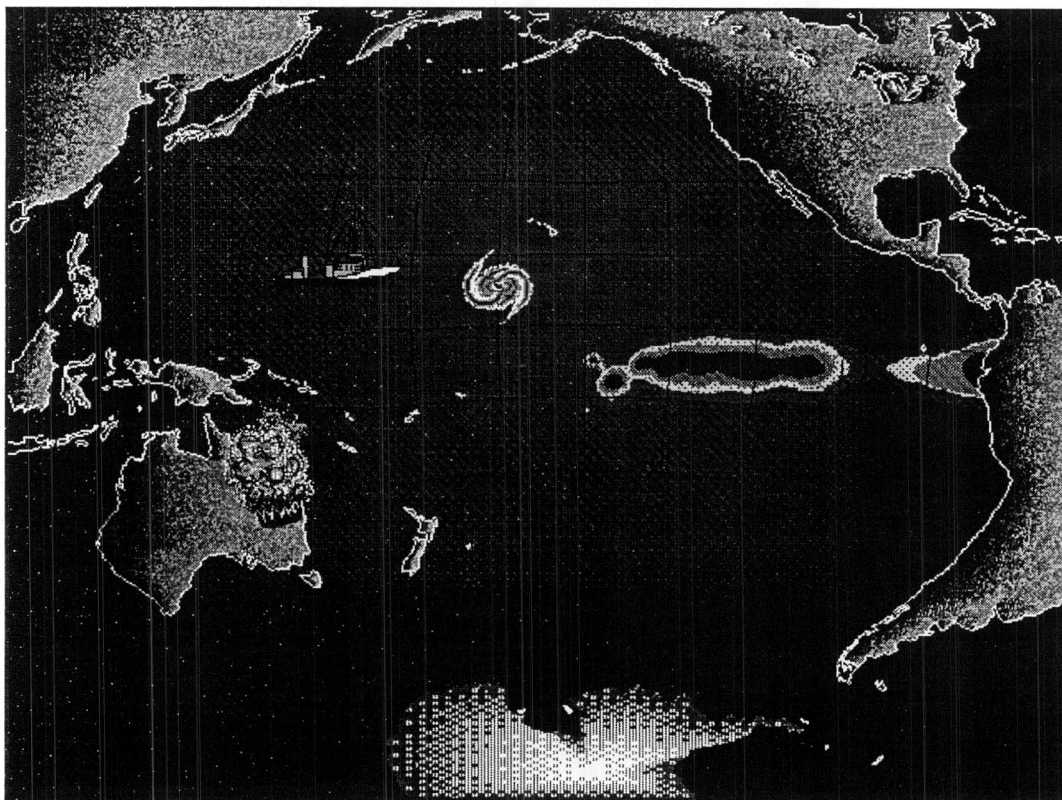
La evolución gradual y el traslado de estas anomalías sobre mar desde el Pacífico Occidental hacia el Oriental en las costas de Perú, a través de semanas y meses, permiten tener hoy en día una buena herramienta de pronóstico, que puede ser utilizada en cada una de las regiones donde se conozca el efecto que ocasiona, logrando beneficios en tareas de operación diaria, diseño y planificación a mediano y largo plazo.

En la actualidad gracias a la utilización de los satélites meteorológicos y la red de estaciones de superficie sobre continentes y océanos, es posible relacionar lo que sucede en

un sitio lejano como la región de Sahel en Africa con la producción de ondas tropicales en el Atlántico Ecuatorial y los efectos que ocasiona la llegada de estas ondas varios días después a la región Nororiental y específicamente poder predecir las condiciones meteorológicas para región Guayana principal región de estudio.

2. HISTORIA :

Con el término El Niño, se acostumbra a mencionar a la corriente de aguas cálidas que descendía a lo largo de las costas Peruanas, cambiando las condiciones de aguas frías y ricas en nutrientes, a un calentamiento de las mismas con disminución drástica en el afloramiento de los nutrientes necesarios para los peces de la región. Esta corriente aparecía en épocas muy cercanas a la Navidad, acompañada por anomalías de las precipitaciones en las zonas costeras de Perú.



Se tienen registros de El Niño desde la época de la conquista Americana, cuando Francisco Pizarro logra atravesar en marzo, las zonas desérticas costeras y conquistar luego a El Cuzco. Se dice que esto fue posible solo porque , el fenómeno de 1525-1526 propició el florecimiento de los áridos litorales, facilitando agua a sus tropas .

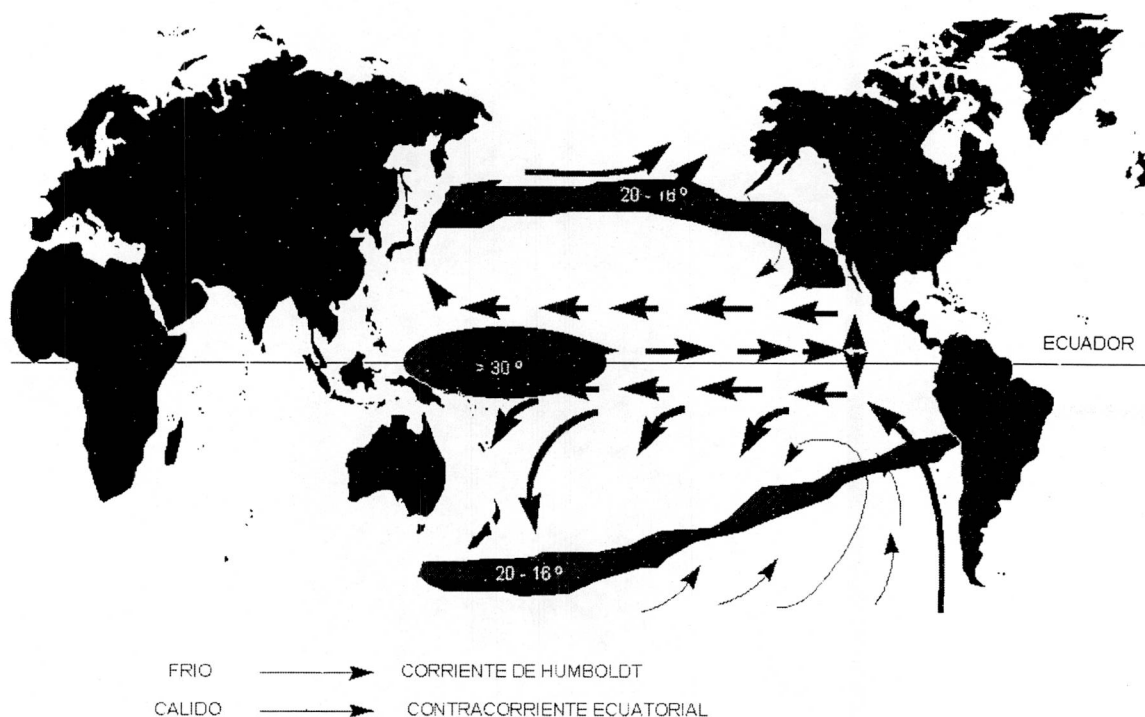
Antes de 1972 El Niño sólo era considerado por los suramericanos y en especial en el Perú, donde la repercusión del evento sobre las pesquerías y sobre el comportamiento de las aves que producen el guano, tenían efectos significativos en las exportaciones, produciendo cambios drásticos en la economía del país. Igualmente las anomalías en las crecidas de los ríos, la erosión y las condiciones propicias para el crecimiento de plagas afecta también, gravemente a la agricultura.

La anomalía de origen oceanográfica relacionada con El Niño se conoce desde el siglo pasado o antes, pero la componente atmosférica en sí, fue descubierta en 1904 por Gilbert Walker, que define una oscilación de la presión entre el Pacífico Tropical Sureste (donde la presión es normalmente alta) y la región de Australia (donde la presión es normalmente baja), relacionada íntimamente con el tiempo meteorológico en la región.

3. COMO SE FORMA.-

En condiciones normales fluye paralelo a las costas suramericanas, la corriente oceanográfica de Humboldt, la cual por venir del Sur es muy fría y con gran cantidad de oxígeno disuelto en la misma; por otro lado en condiciones normales y paralelo al Ecuador sobre una franja que se ensancha desde 2° a 7° de latitud Norte, puede intensificarse el flujo de la Contracorriente Ecuatorial Norte .

CORRIENTES MARINAS NORMALES EN EL PACIFICO



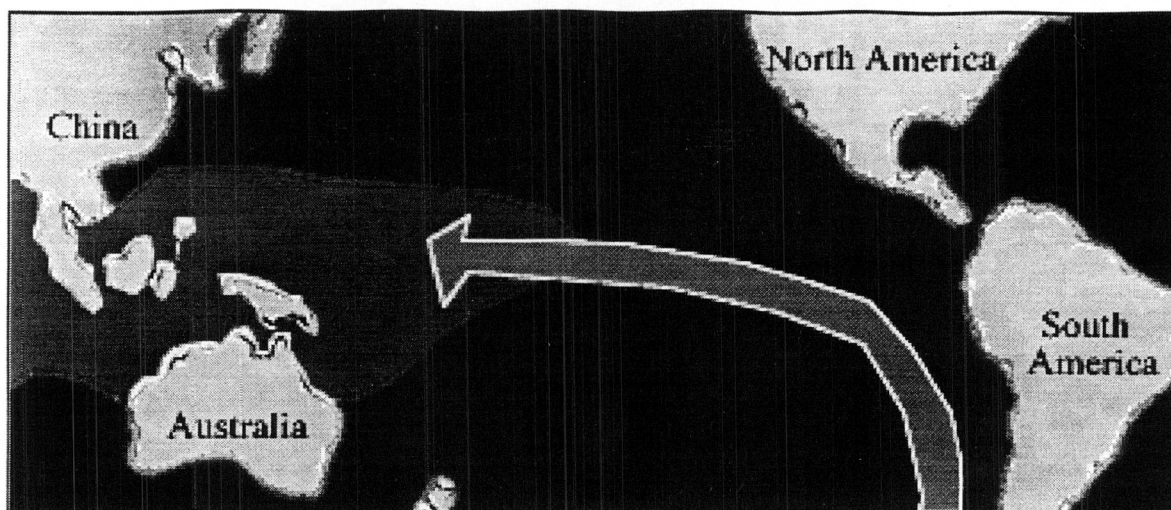
Durante esta anomalía y a intervalos irregulares, existe una superposición de la contracorriente ecuatorial cálida desde el pacífico Occidental (Australia), hacia las costas de Suramérica; al llegar estas aguas a las costas americanas, a partir de enero y hasta junio, causan un flujo de agua anormal hacia el sur, paralelo a la costa Suramericana, anulando la corriente fría de Humboldt e incrementando la temperatura de la superficie del mar, frente a las costas de Perú y Ecuador.

CORRIENTES MARINAS DURANTE EL NIÑO



4. QUE ES EL NIÑO Y LA OSCILACION DEL SUR.-

La alteración oceánica de El Niño, es una anomalía en la intensidad y dirección de la corriente Humboldt o del Perú proveniente del Sur, con consecuencias en anomalías positivas en las temperaturas del mar frente a las costas del Perú y Ecuador. Durante el evento fluye en el verano del hemisferio Sur (Diciembre, Enero y Febrero), una corriente marítima caliente de Norte a Sur a lo largo de las costas de Suramérica, la cual es alimentada por agua caliente de baja salinidad transportada por la Contra Corriente Ecuatorial proveniente del Pacífico Occidental.



Esta anomalía tiene su máxima actividad cerca de la Navidad, de donde viene su nombre, perdurando hasta Marzo. Está involucrado en este proceso, la reducción de los vientos alisios, variación del intercambio del flujo de calor del mar al aire, variación de la magnitud y posición del afloramiento de las aguas sub-superficiales frías del sur, lo que permite al final, el calentamiento local de las aguas superficiales cercanas al continente Suramericano.

La alteración atmosférica de la Oscilación del Sur en la India, comprende una alteración ó basculamiento entre la presión atmosférica sobre el Sudeste del Pacífico y el Océano Indico, y en particular entre Darwin al Norte de Australia, y la Isla de Tahiti en el Pacífico Ecuatorial, la cual explica gran parte de las anomalías del tiempo meteorológico tanto en el Pacífico como en la parte continental tropical y ecuatorial.

Su interacción con El Niño, produce una alteración ambiental de nombre "ENSO", correspondiente a una serie de anomalías oceanográficas y atmosféricas en el Océano Pacífico Tropical y zonas vecinas, que se manifiesta de Diciembre a Diciembre (10 a 14 meses), abarcando por lo regular períodos correspondiente a unos dos años.

El ENSO comprende en general, anomalías en:

- Los índices de precipitación.
- Las corrientes marinas.
- Contracorriente Ecuatorial (intensidad y dirección).

En el Océano Pacífico Tropical ocurren anomalías en:

- Los niveles normales de la temperatura del agua en superficie (SST).
- Los niveles normales en la salinidad del agua.
- La elevación del nivel del mar.
- Las zonas de baja y alta presión atmosférica.
- La intensidad de los vientos alisios.
- La ubicación de la Zona de la Convergencia Intertropical de los Alisios (ITCZ).

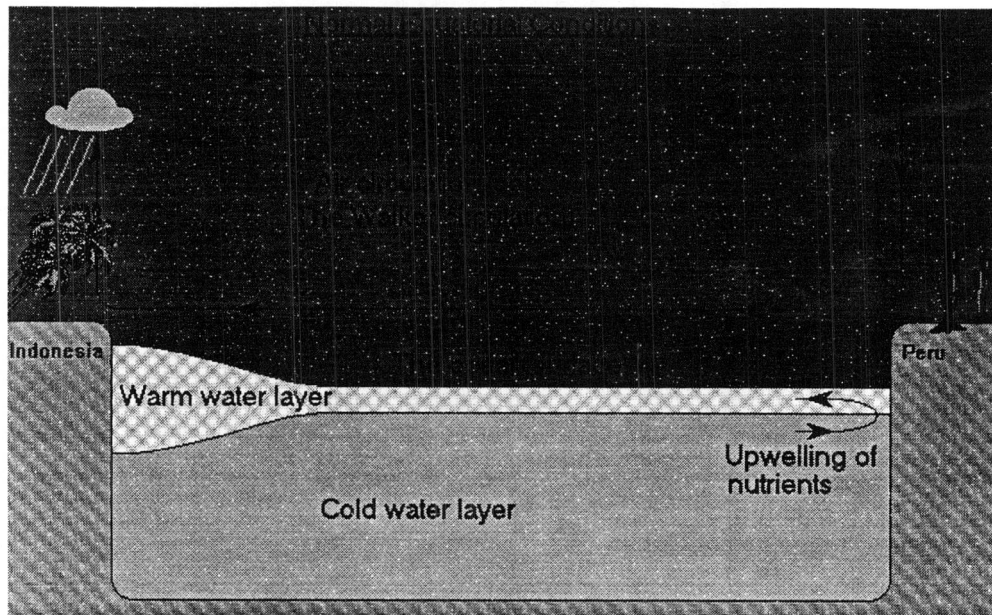
5. CORRIENTES MARINAS Y CIRCULACION GENERAL.-

En cuanto a la disponibilidad de calor en los océanos y su relación con las corrientes, Bayona Antezana en su trabajo (3), expresa:

Los océanos tropicales reciben y almacenan gigantescas cantidades de calor que luego son liberadas hacia la atmósfera, calor que es motor de la circulación general. La más importante de estas regiones tropicales es el Pacífico Oriental Ecuatorial tanto por sus características como por su extensión.

En esta región, la disponibilidad de calor oceánico depende principalmente de las propiedades que ofrece el campo de los vientos alisios suprayacentes que gobiernan los sistemas mayores de la circulación oceánica ecuatorial. Se supone que los vientos alisios a su vez, son gobernados por lo menos parcialmente por la fuerza de energía oceánica.

Normalmente existen una serie de corrientes marinas, y celdas de circulación general, definidas por procesos dinámicos en donde la interacción océano-atmósfera juega un papel primordial. En resumen y según el trabajo de Acosta Godinez (2), se pueden mencionar los siguientes sistemas en el Pacífico Tropical:

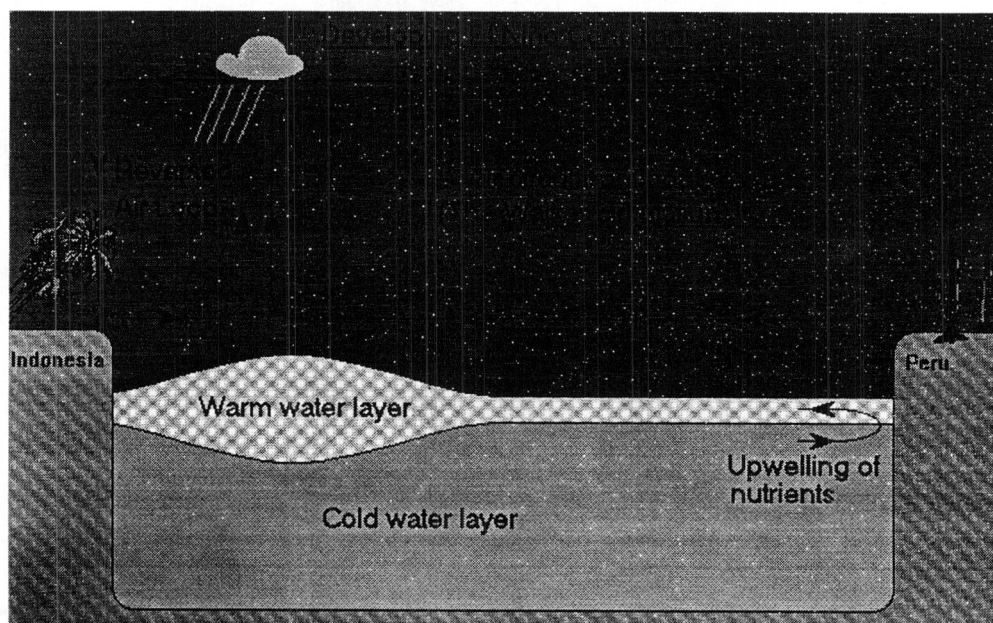


En el Pacífico se forman dos celdas de alta presión circulando una en el Hemisferio Norte (HN), en sentido del reloj, y la otra en el Hemisferio Sur (HS), en el sentido contrario. Los alisios predominan desde el Noreste en el Norte y cerca del Ecuador, y desde el Sudeste en el Sur. Entre estos dos flujos de componente Este hacia el Oeste, se forma una Contracorriente Ecuatorial del Oeste hacia el Este, la cual tiene relación con el fenómeno de "El Niño".

Las máximas temperaturas en la franja Ecuatorial asociadas a excesos de calor y a inestabilidad atmosférica, varían desde el Noroeste de Suramérica en Enero (verano en el HS), hasta el Noroeste de México en Julio (verano en el HN). Igualmente en el Pacífico Occidental ocupa a Australia en Enero en el Sur, hasta el Este de Asia y Africa al Norte del Pacífico en Julio.

La Zona de la Convergencia Intertropical de los Alisios (ITCZ), está formada por la convergencia sobre el mar en el Ecuador, de los vientos Alisios del Noreste y Sudeste. Este cinturón sobre mar se traslada dependiendo de la época del año, y siguiendo con cierto retardo, el movimiento aparente del sol. En el Pacífico Occidental, el cinturón asociado a bajas presiones, se desplaza desde Australia en Enero, hasta la China en Julio. Mientras que en el Pacífico Oriental permanece más o menos cerca del Ecuador.

Los sistemas de presión estudiados por Walker, definen para Enero, una baja presión sobre Australia (Pacífico Occidental), y una alta presión en el Oeste de Sudamérica (Pacífico Oriental). Sin embargo en Julio, se cambia a una alta presión en Australia, continuando la alta sobre el Oeste de Sudamérica.



Los vientos alisios al accionar desde el Este hacia el Oeste combinado con la baja presión en Australia en Enero, generan un ascenso de los niveles del agua en las costas del Pacífico Occidental. En cambio sobre la costa de Oeste de Sudamérica, los vientos alisios intensos unidos a la alta presión prevaleciente, generan una disminución del nivel del mar.

Además, durante el verano en el Sur (Enero), se presentan a nivel de superficie, aguas cálidas en el Pacífico Occidental y frías en el Oriental, lo cual unido a la rotación de la tierra y a la aceleración de Coriolis, generan las corrientes marítimas en el sentido contrario a las agujas del reloj. Esta corriente, junto con el gradiente de temperaturas y diferencia de niveles entre Occidente y Oriente, producen un movimiento ascendente de la corriente marina cercana a las costas de Sudamérica.

Este movimiento es en sentido contrario a las agujas del reloj, e interactúa en superficie con la corriente Humboldt; así se tiene ascenso de aguas frías de las profundidades del mar, hacia las aguas templadas en la superficie, subiendo los nutrientes marinos, razón por la cual la Anchoveta (sardinas), fluyen hacia las costas del Perú y Ecuador beneficiando a la pesca.

Con respecto a este afloramiento, Bayona Antezana (3), menciona lo siguiente:

Los vientos Alisios del Sudeste a lo largo del litoral sobre el lado Oriental del anticiclón del Pacífico, trasladan el agua de la superficie hacia el Norte y Noreste, provocando así la surgencia o afloramiento desde la sub-superficie. El agua Sub-superficial más fría que aflora, constituye a lo largo del litoral lo que se conoce como corriente Fría del Perú o Corriente de Humboldt, la misma que por su condición permanente, actúa como moderadora térmica del litoral. Por ello las temperaturas de la costa Peruana son substancialmente más bajas en más o menos 8 a 9°C que las que deberían manifestarse de acuerdo a la latitud tan cercana al Ecuador Geográfico, además deben producirse condiciones de estabilidad atmosférica a lo largo de la costa y, por ende buen tiempo.

6. COMO SE DESARROLLA.-

En el trabajo de Bayona Antezana (3), se describen las hipótesis del "mecanismo de reflejo", propuesto por Wyrtky en 1975, y que lo define así:

Los cambios anómalos de la componente zonal de los Alisios del Sureste con valores mayores que lo usual, aumentan la tensión y producen el calentamiento de acumulación de agua en el Oeste del Pacífico, o una mayor pendiente del nivel del mar en dirección Este-Oeste; es decir la acumulación de agua en el Pacífico Occidental. Luego tan pronto como la intensidad de los vientos alisios del Sudeste colapsa, el agua acumulada en el Pacífico Occidental adquiere la tendencia a regresar hacia el Este, hasta la costa Suramericana Occidental, originando así el fenómeno de "El Niño".

Las condiciones generales que preceden al ENSO en los pocos meses anteriores son las siguientes:

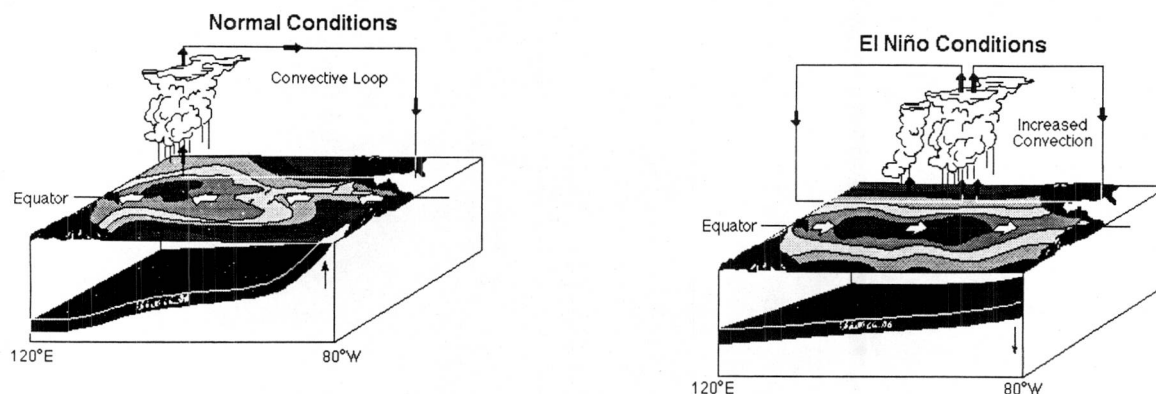
El debilitamiento de los Alisios en el Pacífico con aparición de los vientos del Oeste (para eventos fuertes), o anomalías en los vientos del Oeste, apareciendo en el Pacífico Occidental e incrementándose en magnitud y en extensión.

Elevación en la presión de superficie en el área continental marítima (presión en Darwin) y caída de la presión superficial en el Pacífico Central y Oriental (Tahiti) razón por la cual el Índice de la Oscilación del Sur (SOI), se incrementa negativamente.

La aparición por encima de lo normal de la temperatura de la superficie del mar (SSTs) en el Pacífico Oriental, que persiste más allá del calentamiento anual de la época de invierno (Puerto Chicamu, Perú).

Un calentamiento en la superficie del Océano Pacífico Ecuatorial Central, usualmente acompañado por un movimiento de la zona de las aguas más calientes desde el Oeste del Pacífico al Meridiano de Greenwich, acompañado por un correspondiente cambio en la actividad convectiva.

Caída del nivel del mar en el Oeste del Océano Pacífico y elevaciones del nivel del mar en el Este, acompañado por cambios en la profundidad de la capa de mezcla cerca de la superficie, y en el contenido de calor en la superficie del Océano, que están en fase íntima y propagada con las anomalías del viento en superficie.



Inicialmente se produce un cambio de dirección de los vientos Alisios entre los océanos Pacíficos e Indico, y esto origina que las masas de agua cálida sean empujadas un poco hacia el Este, al igual que las formaciones nubosas que en ellas son propicias. A medida que las anomalías asociadas a El Niño se intensifican, igualmente estas masas de agua caliente con sus nubes de tormentas asociadas, inician un largo viaje en el Pacífico Ecuatorial, desde Asia hasta la costa de Sudamérica, el cual tarda varios meses y puede ser monitoreado y evaluado día a día gracias a los satélites. Esta evolución es la que permite alertar con suficiente tiempo a los investigadores, sobre la llegada del evento a la costa de Suramérica, y poder así llamar la atención para la toma de decisiones.

Cuando el avance de las masas de agua caliente golpean la costa de Sudamérica, se puede decir que “ha comenzado El Niño”, y rápidamente se inician las lluvias en el desierto de Atacama en el Perú, el nivel del mar se eleva unos 30 cm, la temperatura del aire se eleva unos 6 a 8 °C, y la capa delgada de agua caliente se ensancha evitando que los nutrientes puedan aflorar desde las aguas frías del mar hacia la superficie, originando la huida de los peces hacia lugares más fríos lejos y al Sur de la costa del Perú.

En condiciones normales, los vientos alisios al accionar desde el Este hacia el Oeste combinado con la baja presión en Australia en Enero, generan un ascenso de los niveles del agua en las costas del Pacífico Occidental. En cambio sobre la costa Oeste de Sudamérica, los vientos alisios intensos unidos a la alta presión prevaleciente, generan una disminución del nivel del mar.

En este proceso normal la corriente marina en el Pacífico Sur, junto con el gradiente de temperatura y la diferencia de nivel entre Occidente y Oriente, producen un movimiento ascendente de la corriente marina profunda cercana a las costas de Sudamérica; el ascenso de aguas frías de las profundidades del mar, hacia las aguas templadas en la superficie, suben los nutrientes marinos, razón por la cual la Anchoveta (sardinas), fluyen hacia las costas del Perú y Ecuador beneficiando a la pesca.

Con respecto a este afloramiento, Bayona Antezana (3), menciona lo siguiente:

Los vientos Alisios del Sudeste a lo largo del litoral sobre el lado Oriental del anticiclón del Pacífico, trasladan el agua de la superficie hacia el Norte y Noreste, provocando así la surgencia o afloramiento desde la sub-superficie. El agua Sub-superficial más fría que aflora constituye a lo largo del litoral lo que se conoce como corriente Fría del Perú o Corriente de Humboldt, la misma que por su condición permanente, actúa como moderadora térmica del litoral. Por ello las temperaturas de la costa Peruana son substancialmente más bajas en más o menos 8 a 9°C que las que deberían manifestarse de acuerdo a la latitud tan cercana al Ecuador Geográfico, además deben producirse condiciones de estabilidad atmosférica a lo largo de la costa y, por ende buen tiempo.

7. CUALES SON SUS CONSECUENCIAS.-

En el trabajo de Acosta Godínez (2) que trata sobre El Niño y sus efectos sobre el Norte de México, se menciona en base a los estudios de los eventos ENSO en los últimos 50 años en México, lo siguiente:

El Niño se manifiesta a intervalos de tiempo muy irregulares (2 a 10 años), con intensidad y peculiaridad normales en el proceso de su formación y desarrollo; su duración varía de 4 a 14 meses.

Se puede asignar a "El Niño" diferentes niveles de intensidad, duración y efectos, de acuerdo con las observaciones sobre temperaturas y movimientos marinos que se hagan en los litorales del Perú y Ecuador.

Durante Octubre a Noviembre, como precedentes a "El Niño", se observa un incremento en la presión atmosférica superficial en Darwin, Australia; un debilitamiento de los vientos alisios al Oeste de la Línea Internacional del Tiempo con la consecuente acumulación de aguas cálidas en las costas de Centroamérica.

La ZIC (Zona Intertropical de la Convergencia), controla no solo la iniciación del Fenos (Fenómeno "El Niño" y Oscilatorio del Sur), sino también su desarrollo subsecuente; la comprensión completa del fenómeno depende de que se puedan intensificar los factores que determinan la posición de la zona de convergencia.

El calentamiento de las aguas marinas en el Pacífico Oriental hace que el gradiente térmico disminuya, debilitándose la corriente de los vientos alisios, lo que provoca la reducción del gradiente de presión atmosférica de Este a Oeste.

Alisios del Sudeste sufren un debilitamiento que provoca una disminución en la ascendencia de agua fría de las profundidades, a lo largo del Ecuador, así como en los litorales de Perú y Ecuador.

Existen tres grandes oscilaciones atmosféricas en el mundo; la mayor y más extendida es la que se llama Oscilación del Sur, cuyo campo de acción son los trópicos.

La Oscilación del Sur se caracteriza porque cuando la presión atmosférica es alta en el Océano Pacífico Oriental, tiende a bajar en el Océano Índico, desde África hasta Australia (Celda de Walker).

El gradiente normal de temperatura en la superficie del océano, entre las aguas relativamente frías del Pacífico Ecuatorial Oriental y la gran masa de agua cálida en el Pacífico Occidental, en la región de Indonesia, da origen a una celda circulatoria en el plano del Ecuador Celda de Bjerknes).

La relación entre los fenómenos "El Niño" y el Oscilatorio del Sur, se considera como una evidencia convincente de que la circulación oceánica, cumple una función reguladora en el conjunto climático entre el océano y la atmósfera, y constituye la causa de la extraordinaria persistencia de estación a estación, del Fenómeno El Niño y la Oscilación Sur.

ESCENARIOS	PÉRDIDAS EN MILLONES DE DOLARES
<i>AUSTRALIA</i> : Mayor sequía del siglo, incendios devastadores.	2.500
<i>INDONESIA, PHILIPINAS</i> : Pérdida de cosechas efectos de la severa sequía.	750
<i>INDIA, SRI LANKA</i> : Pérdida de cosechas efectos de la severa sequía.	150
<i>TORMENTAS EN EL PACIFICO</i> : Un gran huracán azotó a Hawai, dejando a 25.000 personas sin vivienda.	280
<i>AVES, VIDA MARINA</i> : Incremento de la temperatura en el Océano Pacífico produjo el transporte de la Anchoveta, principal industria pesquera del Perú. hacia Chile. Arrecifes de coral murieron en las costas del Pacífico.	
<i>TORMENTAS EN LA COSTA OESTE</i> : Inundaciones a lo largo de toda la costa del río Colorado.	1.100
<i>CENTRO AMERICA, MEXICO</i> : Condiciones de sequía redujeron las cosechas.	600
<i>COSTA DEL GOLFO</i> : Grandes eventos de precipitaciones y reducción de la producción de cosechas.	1.270
<i>ECUADOR, NORTE DE PERU</i> : Inundaciones y deslizamientos, 600 personas murieron.	1.000
<i>SUERESTE DE AFRICA</i> : Dos años de sequía consecutivos redujeron la producción de cosechas en un 70% , causando muertes y desnutrición.	1.000
TOTAL	\$8.65 BILLONES

En un artículo de Cave Chane de la Revista Our Planet (4), se menciona que "bajo circunstancias normales, las aguas del Este del Pacífico, frente las costas de Ecuador, Perú y Noreste de Chile, son hasta 10°C más frías que las del Ecuador del Pacífico Occidental. Pero cada año de Diciembre a Marzo, las aguas frente a las costas mencionadas, se calientan un poco interrumpiendo la llegada de nutrientes desde las profundidades del océano y disminuyendo la pesca de las Anchovetas.

Anteriormente a este calentamiento anual, se le denominaba "El Niño", pero hoy en día se prefiere llamar así solamente a los eventos especiales, cuando el calentamiento es mucho mayor al usual, y se produce la anomalía sobre el ambiente.

Este fenómeno está íntimamente relacionado, con la Oscilación del Sur, la cual establece una relación entre la presión atmosférica sobre el Sudeste del Pacífico, y el océano Indico; en particular entre Darwin en Australia, y la isla de Tahiti en el Pacífico.

Walker G., observo entre 1920 y 1930, lo siguiente:

OCEANO PACIFICO	OCEANO INDICO ENTRE AFRICA Y AUSTRALIA
Alta presión	Baja presión
Baja Temperatura	Baja temperatura
Baja precipitación	Alta precipitación

Los dos eventos combinados "ENSO", perduran desde Diciembre a Diciembre, y originan sequías en lugares remotos como Etiopía. La forma de detectar este evento es monitoreando la temperatura del océano en las costa afuera del Perú, y observando las diferencias de presión atmosférica (al nivel del mar "SLP"), entre Tahiti y Darwin.

Se tiene:

- Presión atmosférica más baja de lo normal en Tahiti.
- Presión atmosférica más alta de lo normal en Darwin. Esto implica valores absolutos altos del SOI (Southern Oscillation Index).
- Temperatura de la costa del Perú más alta de lo normal.
- Se tienen entonces, condiciones para la anomalía del ENSO.

Durante el ENSO, la temperatura de la superficie del mar fuera de las costas del Perú es cerca de los 28°C (4°C mas alta de lo normal). Este calentamiento gradualmente se extiende hacia el Pacífico Central, retornando a lo normal para mayo del año siguiente.

Recientes estudios de Barnett, 1984, 1985 (9), del campo de viento en superficie, de la temperatura de la superficie del mar (SST), precipitación, y presión del nivel del mar en la

banda tropical extendiéndose a $\pm 30^\circ$ de el Ecuador, desde Africa a Sudamérica, han permitido llegar a las siguientes hipótesis:

La Oscilación del Sur, El Niño y el Sistema de los Monzones, son todos parte de un fenómeno a escala global sobre una escala de tiempo inter-anual.

En el campo de presión al nivel del mar, el fenómeno parece tener una fuerte componente de propagación que se muestra primero en el Norte del Océano Indico y que se mueve hacia el Este dentro del Pacífico Oriental.

Una propagación similar se encuentra en el campo de viento en superficie y en las precipitaciones de las regiones ecuatoriales.

El campo de viento en la superficie ecuatorial, vista a gran escala parece tomar la forma de una onda de fuerza atmosférica de Kelvin. El mecanismo que conduce esta onda, parece ser el calor latente liberado asociado con las anomalías de la precipitación.

8. AÑOS EN LOS CUALES SE HA PRESENTADO.-

Ropelewski (8), expone una lista de los 26 episodios de ENSO desde 1977 hasta 1982. Así mismo en el trabajo de Hanson, K., (6), se muestra una lista completa desde 1939. En el trabajo de Aceituno, P., (1) se muestra además los índices SOI estandarizados para la fase positiva y negativa.

LISTA DE EVENTOS ENSO, PERIODO 1525-1992

AÑO	1525	1531	1539	1552
1567	1574	1578	1591	1607
1574	1578	1591	1607	1614
1618	1624	1634	1652	1660
1671	1681	1687	1696	1701
1707	1714	1720	1728	1747
1761	1775	1785	1791	1803
1814	1828	1844	1864	1871
1877	1880	1884	1887	1891
1896	1899	1902	1905	1911
1914	1917/18*	1923	1925	1930
1914	1928	1923	1925	1930
1932	1939	1941	1946**	1951
1953	1957	1965	1969	1971/72***
1976/77****	1982/83	1986/87	1991/92	1993/94

* 1917 según Hanson (Ref. 6)

1918 según Ropelewski (Ref. 8)

** 1946 según MWR Aceituno (Ref. 1)

*** 1971 según Ropelewski, 1972 según MWR Aceituno
(Ref. 1 y 8)

**** 1976 según Ropelewski, 1977 según MWR Aceituno
(Ref. 1 y 8)

9. IMPACTO DE EL NIÑO A NIVEL GLOBAL INCLUYENDO A LATINOAMERICA.-

Cave Chane (4) menciona las causas observadas durante el ENSO de 1982-83, y hace referencia:

- Sequía sobre el 88% del Noreste de Brasil.
- Sequía en el 37% de la India.
- Sequía sobre el Norte de China.
- Severa sequía en Indonesia.
- La peor sequía del siglo en el Este de Australia.
- Sequía en la costa Este de Nueva Zelandia.
- Las mayores inundaciones en Ecuador, Bolivia y Perú.
- Sequías en las Filipinas.
- Desaparición del SQUID de las costas de California.
- Retirada de las anchovetas de la costa Oeste de Sudamérica.
- Fuertes lluvias en la mitad Sur de la cuenca del Mississippi, con mayor descarga de sedimentos en el Golfo de México, y mayor producción de camarón.

En el trabajo de Bayona Antezana (3), se mencionan una serie acontecimiento que en el Perú han observado tener relación con el "ENSO":

- Sequías en Indonesia y Australia.
- Sequías en los valles interiores de los Andes.
- Precipitaciones intensas en el Pacífico Ecuatorial Oriental
- Profundos cambios del régimen monzónico en India.
- Indices de oscilación de presión y temperatura que alcanzan sus valores mínimos y/o máximos.
- Lluvias anómalas en el sub-trópico de Chile.

- Sequías en el Noreste de Brasil.
- Presiones excepcionalmente bajas en la Isla de Pascua.
- Temperaturas del aire y también del agua superficial, excepcionalmente altas en el Pacífico Oriental Ecuatorial y en las costas de Perú y Chile.
- Presiones reducidas por debajo de los valores normales, en las estaciones costeras del Perú.
- Tendencia a la desestabilización de las masas de aire del Pacífico Oriental y de la costa Central y Norte del Perú (debilitamiento o desaparición de la inversión térmica).
- Indices de variación del nivel del mar entre Australia y Sudamérica.



Han habido, también, ciertas indicaciones de efectos sobre el comportamiento de la temporada de huracanes en el Caribe.

Ropelewski y Halpert, 1986 (8) describen en detalle la relación entre la precipitación y los eventos a nivel global, las cuales se describen en forma resumida para las regiones más afectadas, en la tabla siguiente:

FASE DEL ENSO / NO ENSO

REGION	NUMEROS DE EVENTOS		
	TOTAL	HUMEDO	SECO
Cuenca del Pacífico		Inundación	Sequía
Australia		Sequía	
India		Sequía	
Sur de la India		Inundación	
Trópico y Sur de Africa		Inundación	Sequía
Sur América (S.A.)			
Norte Este (S.A) JUL(0)-MAR (+)	17	1	16
Sur Este (S.A) NOV(0)-FEB (+)	19	18	1
Centro América/Caribe JUL(0)-OCT (0)	19	5	14
América del Norte			
Canadá y US ABR(0)-OCT (0)	11	9	2
Nuevo México Golfo CT(0)-MAR (0)	22	18	4

The Global Climate System, pag. 25 (Ref. N° 9)

0 = Año del NIÑO

+ = Año siguiente

En lo que respecta al Norte de Sudamérica (NSA), se encuentran precipitaciones por debajo de lo normal desde Julio del año del ENSO hasta Marzo del año siguiente. De un total de 17 eventos relacionados, 16 de ellos presentaron meses secos entre Julio y Marzo.

Durante los años ENSO las celdas de Walker en el Pacífico se desplazan, originando un cambio global en la zona de la Convergencia de los Alisios, con una circulación en la troposfera desde las aguas calientes del Este del Pacífico hacia el Norte de Sudamérica y el Caribe. Esta circulación genera una reducción de la actividad ciclónica tropical

10. PORQUE EL NOMBRE DE EL NIÑO Y LA NIÑA, Y CADA CUANTO TIEMPO SE PRODUCE.-

Los eventos El NIÑO, pueden comenzar a formarse a mediados de año, pero es solo a fin de año y en especial en Diciembre cuando la masa caliente de agua golpea la costa del Perú, y como lo hace cerca de la fecha de Navidad, se acostumbra relacionarlo con el nacimiento de EL NIÑO JESUS, de donde sale su nombre de EL NIÑO. Este evento generalmente se inicia en Noviembre o Diciembre de un año y tarda al menos unos 6 a 8 meses, abarcando el año siguiente; por esta razón se acostumbra a identificar a un año El Niño, con dos años consecutivos. Por ejemplo el evento El Niño, que generó las mayoría de las anomalías climáticas, se conoce como el del año 1982/83.

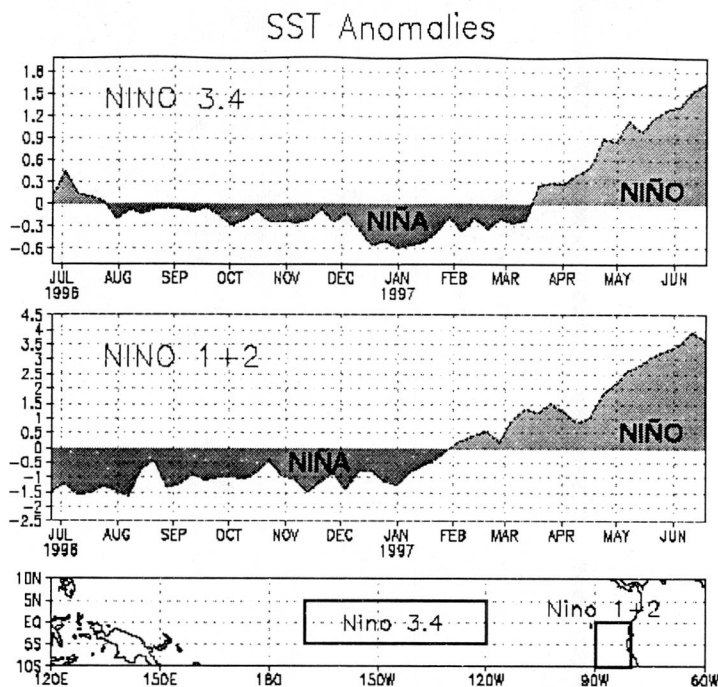


FIGURE 3. Equatorial Pacific sea surface temperature anomalies ($^{\circ}\text{C}$) for the Niño 3.4 and Niño 1+2 regions depicted at bottom of figure. Anomalies are departures from the 1950-1979 adjusted OI climatology (Reynolds and Smith 1995, J. Climate, 8, 1571-1583).

Los eventos EL NIÑO, suelen ocurrir cada 5 años, aunque este intervalo no es periódico; en ocasiones se presentan con un intervalo de 9 años, mientras que en otros con solo unos 3 años. Cuando las anomalías de la Temperatura de la superficie del mar resultan ser negativas, se acostumbra llamarlas Evento Frío o La Niña. Inicialmente se le mencionaba como el “Anti- El Niño”, pero una traducción confusa hacia la palabra Anti- Cristo, inclino la balanza a llamarlo mejor “La Niña”.

11. EFECTOS SOBRE VENEZUELA.-

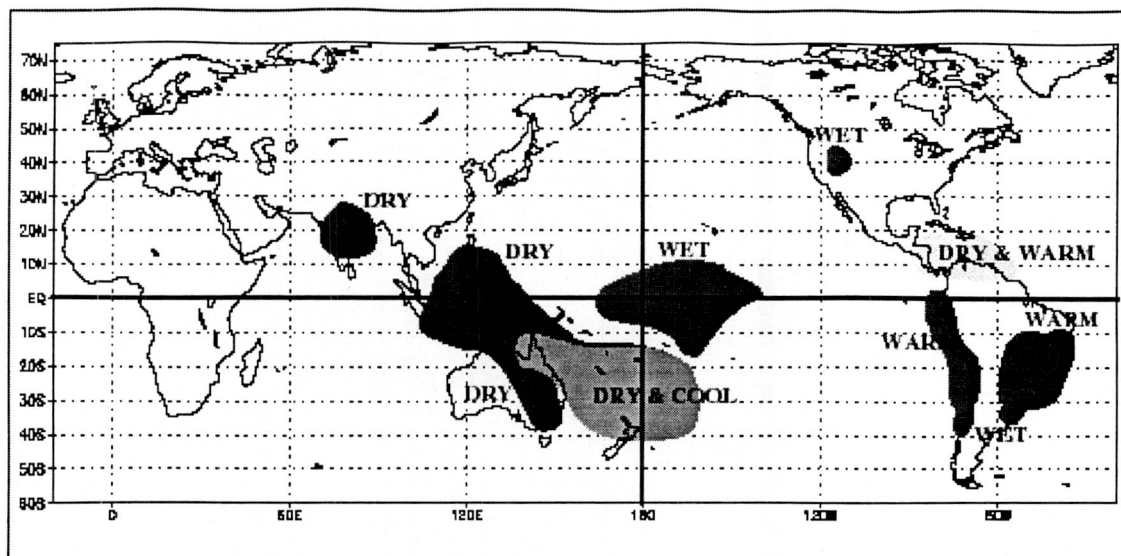
En el trabajo de Garcia y Martiena del MARNR (5), relacionan los eventos ENSO con la precipitación en el Norcentro de Venezuela, y para ello seleccionan la estación Observatorio Cagigal administrada por la Armada de Venezuela, lo cual se ubica en el Centro de la Ciudad de Caracas. Su selección se realiza por ser esta estación la que tiene la

serie histórica más larga del país, aprovechando así una relación más completa con los eventos ENSO.

En el estudio se grafican las desviaciones de la precipitación anual con respecto a la media deducida del período 1891-1989 (99 años), la cual abarca 23 eventos "ENSO". En el gráfico se remarcan los ENSO, de 1917/18, 1971/72 y 1976/77, por haber divergencia en la bibliografía consultada, pero sin embargo en el conteo de dichos eventos se toman cada par de años como uno solo.

Se observa que de los 23 años de eventos ENSO abarcados por el registro, solo 5 años (22%), tienen precipitaciones anuales por encima de la media. Los 18 años restantes (78%), correspondientes a años ENSO, con precipitaciones por debajo de la media. Es bueno destacar que el año más seco en el período de registro de los 99 años, fue el de 1914, y precisamente corresponde con un año con evento ENSO.

Todo parece indicar según los resultados de este análisis individual, de que existe una tendencia a la ocurrencia de situaciones de déficit de precipitación para los años donde ocurren los eventos ENSO. Sin embargo esta muestra es muy pequeña, no siendo representativa de toda Venezuela, razón por lo cual se requiere involucrar otras regiones del país para verificar si realmente este resultado no es simplemente aleatorio.



Con fines de relacionar los años con eventos ENSO, con los caudales registrados en Venezuela, se seleccionó la estación de caudales "Orinoco en Puente Angostura" con registro de 1925 a 1989 (65 años), el cual abarca 14 eventos ENSO.

En el estudio del MARNR (5), se muestran las desviaciones de los caudales medios anuales con respecto a la media para el registro histórico de los 65 años. Se observa que 8 de los años ENSO (57%) corresponden con años con exceso de caudal, mientras que los otros 6 eventos (46%) corresponden con años con déficit. Estos resultados no muestran una tendencia definida en la relación "evento ENSO-caudal del Orinoco".

Es bueno mencionar que la estación de estudio tiene un área de aporte que abarca a casi toda Venezuela, razón por la cual no se descarta que en algunas zonas del país podría haber una buena relación entre estas variables, los cuales se ocultarían en el resultado englobado final.

Revisando la diferente bibliografía disponible y extractando las consecuencias de los eventos El Niño sobre el Caribe y Venezuela, se tiene entre otras, lo siguiente:

- Los episodios calientes en el Pacífico, se relacionan con eventos secos y calientes sobre el Norte de Venezuela, para el período Junio, Julio y Agosto.

- El CPTEC de Brasil en su pronóstico sobre El Niño, menciona eventos secos para el Noreste del Brasil, y por estar el Noreste del Brasil cerca de Venezuela y en especial cerca de la región Guayana, se podría especular la posibilidad también de eventos secos para esta región.
- Correlaciones entre los Índices de temperatura del mar y la precipitación, de estudios a nivel global, indican:
 - Anomalías Positivas de la Temperatura de la Superficie del Pacífico en la región Niño3, tal como existen para Junio de 1997, indican eventos Secos en Venezuela.
 - Anomalías Positivas de la Temperatura de la Superficie del Atlántico Norte, tal como las que se están sucediendo últimos años, indican superávit de precipitaciones para Venezuela.
 - Índices de Oscilación Sur negativos, como los que existen en Junio de 1997 en el Pacífico, se relacionan con eventos secos en Venezuela.

En el balance estas relaciones parecen indicar en general, eventos secos para Venezuela, durante el final de la Temporada de Lluvias y durante la Temporada Seca.

12. IMPLICACIONES SOBRE LOS CAUDALES EN LA CUENCA DEL RÍO CARONÍ.-

Desde el año 1.992 se iniciaron los estudios de investigación en C.V.G. EDELCA, referente a la posible influencia de El Niño y la Oscilación Sur sobre el comportamiento de los caudales en la cuenca del Río Caroní.

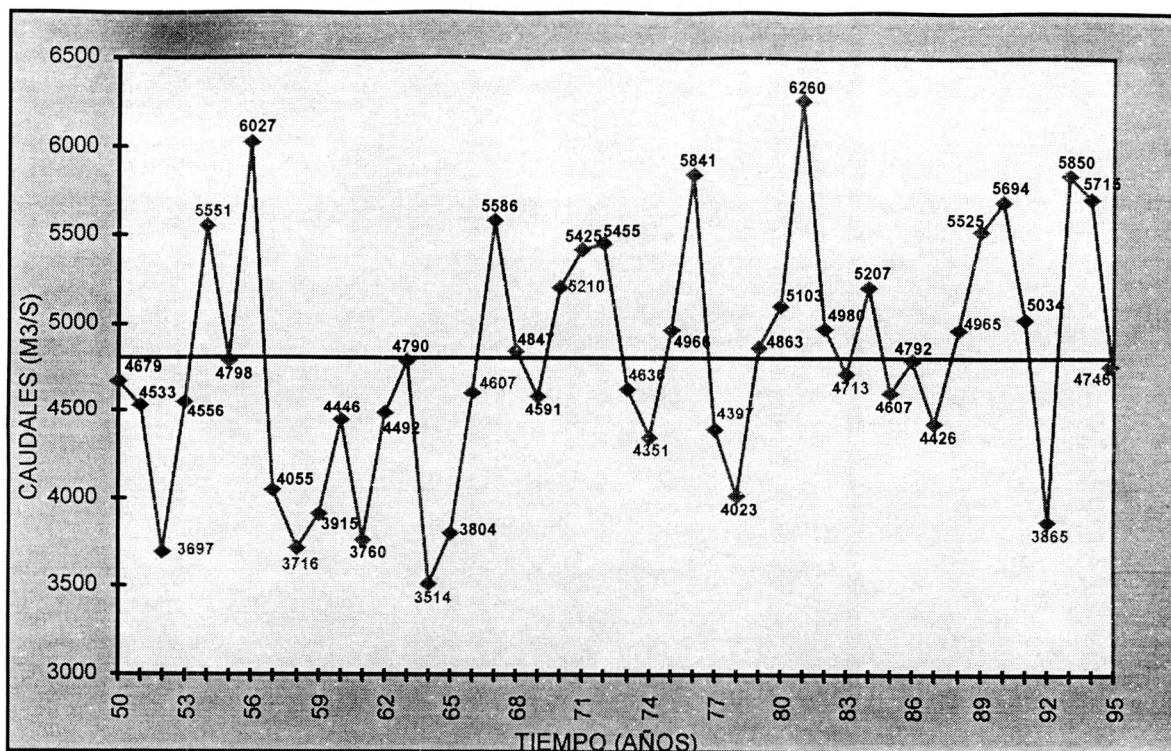
Los análisis preliminares se basaron en determinar con la serie histórica de caudales disponibles del Río Caroní en Guri, las posibles anomalías si las hubiera, del comportamiento del río para los años de ocurrencia del fenómeno. En la figura anexa, se muestra el comportamiento del Río Caroní en Guri Estimado desde el año 1.950 -1.995, donde resaltan 14 años con manifestación, El Niño y la Oscilación sur .

Con probabilidades simples, se observa para el año de ocurrencia del fenómeno, que los caudales anuales históricos de la cuenca del Río Caroní, presentan una probabilidad de 78 % de presentar valores por debajo del promedio histórico. De igual forma se muestra que los valores de caudales mínimo minimurum (los más pequeños) de la serie histórica coinciden con años de El Niño y la Oscilación Sur.

Posteriormente se han realizado en el Centro de Pronóstico de C.V.G EDELCA, estudios específicos, en los cuales se buscan correlaciones entre el comportamiento del caudal y el incremento de la temperatura en la superficie del mar en el Océano Pacífico y en la variación del índice de Oscilación Sur. En la cuenca del río Caroní como se ha determinado que los meses con mayor probabilidad de presentar déficit de caudal (debajo del promedio), comienzan a partir del mes de Septiembre, manteniéndose así hasta el fin del año y comienzo del siguiente, y culminando su influencia para Abril-Mayo de ese año.

Comportamiento del Río Caroní en Guri Estimado

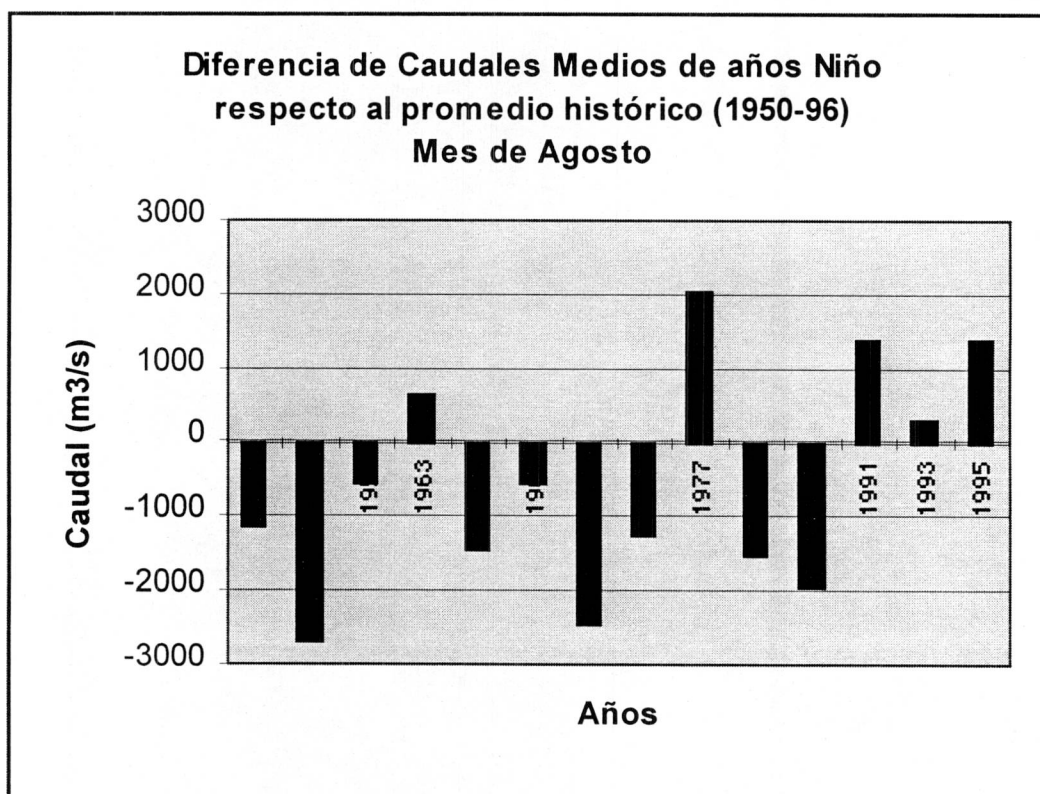
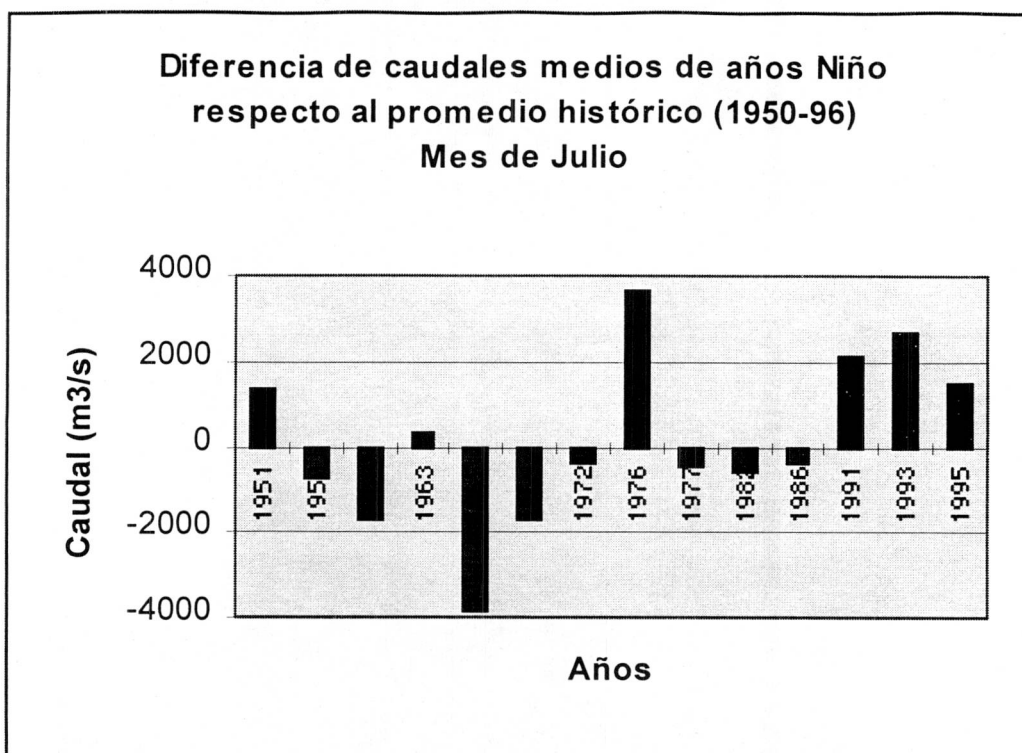
Período 1950 - 1995



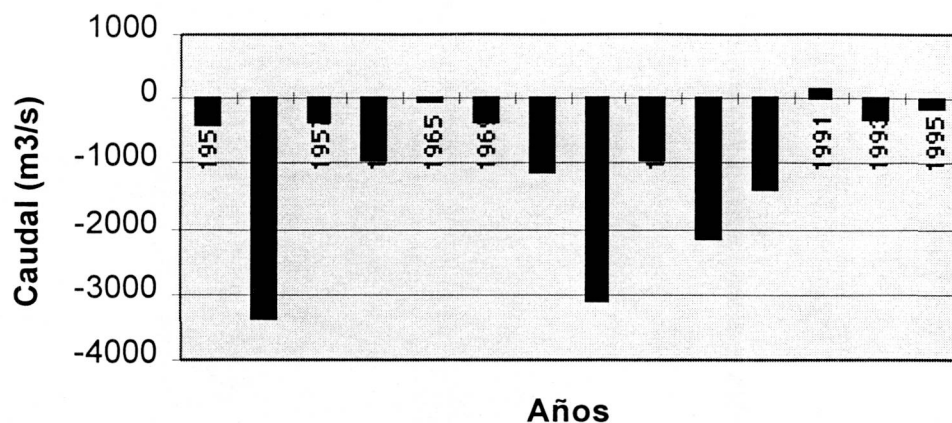
Actualmente el estudio de la mencionada influencia, se ubica en un proceso experimental, realizándose investigaciones en conjunto con el personal del M.A.R.N.R, CIDIAT e intercambiando información vía Internet con los centros climatológicos globales y con investigadores especializados en esas áreas, que adelantarán estudios en Brasil, Colombia, México, USA y Costa Rica.

Uno de los alcances más importantes que se pueden establecer, es desarrollar una metodología que permita la utilización de los alertas globales sobre la llegada de un evento ENSO, a nivel regional. Esto permitiría a los investigadores de cada región en base a las series de datos históricos hidrometeorológicos buscar mediante modelos de simulación, cual ha sido la respuesta de la región, a cada uno de estos eventos en el pasado. Los resultados de este análisis son utilizados en diferentes partes del mundo, para pronósticos climáticos a

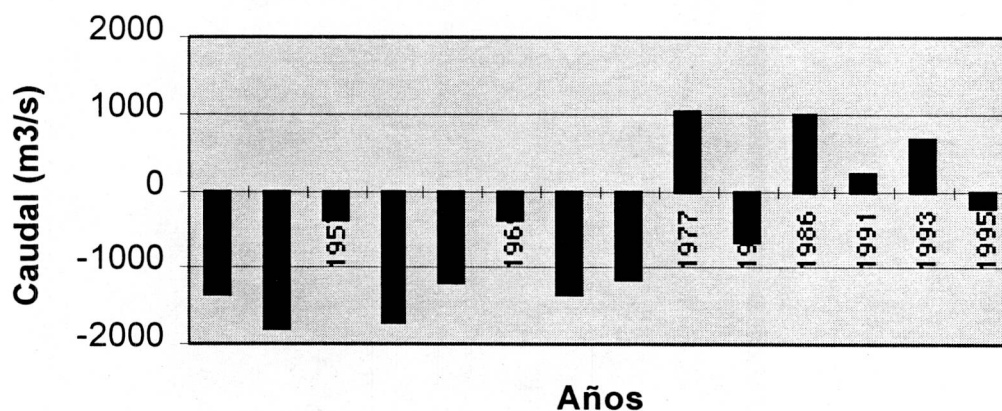
mediano y largo plazo, para ser aplicado con provecho en todas aquellas actividades donde el factor tiempo meteorológico o recurso agua es primordial.



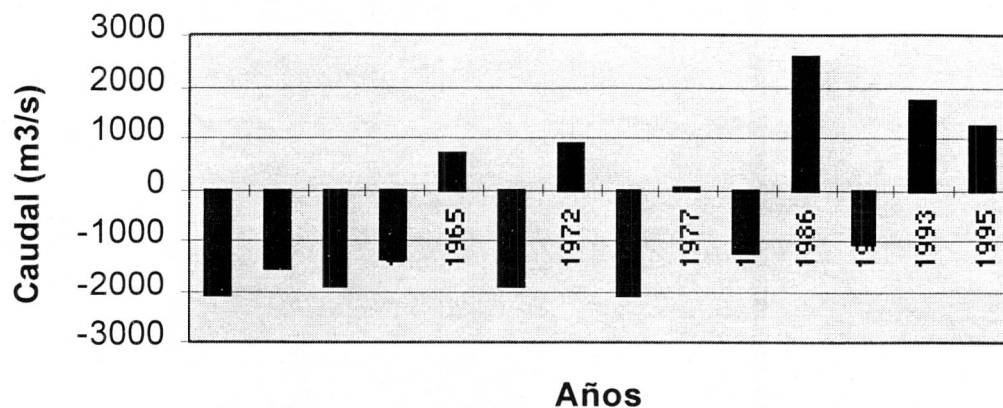
**Diferencia de caudales medios de años Niño
respecto al promedio histórico (1950-96)
Mes de Septiembre**



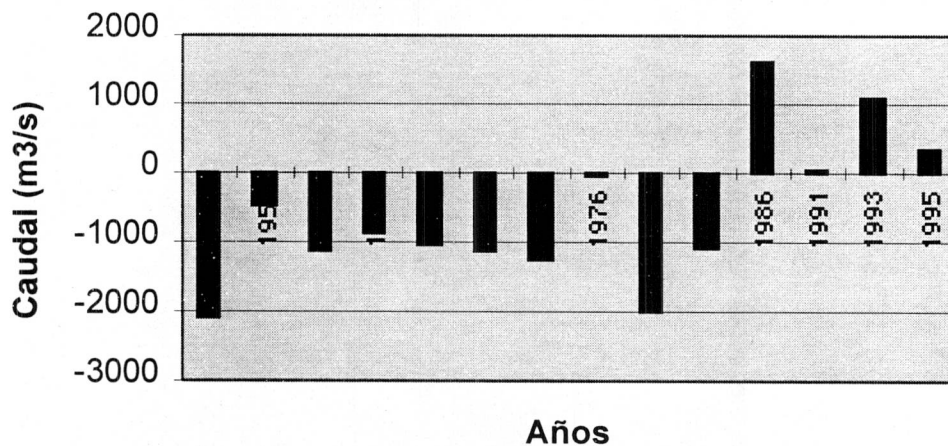
**Diferencia de Caudales Medios de años Niño
respecto al promedio histórico (1950-96)
Mes de Octubre**



**Diferencia de Caudales Medios de años Niño
respecto al promedio histórico (1950-96)
Mes de Noviembre**



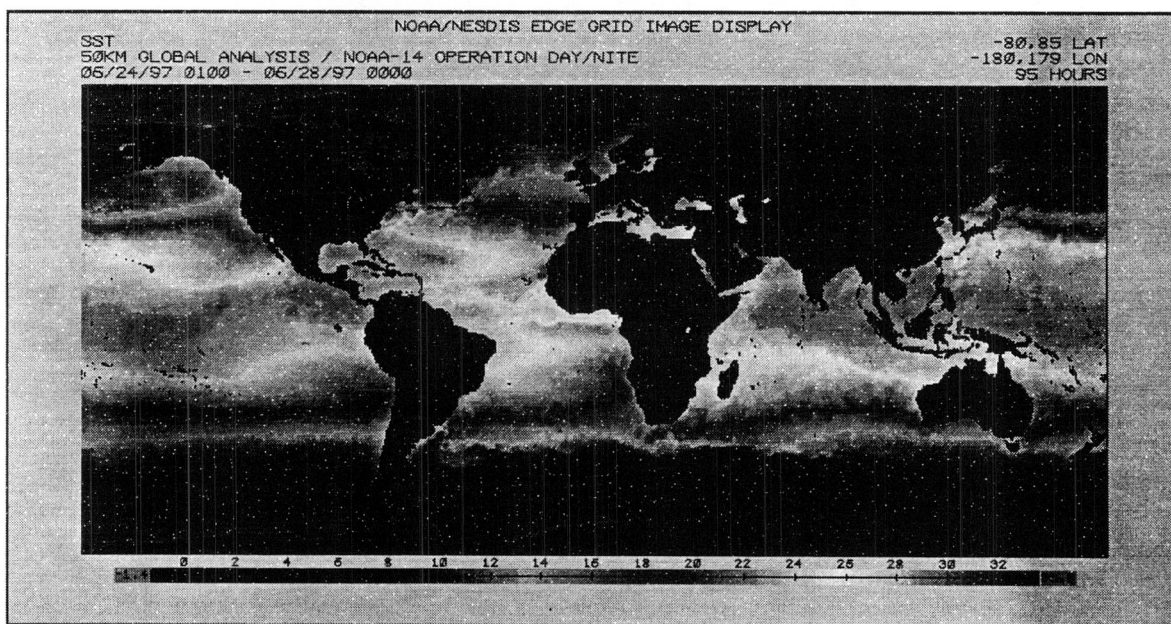
**Diferencia de Caudales Medios de años Niño
respecto al promedio histórico (1950-96)
Mes de Diciembre**



13. MONITOREO, DETECCION Y MODELAJE DE EL ENSO.-

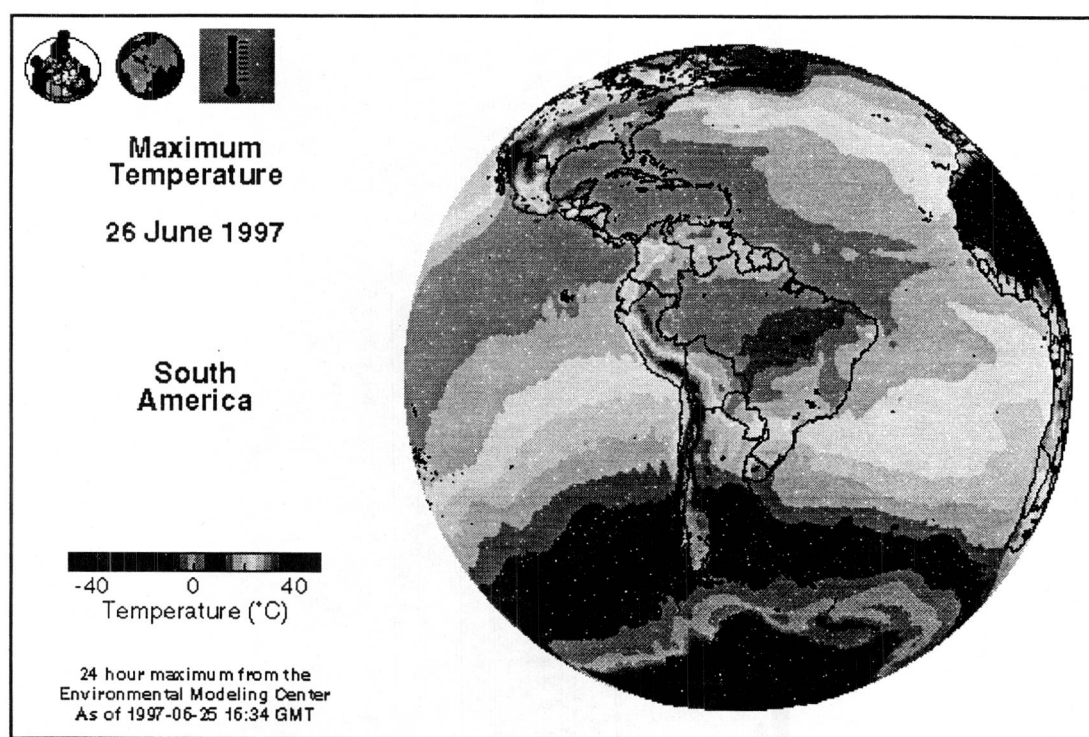
Algunos modelos han sido diseñados para simular los efectos físicos oceanográficos relacionados con El Niño, mientras que otros en los aspectos atmosféricos, sin embargo los modelos de predicción del ENSO, deben combinar estos dos aspectos para obtener buenos resultados. Se recuerda que el agua puede contener 1000 veces más calor que la atmósfera, de tal forma que los procesos de la atmósfera y la temperatura del aire, son altamente dependiente de la temperatura del océano. Por esta razón, es tan importante el monitoreo de las anomalías de la temperatura de la superficie del Pacífico y Atlántico.

Los modelos han sido positivos en el pronóstico de El Niño moderado de 1986/87, y el de 1991/92; sin embargo el del año 1992/93 fue una sorpresa y nadie lo pronosticó. Igualmente el desarrollo de un evento El Niño durante 1994/95 fue reportado, al igual que su desvanecimiento durante el año 1995. Posteriores reportes sobre anomalías frías durante 1996 e inicio de 1997, y un cambio a anomalías calientes y a un inminente evento El Niño para este final del año 1997, mantienen a los investigadores, pendientes de esta evolución.



14. SE PUEDE PREDECIR Y PREPARARNOS PARA UN PROXIMO EPISODIO.-

El Climate Prediction Center de la National Centers for Environmental Prediction (NCEP), perteneciente a la NOAA / National Weather Service, World Weather Building en Washington, D.C., emite rutinariamente Avisos Globales sobre la evolución de El Niño / Oscilación del Sur (ENSO). Estos avisos, a nivel global deben ser ajustados por cada país o región a su área de influencia, y emitir así los avisos prácticos regionales que puedan ayudar a la toma de decisiones en aquellas actividades donde el factor tiempo meteorológico es primordial.



Estos eventos ENSO, se manifiestan con inundaciones en unas regiones y con sequías en otras, o simplemente no tienen influencia en algunas otras. Por esta razón, los avisos regionales serán útiles o no, dependiendo de los análisis previos que se hayan estudiado validos para la región, de las correlaciones climáticas encontradas, y de las teleconexiones que en base a eventos históricos, hayan sido demostradas. En los países sin

este poder de análisis, las noticias exportadas de otros países sobre eventos ENSO, que inicialmente son válidos, se transforman internamente en dudosos si no se tiene ese poder de ajuste a las condiciones regionales.

En Venezuela, existen varios grupos de trabajo, que actualmente están estudiando en su fase experimental, modelos de predicción sobre consecuencias regionales de los eventos ENSO, y que intentan dar respuestas satisfactorias a los Alertas Globales, con interés práctico para el país. Destaca el grupo del M.A.R.N.R. (CIDIAT - Dirección de Hidrología y Meteorología) y el de C.V.G. EDELCA (Centro de Pronóstico), los cuales trabajan en forma coordinada con otros investigadores del país, e incluso pertenecen a un grupo mayor que los asesora a nivel del Caribe, bajo la observación de la Organización Mundial Meteorológica (OMM), y Inter-American Institute for Global Change Research (IAI).

A manera de ejemplo, resumimos un Diagnostic Advisory de fecha 26 de Junio de 1997, emitido por el Climate Prediction Center / NCEP, el cual alerta sobre un vigoroso episodio caliente (ENSO), que se está desarrollando en el Pacífico Tropical, observándose incrementos continuos de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar, debilitamiento y colapso de los alisios Ecuatoriales en los bajos niveles de la atmósfera, aparición de los vientos del Oeste, eventos estos que no se sucedían desde el año 1982, donde ocurrió el desastroso máximo evento de El Niño conocido hasta el presente.

Las temperaturas en el Pacífico Oriental presentan +2°C por encima de lo normal, mientras que en la costa del Perú, sobrepasan los 3°C. Estas anomalías son solo superadas desde 1950, por las observadas durante el evento mayor de El Niño de 1982-83. El NCEP indica, que el episodio caliente debe continuar por el resto del año, y por muchos meses más. En general se esperan situaciones más secas de lo normal en Indonesia e India y húmedas sobre el Pacífico Central Tropical; también se esperan situaciones húmedas en Chile Central, Argentina Central, Uruguay, y Sudeste del Brasil.

En el Aviso de fecha 15 de Julio de 1997, del Climate Prediction Center (NCEP), reportan anomalías de +2°C extendiéndose en el Pacífico hasta la costa de Suramérica, y los valores de anomalías en el Pacífico son las más grandes desde el evento máximo caliente de 1982/83. Igualmente el Índice de Oscilación Sur se mantiene en - 2, lo cual es fuertemente negativo.

En el mismo aviso reportan que se están observando, y haciéndose evidentes consecuencias típicas del actual evento ENSO, así se tienen condiciones más húmedas de lo normal en las islas del Pacífico Central Tropical, y una Corriente en Chorro del Pacífico Sur se ha desarrollado mas fuerte de lo normal, extendiéndose más hacia el Este de lo usual. Esto se asocia con condiciones más húmedas de lo normal para Junio y con las inundaciones localizadas en Chile Central, Argentina Central, Uruguay, y el Sur del Brasil.

En base a las condiciones atmosféricas y oceánicas actuales y a los pronósticos de los modelos estadísticos del NCEP (CCA), se pronostica que las condiciones del episodio caliente ENSO, deben continuar desarrollándose durante los últimos meses del año e incluso pasando a los primeros meses del año 1998.

En el Centro de Pronóstico de EDELCA continuamos con el monitoreo diario de la evolución de las condiciones de la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacífico, para de esta forma determinar las implicaciones futuras sobre la región Guayana.

Para el mes de agosto emitiremos un próximo boletín, para validar las proyecciones climáticas que se han dado, las cuales reflejan déficit de precipitación para los meses de agosto y septiembre del presente año sobre la cuenca del río Caroní

15. BIBLIOGRAFIA.-

1. ACEITUNO P. On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Par I: Surface Climate. Monthly Weather Review, Vol.116, N° 3, March 1988.
2. ACOSTA GODINEZ, A. El Niño: Sus Efectos sobre el Norte de México. Dirección General de Administración y Control de Sistemas Hidrológicos, SARH. Revista Ingeniería Hidráulica en México, Vol III, Num. 1, Enero-Abril 1988.
3. BAYONA ANTEZANA, R. El Fenómeno de El Niño. Aspectos Meteorológicos y Oceanográficos. Dirección de Hidrografía y Navegación. Marina de Guerra del Perú.
4. CAVE CHANE The El Niño Phenomenon and the Planet's Climate. Our Planet, Vol. 3, N° 6, 1991.
5. Garcia, Luis F. y Martiena, Edgar., El Niño Oscilación del Sur (ENSO), MARNR, 1992
6. HANSON K., BRIER G., y Evidence of Significant Nonrandom MAUL G. Behavior in the Recurrence of Strong El Niño Between 1525 and 1988. Geophysical Research Lettrrs, Vol. 16, N° 10, Pages 1181-1184, Oct. 1989.
7. MANSON, K., y Florida Precipitación and the MAIL G. Pacific El Niño 1985-1989. NOAA.
8. ROPELEWSKI C.F., y Global an Regional Scale Precipita-HALPERT M.S. tion Patterns Associate with the El Niño/Southern Oscillation.
9. THE GLOBAL CLIMATE (Autumn 1984 - Spring 1986). CSM SYSTEM R84/86. WORLD CLIMATE DATA PROGRAMME.
10. UNESCO Towards a Global Ocean Observing System.
11. W.M.O Climate System Monitoring (CSM) Monthly Bulletin 1991/1992.
12. W.M.O El Niño/Southern Oscillation (ENSO), Diagnostic Arisoy Climate System Monitoring (CSM).
13. PERDOMO S, Esteban J, El Fenómeno El Niño-Oscilación Sur y su Influencia en los Caudales de la Cuenca del Río Caroní (Informe de Avance). CVG-EDELCA. 1997.