

El Niño: influencia sobre las precipitaciones y los escurrimientos en el Valle de Zongo

Bernard POUYAUD, Robert GALLAIRE, Francois MACAREZ, Etienne BERTHIER

1) - Una nueva teoría para comprender mejor los mecanismos complejos de El Niño

Cada 3 a 4 años, en la época de Navidad, una anomalía climática, bajo el nombre célebre de El Niño, se produce en las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico, acompañada durante muchos meses de violentas perturbaciones meteorológicas con consecuencias algunas veces dramáticas: lluvias diluvianas habitualmente sobre las costas desérticas del Perú y del Ecuador, deshielo de los glaciares tropicales andinos, sequía en Africa del Sud (y del Oeste) y en Australia e Indonesia, tempestades y olas de fondo sobre la costa oeste de los Estados Unidos, ciclones en Hawai y en la Polinesia francesa. El Niño no es en realidad, mas que una de las fases de un sistema de fluctuación climática global, llamado ENSO (El Niño - Souther Oscillation), propio del Pacifico ecuatorial pero que cuyas consecuencias afectan a todo el Planeta.

Cuáles son los mecanismos oceánicos y atmosféricos propios de éste sistema climático?

Trabajando sobre esta cuestión desde hace una docena de años en el marco del programa internacional TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere), oceanógrafos físicos de ORSTOM (J. Picaut et al., 1997 y 1996) han aportado nuevos conocimientos sobre la dinámica de ENSO, poniendo en evidencia algunos mecanismos del fenómeno todavía ignorados o subestimados por teorías propuestas hasta el presente.

Gracias a medidas de corrientes efectuadas durante muchos años *in situ* (fondeos de medidores de corriente y de boyas) y obtenidas a partir de los satélites de la US Navy (GEOSAT) y franco-americano (TOPEX/Poseidon), estas investigaciones han mostrado en efecto como las corrientes de superficie, asociadas a ondas ecuatoriales (resultando de las variaciones de viento), juegan en el Pacifico central ecuatorial un rol fundamental en el proceso de desarrollo de las diferentes fases del ENSO y en su sucesión a una escala interanual.

ENSO se manifiesta por las variaciones de temperatura de las aguas de superficie en el Pacífico este y central: aumento de temperaturas en fase caliente (El Niño) y disminución en fase fría (La Niña). Estas variaciones térmicas están acopladas a una oscilación de presiones atmosféricas entre la Polinesia francesa (Tahiti) y el norte de Australia (Darwin). Este cambio de presiones atmosféricas provoca una modificación simultánea del régimen de los vientos y de las corrientes a lo largo del ecuador, así como el desplazamiento de una inmensa reserva de aguas calientes situada al oeste del Pacifico ecuatorial.

Fuente de muy fuertes interacciones entre el océano y la atmósfera, esta reserva de aguas calientes, que cubre una superficie superior a la de Europa, tiene un efecto directo sobre el clima del Pacífico y del conjunto del planeta.

En efecto, el movimiento ascendente del calor en la atmósfera creado por esta masa de agua cuya temperatura es siempre superior a 28°C, provoca en altura una fuerte concentración de nubes (fenómeno de convección atmosférica), formándose las lluvias, y una exportación considerable de calor en las alturas más elevadas de los hemisferios sud y norte.

Génesis y desarrollo de un episodio El Niño

Durante un episodio El Niño, el borde oriental de la reserva de aguas calientes, situado normalmente a un promedio de 1800 de longitud al nivel del ecuador, avanza alrededor de 3000 km con dirección al este. La reserva se desplaza, bajo el efecto de las variaciones de vientos y de corrientes, tanto más fácilmente cuanto que estas aguas calientes y poco saladas, y de poca densidad, flotan literalmente por encima de las aguas subyacentes, frías y saladas, por lo tanto más densas.

Conformemente al modelo elaborado por los oceanógrafos de ORSTOM, este desplazamiento del oeste hacia el este de la reserva de aguas calientes nace a consecuencia de cortes de vientos del oeste en el Pacífico oeste y del debilitamiento de los alisios.

Estos vientos del oeste provocan la formación de corrientes de superficie que arrastran el borde oriental de la reserva hacia el este. Desplazándose hacia el este, la reserva de aguas calientes se extiende tanto en superficie como en profundidad. El fenómeno de convección atmosférica se refuerza entonces y por continuidad los vientos del oeste se amplifican. Por eso, las corrientes de superficie aumentan y la reserva de aguas calientes progresa todavía más hacia el este.

Simultáneamente, los vientos del oeste generan en la interfase de las aguas calientes de superficie y de las aguas frías profundas (50 a 150 metros de profundidad), un « tren » de ondas ecuatoriales propagándose hacia el este a una velocidad de 250 km/día. Llegando a las inmediaciones de las costas occidentales de América latina al cabo de dos a tres meses, estas ondas detienen la subida de aguas frías profundas (upwelling) que vuelven a enfriar habitualmente esta región costera y contribuyen así al recalentamiento de la parte este de la cuenca este del Pacífico. El Niño está entonces en su fase de pleno desarrollo.

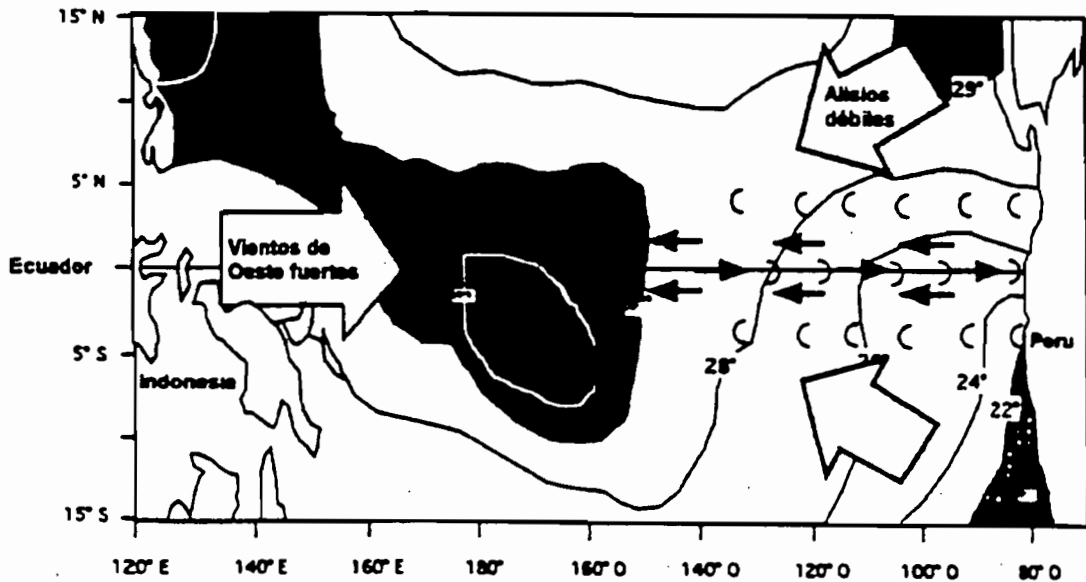


Figura 1: Evento El Niño

Ondas incidentes:))) , ondas reflejadas : ((((, ←← corrientes asociadas →

La Niña sucede a El Niño, y así a continuación

La llegada de ondas ecuatoriales sobre las costas latino-americanas ayuda a detener la progresión del borde oriental de la reserva de aguas calientes hacia el este. En efecto, «rebotando» contra estas costas que forman un verdadero muro, estas ondas, simultáneamente con corrientes que les son asociadas, retornan nuevamente a una velocidad de propagación de 100 km/día hacia el centro del Pacífico, se detienen al cabo de un año aproximadamente y luego rechazan progresivamente el borde este de la reserva de aguas calientes hasta su punto de partida (180° de longitud) y finalmente más al oeste todavía. El drenaje resultante de este « retorno » de la masa de aguas calientes hacia el oeste permite la subida de aguas frías profundas para efectuarse de nuevo a lo largo de las costas occidentales de América latina. Nuevamente las temperaturas de la parte este de la cuenca del Pacífico están frías. De uno a dos años después de su partida, El Niño da lugar a La Niña, fase fría de ENSO. Mientras este sistema vientos/corrientes/ondas ecuatoriales y sus reflexiones continúan, pero con variaciones de vientos (reforzamientos de los alisios, vientos del oeste débiles o inexistentes) y de corrientes de un sentido opuesto al observado durante El Niño.

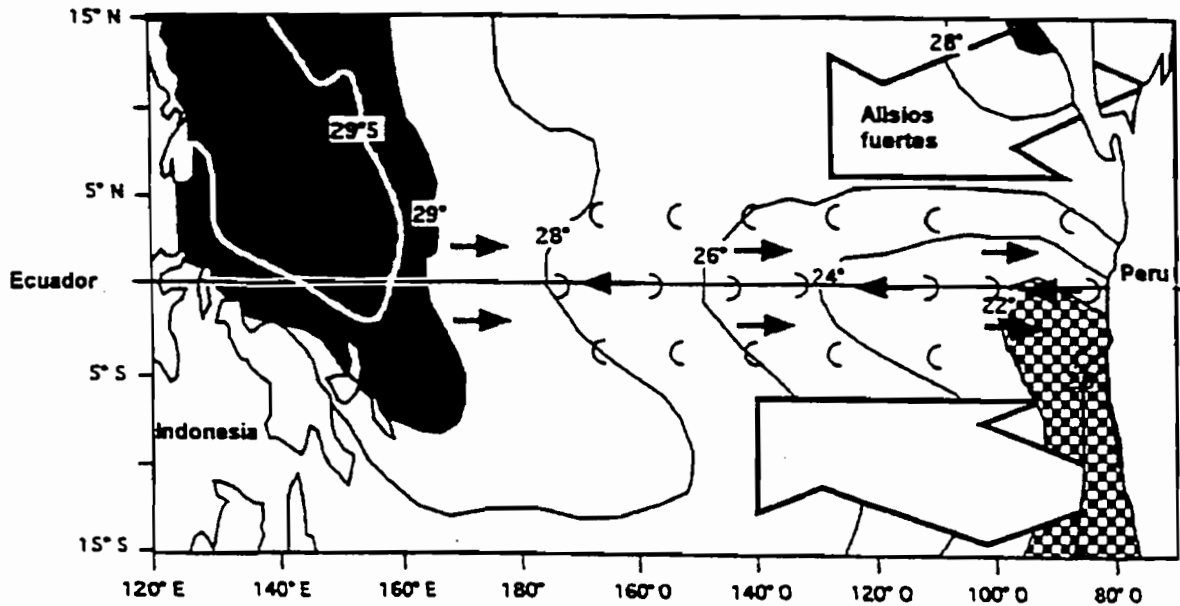


Figura 2: Evento La Niña

Ondas incidentes:))), **ondas reflejadas: (((**, **corrientes asociadas** → ←

La Niña será seguida, siempre bajo el efecto de rebotes sucesivos de las ondas ecuatoriales sobre las costas de América latina, de corrientes asociadas y de nuevos vientos del oeste, por otro episodio caliente de ENSO. Según este modelo, las fases calientes y frías de ENSO se suceden globalmente con un intervalo de cuarenta meses.

Este nuevo modelo conceptual propone una revisión de las teorías anteriores sobre el ENSO que no tenían suficiente cuenta del rol mayor de los efectos de las corrientes de superficie, de las ondas ecuatoriales y de su reflexión sobre las costas latinoamericanas, en los desplazamientos de la reserva de aguas calientes.

Explicando el proceso de sucesión a una escala interanual de fases calientes y frías del ENSO, así como sus principales mecanismos de desarrollo, este nuevo concepto debería contribuir a afinar los modelos de simulación numérica utilizadas para prever un fenómeno climático global cuyas consecuencias pueden revelarse dramáticas, sobre todo en la zona intertropical.

2) Como caracterizar las fases calientes (El Niño y frío (La Niña)de ENSO?

En este caso un episodio El Niño se manifiesta a la vez en diferencias de presión atmosférica significativas entre el oeste y el este del Pacifico y por las anomalías de temperaturas superficiales del océano, que trata de caracterizarse.

Las temperaturas de superficie del mar están determinadas en 4 zonas significativas:

- Niño 1 + 2 (0-10°S) (90°W-80°W)
- Niño 3 (5°N-5°S) 150°W-90°W)
- Niño 4 (5°N-5°S) (160°E-150°W)
- Niño 3.5 (5°N-5°S) (170°W-120°W)

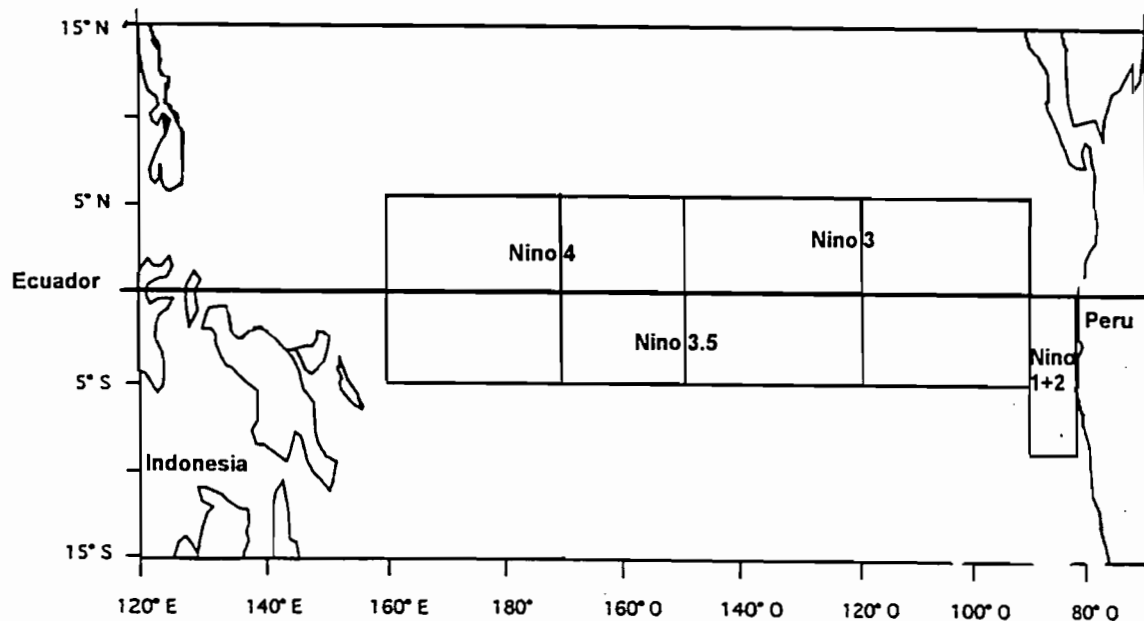


Figura 3 : Zonas significativas El Niño

Son las anomalías de temperaturas en relación a una situación normal que están tomadas en cuenta y permiten caracterizar las fases calientes (El Niño) y frías (La Niña) de ENSO. En la figura 4, podemos ver las anomalías de temperaturas desde 1950 en las 4 zonas 1+2, 3, 4 y 3,5. La figura 5 es un zoom de estos mismos valores para los años 1982-83 y 1997-98, con el fin de comparar las anomalías de temperaturas superficiales del mar de los 2 principales El Niño del siglo.

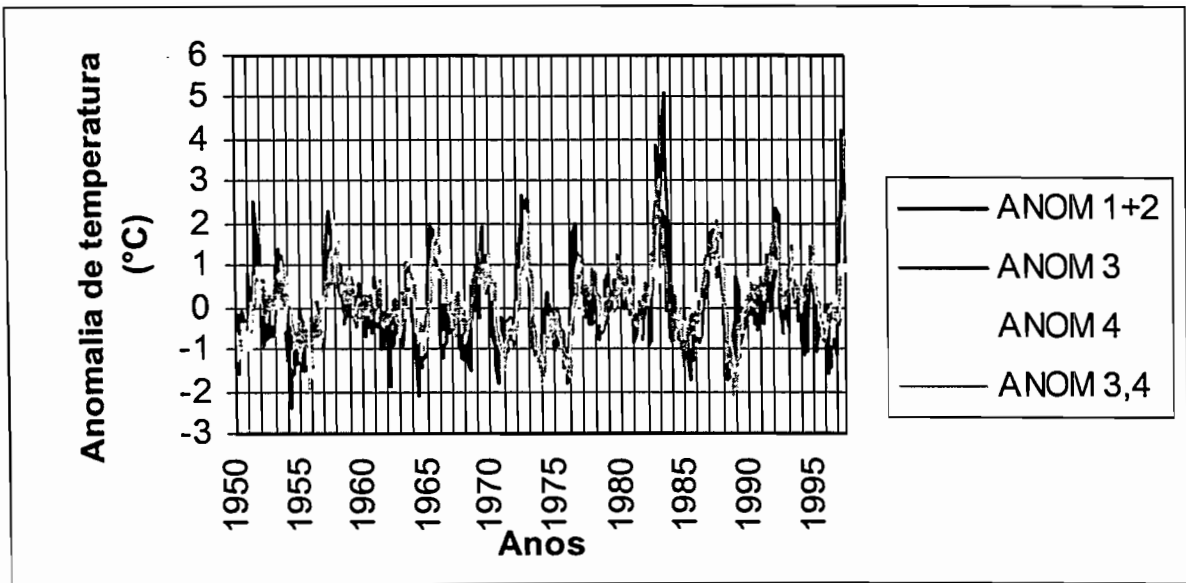


Figura 4 : Anomalias de temperaturas superficiales del mar (Zonas ENSO 1+2,3,4 y 3.5)

Las presiones atmosféricas están determinadas al nivel del mar en Tahiti (Polinesia francesa, 150°W, 18°S) y Darwin (norte Australia, 130°E, 13°S). La diferencia de presión «Tahiti - Darwin» constituye la anomalía característica de la situación ENSO. Normalizada y standardizada, esta anomalía proporciona el SOI (Southern Oscillation index) característico de las fases ENSO, negativo por la fase caliente El Niño y positivo por la fase fría La Niña.

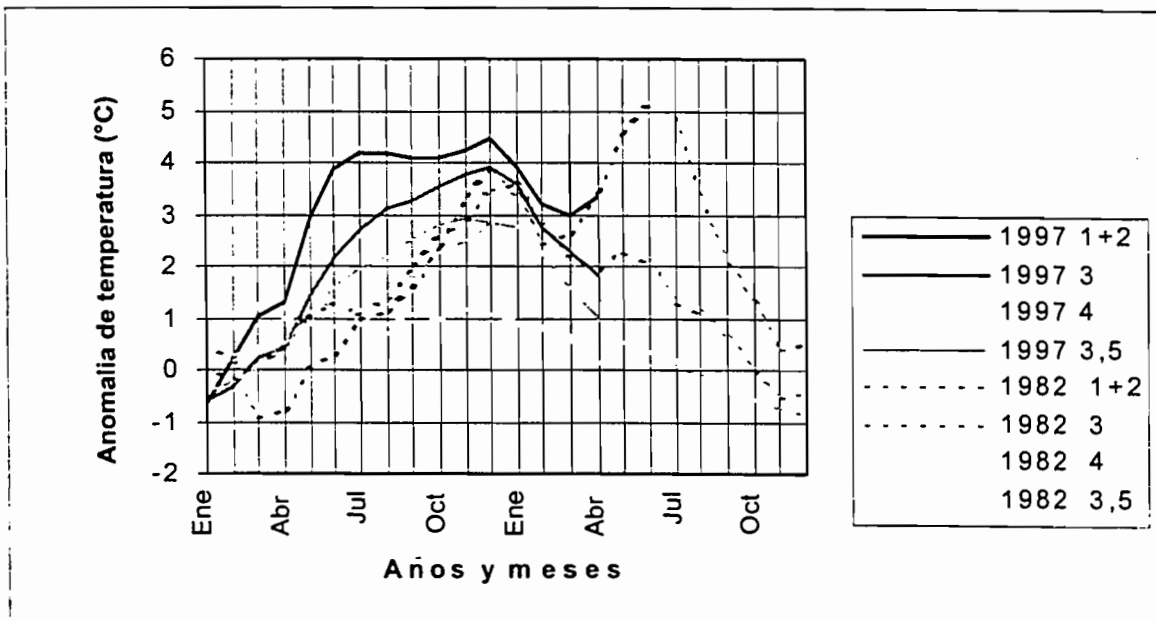


Figura 5 : Anomalias de temperaturas del mar en 1982/83 y 1997/98

Los SOI mensuales son proporcionadas (el 10 del mes siguiente) sobre el Internet por el NOAA. Pero son difícilmente explotables a escala mensual : así es necesario determinarlos por promedios móviles sobre los periodos resbalosos de 12 a 3 meses, centradas o precedentes en el mes considerado. La figura 6 muestra los valores discretos mensuales del SOI, así como algunos promedios móviles alisados del SOI obtenidos con esos promedios mensuales, calculando sobre periodos de 12, 6 y 3 meses. Si n es el mes considerado, los promedios siguientes fueron calculados:

$(n-11 \dots n)$, $(n-5 \dots n)$, $(n-2 \dots n)$, $(n-6 \dots n+5)$ y $(n-3 \dots n+2)$

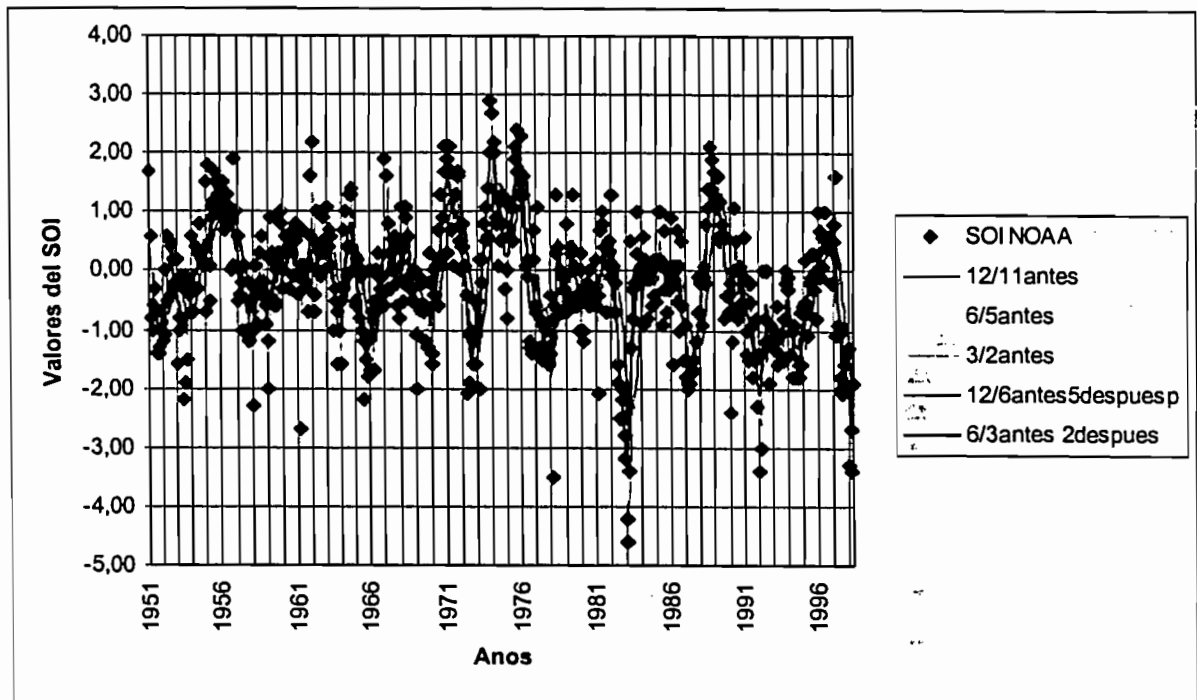


Figura 6 : Valores mensuales del SOI y valores medias por promedio móvil sobre 12 a 3 meses

Podemos ver que según el periodo escogido las diferencias pueden ser bastante considerables. El índice SOI alisado elegido para este estudio será lo calculado a partir de un promedio móvil sobre 3 meses, 2 antes y el mes considerado, que es un buen término medio con una sensibilidad suficiente.

La figura 7 esta, como antes para las temperaturas, un zoom sobre los periodos 1982-83 y 1997-98 a fin de poner en evidencia las similitudes de los 2 principales El Niño del siglo.

Pero veremos que es interesante, para su utilización futura, calcular los SOI promedios sobre periodos más largos. Es esto lo que hemos hecho con los valores mensuales de los SOI por periodos anuales correspondientes a los años hidrológicos (septiembre a agosto) y para los 3 sobre - conjuntos de estos mismos años hidrológicos: el comienzo de la época de lluvias (septiembre a diciembre), el fin de la época de lluvias (enero a abril) y la estación seca (mayo a agosto). La figura 8 presenta estos resultados.

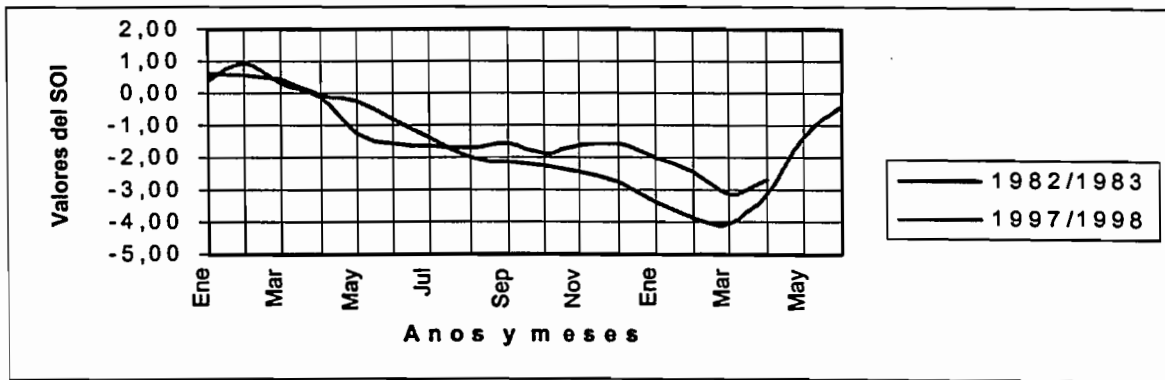


Figura 7 : Valores mensuales del SOI en 1982/83 y 1997/98

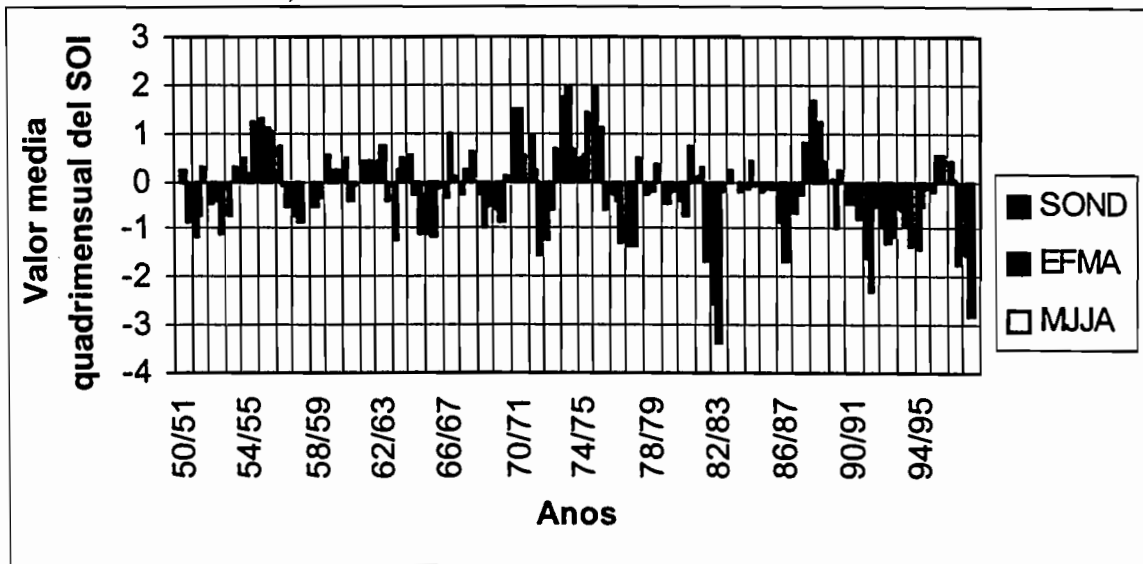


Figura 8 : Valores quadrimensuales del SOI

3) - Influencias de El Niño sobre la pluviometría del Valle de Zongo

Muchos estudios (Ronchail, 1997) han sido consagrados a la influencia de El Niño sobre la pluviometría en Bolivia y en los países costeros del Pacífico, Perú y Ecuador sobre todo. Para Bolivia, los resultados son poco significativos, a excepción notoria del Altiplano donde un episodio El Niño en general esta asociado a una sequía del 30%. Los episodios La Niña están mas bien asociados a lluvias excedentarias, pero menos sistemáticamente. Estos estudios muestran además que pueden existir episodios El Niño o La Niña que rechazan un análisis comparable. En los Yungas y en la Amazonia boliviana, los episodios El Niño o La Niña tienen en general una correlación débil con precipitaciones deficitarias o excedentarias, contrariamente a lo que es mas comúnmente observado.

Es interesante examinar cómo se transforma la señal ENSO sobre las precipitaciones de un valle de la Cordillera Real, atravesando por las condiciones del Altiplano hasta las de los Yungas.

Desde el año 1970 las precipitaciones son bien conocidas en el Valle del río Zongo, gracias a la COBEE, en una decena de estaciones escalonadas en altura del oeste hacia el este, de la cordillera Real y del Altiplano, hacia los Yungas y la Amazonia.

Milluni	4600m
Plataforma Zongo	4750m
Botijiaca	3492m
Cuticucho	2697m
Santa Rosa	2505m
Coscapa	3350m
Sainani	2210m
Chururaqui	1830m
Harca	1480m
Cahua	1195m

Observamos que ha sido necesario reconstituir cierto número de datos a partir de datos mensuales existentes y de las correlaciones efectuadas con las precipitaciones de las estaciones vecinas. Lo menos que podemos decir es que la relación entre precipitaciones y fase ENSO no es clara! Las figuras 9,10 y 11 presentan las variaciones anuales de la pluviometría a las 10 estaciones del valle de Zongo, la distribución promedio de las lluvias mensuales, así como la repartición de la precipitación anual al comienzo y al final de la época de lluvias y época seca.

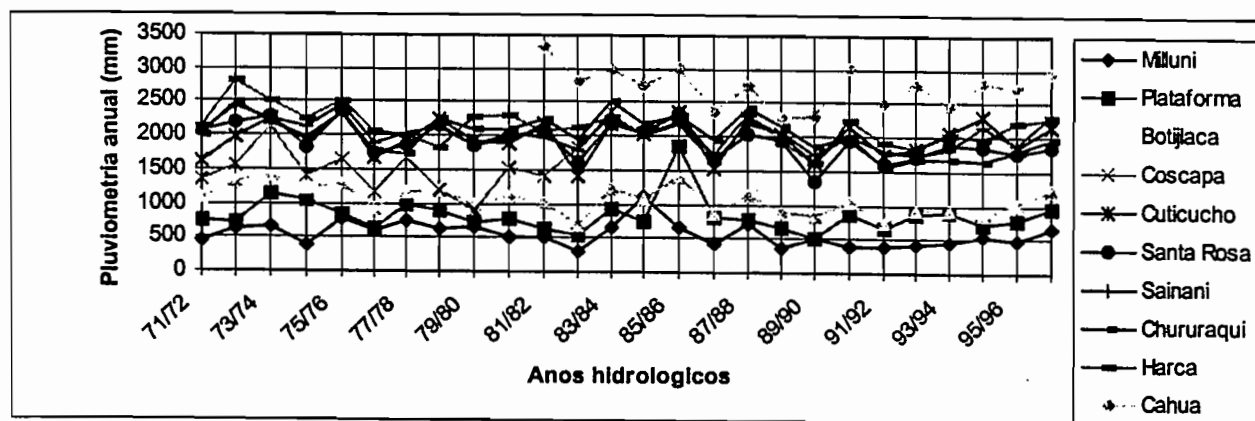


Figura 9 : Valle Zongo : Pluviometria anuales (años hidrológicos : septiembre a agosto)

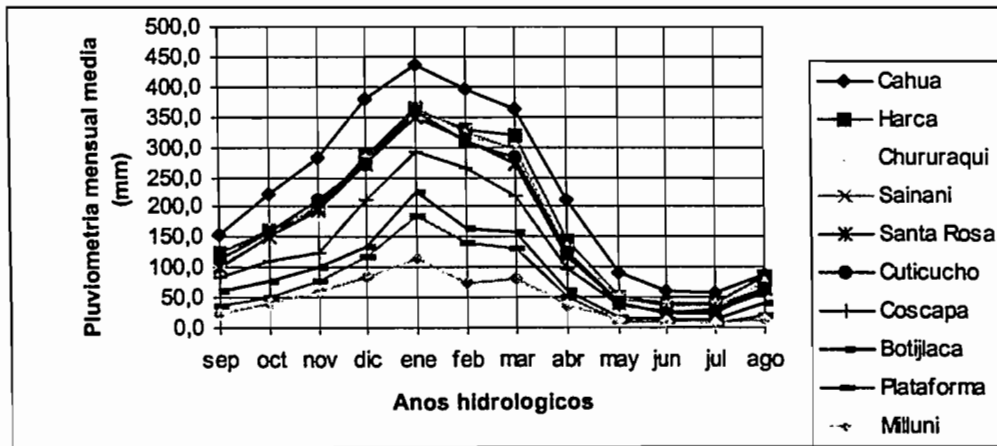


Figura 10 : Valle Zongo: Pluviometrias mensuales medias

Fue interesante conocer mejor la influencia de El Niño y La Niña sobre la pluviometría de estas estaciones. Se realizó este trabajo con valores centrados reducidos de la pluviometría:

$$(lluvia\ observada - lluvia\ promedio) / desviación\ standard$$

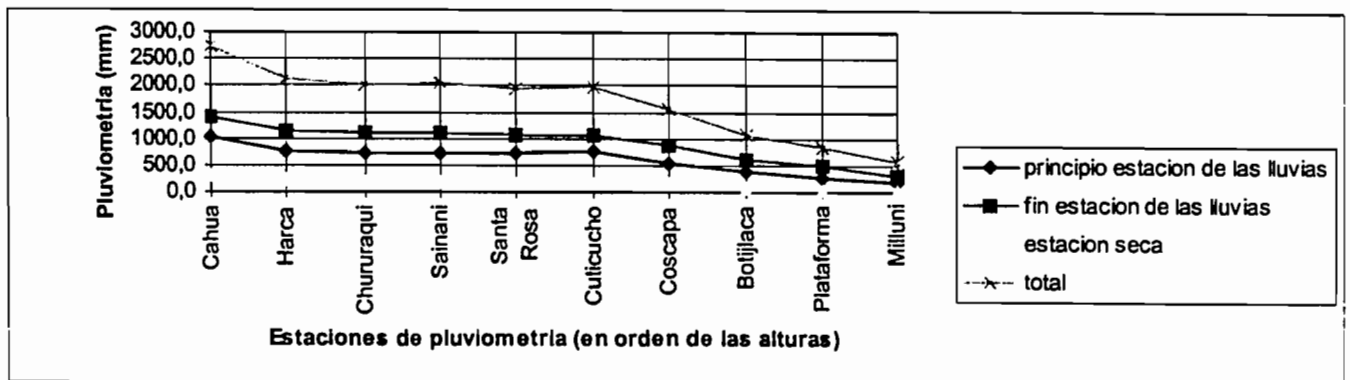


Figura 11 : Valle Zongo : Pluviometrias medias anual, principio y fin de la estación de las lluvias, estacion seca

Los cálculos son conducidos a escala mensual, luego calculamos los promedios sobre el año hidrológico y los 3 periodos cuatrimestrales: comienzo de la época de lluvias (septiembre a diciembre), fin de época de lluvias (enero a abril) y época seca (mayo a agosto) de un mismo año hidrológico (septiembre a agosto).

La figura 12 presenta año por año los resultados obtenidos, comparados con el valor promedio anual del SOI (ultima columna de cada año con valor del SOI). Se nota una cierta correlación entre los SOI negativos y las precipitaciones deficitarias, como entre los SOI positivos y las precipitaciones excedentarias. Pero si esto es particularmente claro para El Niño 1982-83 o La Niña 1973-74 no es tan evidente para los otros El Niño o La Niña. Para los años El Niño 1982-83, 1986, 87, 1991-92 y 1997-98, podemos ver que la teoría esta bien verificada para ambos El Niño del siglo, pero no para los otros 2. En esta figura aparece también que el déficit de precipitación esta marcado sobre todo, para las estaciones de altura y va sombrearse en cuanto las altitudes bajen para volverse un excedente de las estaciones río abajo. Esta última observación aplicándose más fuerte a El Niño fuertes que a los otros.

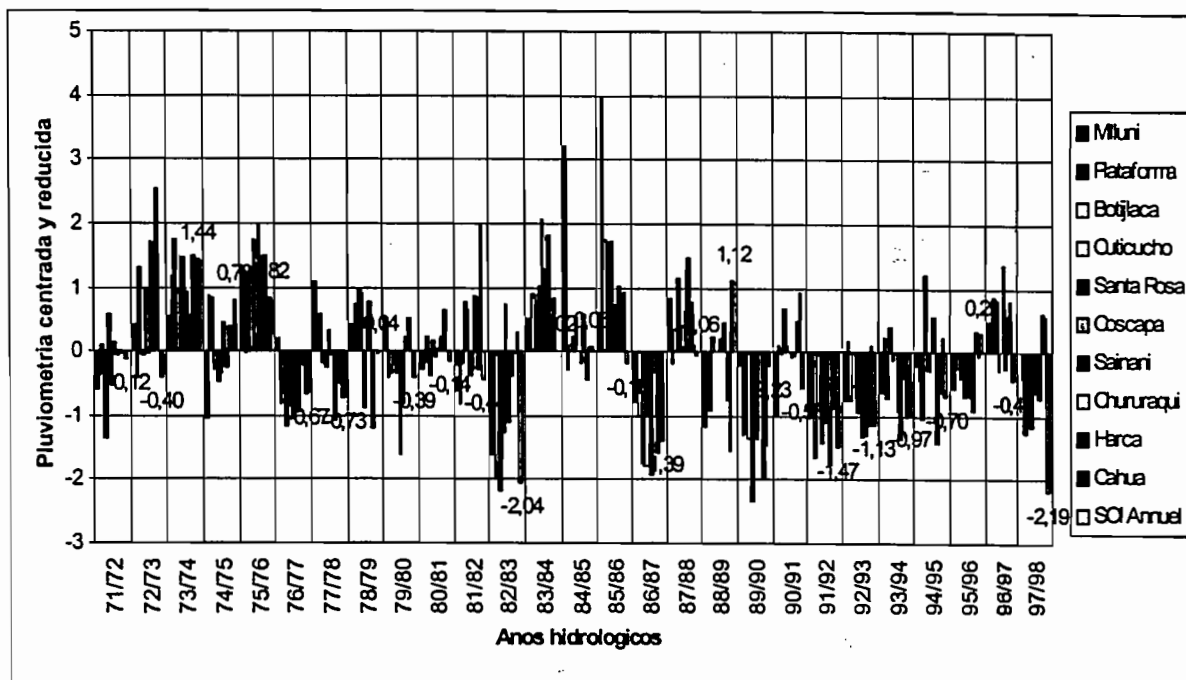


Figura 12 : Pluviometría centrada y reducida por años hidrológicos (septiembre a agosto)

Así pues, detallaremos esas observaciones con los períodos cuatrimestrales anunciados.

Inicio de la época de lluvias (septiembre a diciembre)

La figuras 13 muestra que al inicio de la estación de lluvias la correlación entre El Niño y el déficit de precipitación no es muy fuerte. Para los eventos excepcionales 1982-83 y 1997-98 podemos ver que las precipitaciones son casi nada deficitarias en las estaciones de altura y excedentarias en las estaciones más bajas. Solo el año 1991-92 muestra un déficit fuerte. La figura 13 muestra también que a excepción del episodio 1975-76, y mucho menos claro del episodio 1996-97, las fases de La Niña tienen una correlación débil con un exceso de precipitación al inicio de la época de lluvias

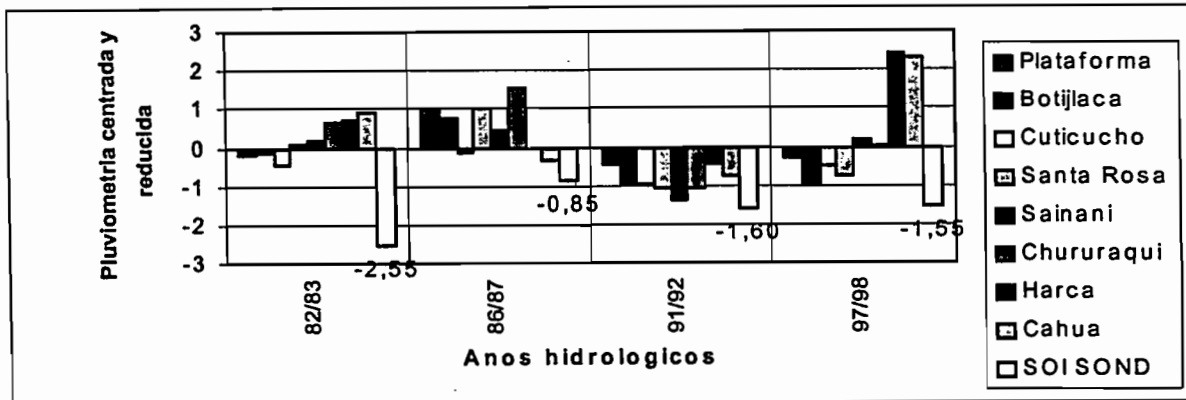


Figura 13 : Pluviometría centrada y reducida (septiembre a diciembre)

Fin de la época de lluvias (enero a abril)

La figura 14 muestra correlaciones más satisfactorias : en 1982-83, 1986-87, 1991-92 (y curiosamente mucho menos claro en 1997-98) el fin de la época de lluvias de estos periodos El Niño con SOI muy negativos es claramente deficitario. Salvo en 1982-83 casi no se observa una disminución del déficit con la bajada de altura, indicada por el examen de datos anuales. En 1973-74 y menos claro en 1988-89, los episodios La Niña están asociados a excesos de precipitación, en general más intensos en la parte baja del valle que sobre los relieves.

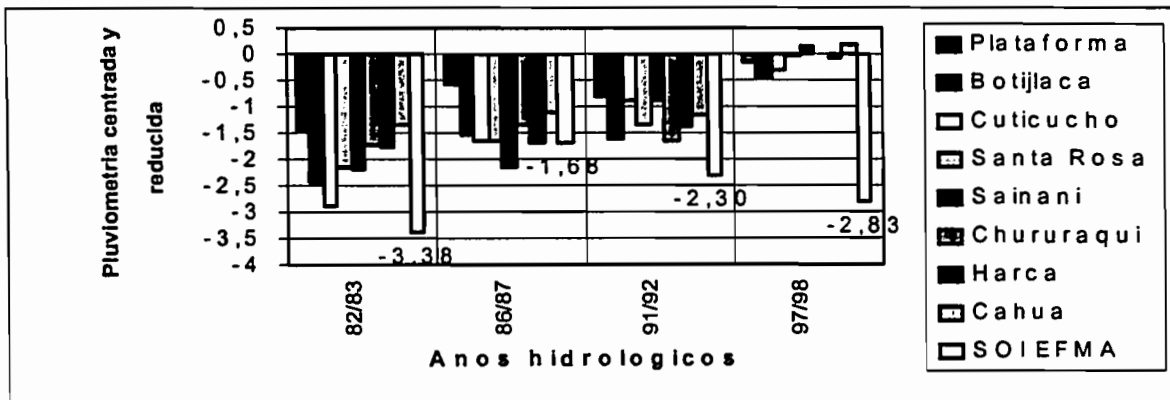


Figura 14 : Pluviometría centrada y reducida (enero a abril)

Epoca seca (mayo a agosto)

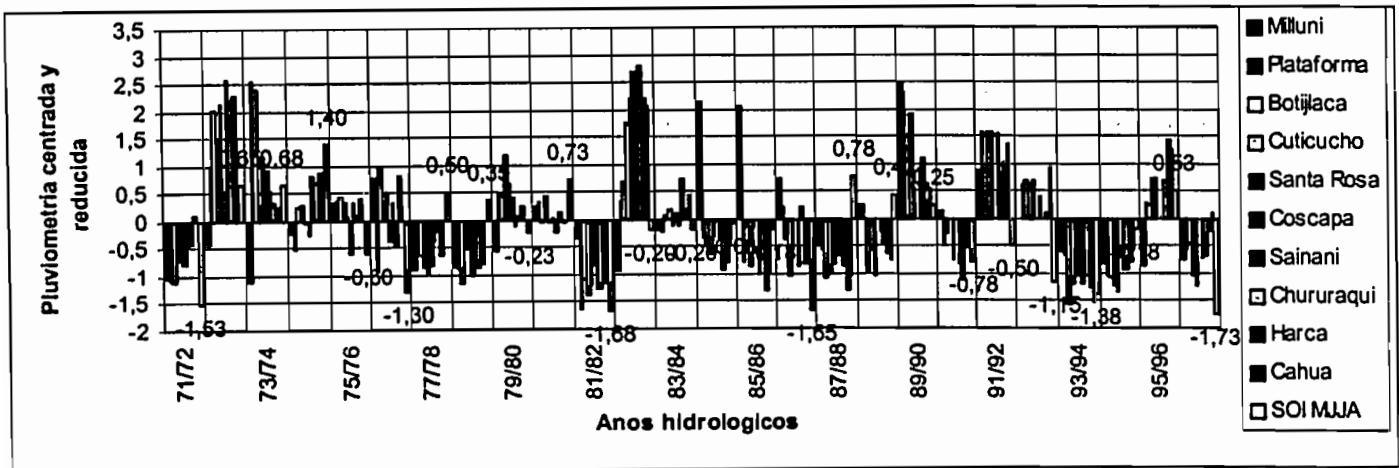


Figura 15 : Pluviometría centrada y reducida (mayo a agosto)

La figura 15 muestra que todos los eventos de tipo El Niño (1971-72, 1981-82, 1986-87, 1993-94 y 1996-97) están asociados a fuertes déficits de precipitación en estación seca, salvo en 1991-92. Habría que poner atención a la cronología de la aparición de los SOI negativos: a medida que vayan apareciendo tarde o temprano, la estación seca será deficitaria (mayo a agosto 1982) o excedentaria (mayo a agosto 1983), después del periodo intenso de los SOI negativos de septiembre 1982 a abril 1983. Esta situación se vuelve a encontrar de mayo a agosto 1997 muy deficitaria, pero nada ha dicho aún que el periodo mayo a agosto 1998 será excedentaria como en 1983... Los episodios La Niña con fuertes SOI positivos tienen correlaciones débiles con los excesos de precipitación, salvo en la única excepción del episodio 1972-73.

Los resultados de este análisis son por lo menos contrastados

- Podemos decir que los fuertes El Niño están casi asociados a precipitaciones mucho más deficitarias río arriba del valle, esta señal parece disminuir de intensidad hacia río abajo. Vale más para el fin de la época de lluvias más que para su inicio, y la interpretación para la época seca es complicada para la cronología.
- En cambio los episodios La Niña tienen correlaciones débiles con los excesos o los déficits de pluviometría, los déficits ganando más frecuentemente al inicio de la época de lluvias.

4)- Influencia de El Niño sobre los escurrimientos del valle de Zongo

Con el apoyo esencial de la COBEE, el ORSTOM ha instalado progresivamente sobre río arriba del valle de Zongo estaciones limnigráficas controlando los escurrimientos finales de los principales glaciares del cerro Huayna Potosí. Nos interesaremos aquí sobre los canales

« Prado », emisario del glaciar Charquini al este, y « Tubo Zongo », emisario del glaciar Zongo al oeste.

La figura 16 muestra la distribución de estos glaciares cuyo parte de congelamiento a evolucionado fuertemente en el curso de los últimos 40 años. Hoy en día, un 70 % de la cuenca vertiente del canal de Zongo esta aún congelada, mientras que la cuenca vertiente del canal Prado no esta más que un 10% aproximadamente. La reconstitución de los escurrimientos de los canales Prado y Zongo, que es posible gracias a la intercompa ración de las observaciones de los lectores de la COBEE desde 1973 y de los limnógrafos del ORSTOM desde 1991, muestra un comportamiento muy diferente a los 2 canales durante los episodios El Niño y La Niña.

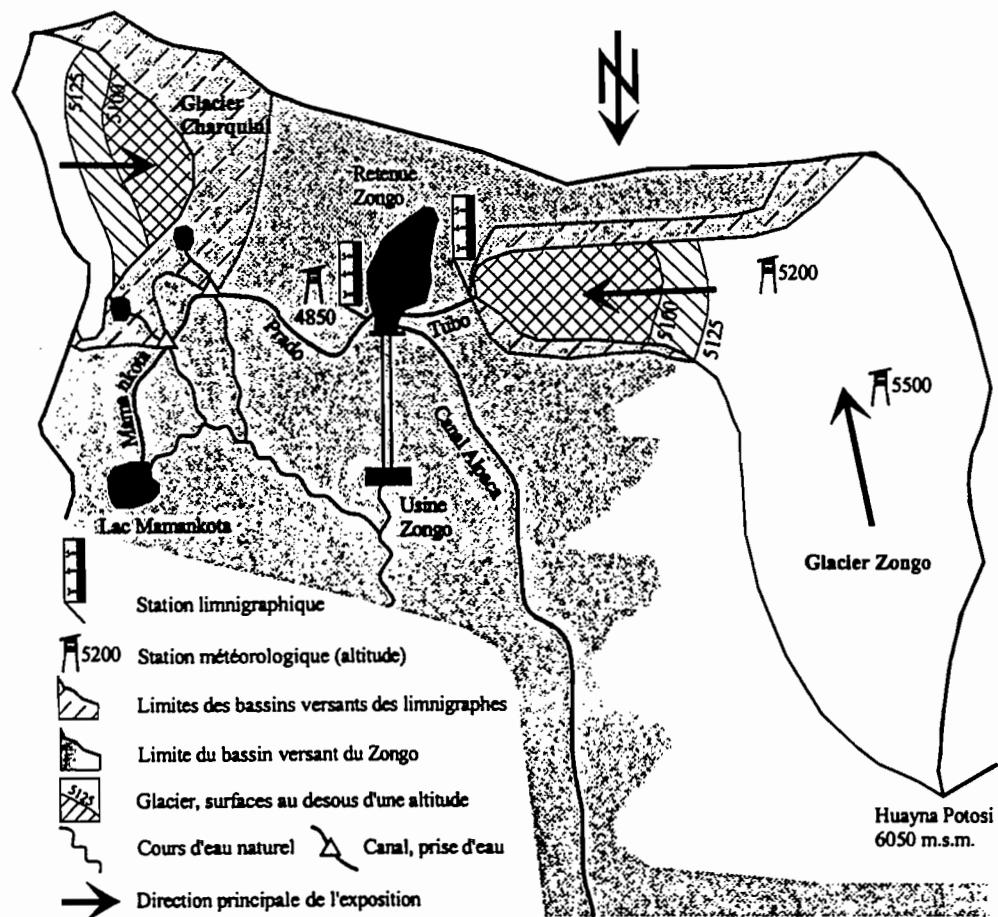


Figura 16 : Glaciares Zongo y Charquini

La figura 17 donde hemos vuelto a llevar los caudales promedios mensuales de los canales Prado y Zongo desde 1973 frente a los valores mensuales alisados del SOI es ya significativa, puesto que vemos que los caudales del Zongo son mucho más fuertes luego del episodio EL Niño 1982-83, mientras que los caudales del Prado son al contrario mucho más débiles que lo normal.

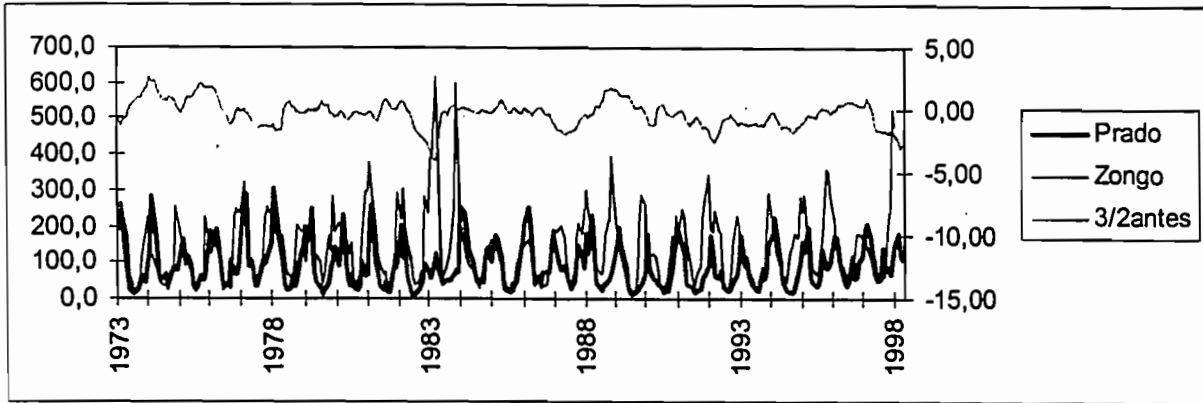


Figura 17 : Caudales de los canales Zongo y Prado, versus los valores del SOI

Este comportamiento en oposición de los canales drenando los glaciares Prado y Zongo es todavía más visible sobre la figura 18 donde figuran los promedios resbaladizos sobre 12 meses de los caudales mensuales de los canales Zongo y Prado, así como el SOI alisado también sobre 12 meses. Esta vez los caudales del canal de Zongo aparecen claramente en oposición de fase con el SOI, mientras que los caudales del canal Prado están al contrario en fase con el SOI. Esto es particularmente visible en 1982-83.

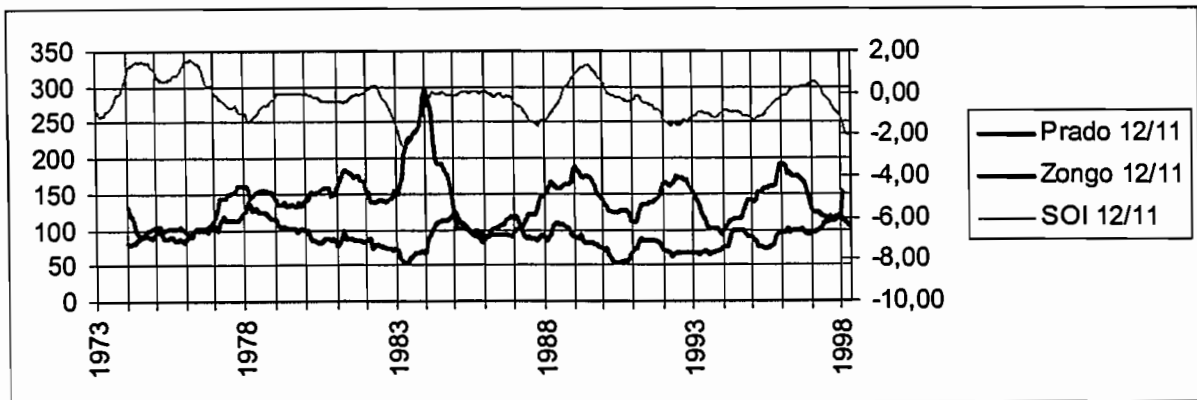


Figura 18 : Caudales de los canales Prado y Zongo, versus los volores alisados del SOI

La explicación de esta oposición del funcionamiento de los 2 canales, y entonces de los 2 cuencas, proviene de sus niveles de congelamiento muy diferentes.

- En periodo El Niño, particularmente en 1982-83, las precipitaciones son deficitarias. Sobre las cuencas vertientes poco congeladas, como la del glaciar Charquini (10%), que drena el canal Prado, el escurrimiento es deficitario, ya que se produce sobre todo por chorreo o el derretimiento de las caídas de nieve, más que por el deshielo del glaciar mismo.
- En el caso de una cuenca fuertemente congelada como el glaciar de Zongo (70%), la falta de escurrimiento causado por la disminución de las caídas de lluvias y de nieve es más que compensada por el deshielo acelerado del glaciar que causan las fuerte elevaciones de temperatura del aire (aproximadamente + 2⁰C en 1982-83 y 1997-98) asociadas también a los eventos El Niño.

En el evento El Niño 1997-98 se habrá visto sobre el emisario del glaciar Zongo algunos caudales máximos extraordinarios. Hasta ahora, los caudales máximos habían sido alcanzados en febrero 1983 (caudal promedio mensual de 6181 l/s y octubre 1983 (caudal promedio mensual de 597 l/s). En 1997 y 1998, estos caudales han sido claramente dejados atrás, puesto que podemos notar los caudales máximos diarios de 923 l/s el 28/10/1997 y 961 l/s el 5/12/1997 con un caudal máximo instantáneo de 1050 l/s hacia 14h30 el mismo día.

Conclusión

Las observaciones de las precipitaciones en las estaciones de COBEE del valle Zongo, así como las observaciones hidrológicas sobre 2 glaciares de la cabecera de valle, han permitido poner en evidencia los impactos variables y contrastados, río arriba del valle hacia su aval, causados por la circunstancia del episodio El Niño o La Niña.

Agradecemos a la COBEE, a sus ingenieros y sus dirigentes, por su excelente cooperación y la precisión de sus datos que han permitido la puesta en evidencia de los efectos de los eventos El Niño y La Niña sobre la hidraulicidad del valle.



MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

SEMINARIO EL FENOMENO DE EL NIÑO EN BOLIVIA EVALUACION, BALANCE Y PERSPECTIVAS



DIRECCION GENERAL DE PLANIFICACION Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL - INE - ALT - SENADECI
GOBIERNO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE LA PAZ
FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA
SINSAAT

3, 4 Y 5 DE JUNIO DE 1998
LA PAZ - BOLIVIA

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA
E HIDROLOGIA
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA**

SEMINARIO

**EL FENOMENO EL NIÑO EN BOLIVIA
EVALUACION
BALANCE Y PERSPECTIVAS**

COORDINADOR:

**REYNALDO MALDONADO R.
METEOROLOGO
JEFE DE DEPARTAMENTO**

ORGANIZADOR:

**HUBERT GALLARDO C.
METEOROLOGO
JEFE DE DIVISION**

PRESENTACION

En 1997-1998 Bolivia experimentó nuevamente los efectos del fenómeno El Niño. En esta oportunidad se desarrollaron una serie de actividades orientadas hacia la previsión y mitigación de sus efectos que han puesto a prueba tanto los conocimientos disponibles como las instituciones encargadas de hacer frente a tales eventos.

Pero mas allá de la necesaria acción inmediata, este episodio climático a constituido la oportunidad para proceder a un balance científico sobre las variaciones del clima en Bolivia y sobre la capacidad institucional del país para enfrentar los riesgos correspondientes.

En este sentido, con el apoyo de la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.)y del IRD (Ex ORSTOM) de la cooperación francesa, el SENAMHI y la Dirección General de Ordenamiento Territorial del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación han organizado del 3 al 5 de junio de 1998 en La Paz, un taller cuyos resultados están plasmados en la presente publicación.

Tanto la diversidad de los temas tratados como la calidad de los textos proporcionados, permiten afirmar, sin lugar a dudas, que se trata de un aporte de suma importancia para fundamentar las estrategias de desarrollo sostenible de Bolivia.

Ing. Carlos Díaz
DIRECTOR NACIONAL SENAMHI

Dr. Daniel Dory
DIRECTOR GENERAL DE PLANIFICACION
Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
MINISTERIO DE DESARROLLO SOTENIBLE Y PLANIFICACION

Dr. Bernard Pouyaud
DIRECTOR DEL IRD