

## **San Calixto de La Paz : las lluvias y las fases de la Oscilación Austral durante cerca de un siglo**

Josyane RONCHAIL, Case 7001, GHSS et CNRS-LMD, Université de Paris-VII,  
2 place Jussieu, 75251 Paris cedex 05, France. E-mail : ronchail@cicrp.jussieu.fr

Alain GIODA, ORSTOM y SENAMHI, Casilla Postal 2352, Cochabamba, Bolivia  
Telf : 591-4-247033, Fax : 591-4-256321, E-mail : gioda@maconlinebbs.com

### **Introducción**

Este trabajo intenta llenar una laguna, ya que las observaciones climatológicas en Bolivia en una perspectiva temporal son de dos tipos: sea puramente cualitativas por estar basadas en las crónicas españolas desde el siglo XVI y útiles para la elaboración de una historia del clima (Gioda y Prieto, 1997; 1998), sea cuantitativas, con datos meteorológicos homogéneos y bien distribuidos en el espacio pero limitados en el tiempo al periodo reciente 1950-1992 (Ronchail, 1995; 1998). Lo esencial de la red de las estaciones pluviométricas fue instalado en los años 1930-40 bajo la dirección de Ismael Escobar (1943). El observatorio de San Calixto es la estación meteorológica más antigua del país con más de un siglo de datos cuantitativos. Permite hacer el vínculo temporal entre el enfoque histórico y las observaciones del periodo moderno.

### **1. El observatorio meteorológico de San Calixto**

La estación de San Calixto se encuentra en el centro histórico de La Paz. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: longitud 68°07'571" O.; latitud 16°29'431" S.

La altitud de San Calixto es de 3 658 m, lo que la ubica aproximadamente 350 m más abajo de la región del Altiplano más próxima, El Alto. A partir de esta constatación, es imposible afirmar que San Calixto es una estación meteorológica representativa del Altiplano. La estación pertenece plenamente al dominio de altos valles andinos que alimentan la cuenca amazónica (Escobar, 1948).

Las observaciones en San Calixto comenzaron en enero de 1891 y deben ser consideradas como una contribución de los jesuitas al desarrollo científico de Bolivia, el país que acoge a estos religiosos desde la independencia (Segaline Nieto y Cabré, 1988). La serie está completa hasta la

fecha, salvo el período marzo 1894-diciembre 1897. Durante esos cuarenta meses de 1 mes del siglo XIX, las observaciones se perdieron o nunca se efectuaron (Escobar, 1948). Lamentablemente, en este lapso de tiempo se produjo en 1896 un fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation).

Apenas desde hace poco tiempo disponemos del conjunto de observaciones (*Cuadro 1*) y particularmente de las más antiguas, las del período 1891-1894 (Escobar, 1948) que complementan las de Descottes (1949) que van de 1898 a 1906. Sabiendo de la laguna de las observaciones entre 1894 y 1897, hemos preferido trabajar a partir de los datos publicados por el Padre Descottes luego por Segaline Nieto y el Padre Cabré (1988) que cubren todo el período 1898-1985, es decir 88 años de observaciones continuas. La inclusión de los años más recientes en la serie requiere aún un control de los datos a causa de las alturas de lluvias *a priori* anormalmente elevadas (a menudo más de 1 000 mm/año) reunidas en San Calixto entre 1988y 1993.

## **2. Lluvias anuales y Índice de Oscilación Austral**

La *figura 1* muestra la relación entre las precipitaciones anuales de San Calixto (año hidrológico de septiembre a agosto) y el Índice de Oscilación Austral (IOA) medido por la diferencia de presión centrada y reducido entre Tahiti (Polinesia francesa) y Darwin (norte de Australia).

A los IOA muy negativos (valores iguales o inferiores a  $-0,5$ ) que definen los episodios ENSO corresponden precipitaciones deficitarias en 1918-19, 1939-40, 1965-66, 1982-83, etc., lo que es igualmente admitido por los científicos (Caviedes, 1984 ; Thompson *et al.*, 1984 ; Francou y Pizarro, 1985 ; Aceituno, 1988). No obstante en estas mismas condiciones de IOA fuertemente negativas, se observa también anomalías pluviométricas positivas (1904-05, 1940-41, 1976-1977).

Asimismo, a los IOA de valores muy positivos (iguales o superiores a  $0,5$ ) que define los fenómenos LNSO (La Niña-Southern Oscillation) corresponden sea lluvias excedentarias (1928-29, 1973-74, et.), como lo subrayan Tapley y Waylen (1990), Caviedes y Waylen (1991), Aceituno y Garreaud (1995), sea episodios de sequías como los años 1949-50, 1955-56y 1970-71 (Ronchail, 1998).

De manera general, la correlación lineal entre los IOA y los totales anuales de precipitaciones de San Calixto es cercana a cero, indicando la ausencia de relación entre las dos variables. Esta constatación confirma las que se hicieron en las costas del desierto de Atacama del norte chileno (Ortlieb, 1995) y a escala de toda Bolivia (Ronchail, 1998).

## **3. Puesta en evidencia de déficits pluviométricos en período ENSO y LNSO**

El análisis compuesto es utilizado para reconstituir un evento medio, al paso de tiempo mensual, durante los dos años civiles en los cuales se desarrollan los eventos ENSO o LNSO.

Los fenómenos ENSO retenidos son los siguientes: 1904-05, 1911-12, 1912-13, 1918-19, 1923-24, 1925-26, 1939-40, 1940-41, 1941-42, 1951-52, 1952-53, 1957-58, 1965-66, 1969-70, 1972-73, 1977-78 y 1982-83. Los episodios LNSO considerados son: 1903-04, 1909-10, 1916-17, 1917-18, 1924-25, 1928-29, 1938-39, 1949-50, 1950-51, 1955-56, 1970-71, 1973-74, 1974-75 y 1975-76.

Los años ENSO (o LNSO) son aquellos en los cuales el IOA anual es inferior (o superior) a una media diferencia-tipo. Son los repertoriados por Ropelewski y Halpert (1996) y no los de Quinn (1993).

La *figura 2a* muestra que las diferencias mensuales entre las lluvias de los años ENSO y las de los años normales, es decir las que no son ni ENSO ni LNSO, no son significativas sino en marzo, es decir al final de la estación de lluvias, según el test de Student. En promedio, el déficit pluviométrico es de 20 mm, es decir cerca de 30% de las lluvias reunidas en marzo (72 mm). No obstante, las lluvias de los meses anteriores son también deficitarias en año ENSO: diciembre, enero y febrero indican en promedio déficits de 10 a 15 mm (10 a 15% de los totales pluviométricos de estos meses).

Estas conclusiones siguen siendo en parte válidas si se excluyen de la muestra los años en 105 cuales el IOA medio fue inferior a una diferencia-tipo y que son los años cuando 105 ENSO fueron muy fuertes: 1939-40, 1940-41 y 1982-83 (*Figura 3a*).

De manera sorprendente puesto los oceanógrafos y los climatólogos describen condiciones de circulación opuestas, el análisis compuesto de los eventos LNSO (*Figura 2b*) da resultados muy similares de los descritos durante fases ENSO. En promedio, las lluvias son también deficitarias durante la estación de lluvias LNSO y el periodo anormalmente seco es aún más largo durante la habitual estación lluviosa. En efecto, la sequía dura de noviembre a abril con déficits significativos en marzo y abril (-30% en promedio en estos meses). Un excedente pluviométrico de 15 mm es registrado en enero pero no representa sino el 15% suplementario en relación a las alturas de las lluvias normales.

Las diferencias entre las precipitaciones de los periodos ENSO y LNSO<sup>4</sup> son mínimas y no significativas salvo justamente durante los meses de enero y abril (*Figura 2c*). El conjunto de estas observaciones explica la ausencia de correlación sobresaliente entre las precipitaciones anuales y IOA ya que las fases de la Oscilación Austral, El Niño y La Niña, están asociadas a lluvias deficitarias en la segunda parte de la estación de lluvias (de febrero A+1 a marzo A+1). Esto nos conduce a analizar el comportamiento de la variable lluvia durante periodos que sobrepasan la duración mensual y que serían susceptibles de integrar mejor los fenómenos ENSO y LNSO. Estos últimos se desarrollan en varios meses y sus consecuencias pueden hacerse sentir con cierto retraso después de su aparición.

#### **4. Variabilidad de los déficits pluviométricos**

La diferencia es significativa según el test de Student entre los totales pluviométricos de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (DEFM) de los años ENSO y entre estos de los años normales. Llueve en promedio 56 mm menos en DEFM durante años ENSO (348 mm contra 404 mm), de donde resulta un déficit de 14%.

La situación es similar durante años LNSO entre los totales de noviembre, diciembre, febrero, marzo y abril (NDFMA) y de los años normales. Durante estos 5 meses, llueve en promedio 70 mm menos (293 mm contra 364), es decir un déficit de casi 20% durante las fases LNSO.

No obstante, en todos los casos ENSO o LNSO, la variabilidad del déficit es muy fuerte de un año al otro (*Cuadro 2*). Así en la fase ENSO, del conjunto de los 18 casos conocidos, 8 veces el déficit fue superior a 20% y alcanzó casi 50% en 1939-40 y 1982-83. En fase LNSO, de 14 casos, 13 corresponden a déficits pluviométricos: entre 2 y 54% menos que el promedio. Finalmente, en

1928-29, el excedente de lluvias fue de 14% durante una LNSO.

Los valores de los déficits pluviométricos son independientes de los del IOA (*cf Cuadro 2*). A modo de ejemplo, la comparación siguiente es elocuente: ambos asociados a déficits pluviométricos equivalentes, los valores de IOA de los años ENSO 1939-40 (-0,7) y 1982-83 (-2,88) son muy diferentes.

## **5. Los años ENSO o LNSO no son siempre los más secos**

En el *cuadro 3*, los totales pluviométricos de los periodos lluviosos característicos, DEFM correspondientes a la fase ENSO y NDFMA correspondientes a LNSO, son presentados en orden creciente.

De una muestra de los 18 ENSO identificados de 1898 a 1985, 11 presentan lluvias inferiores a la media y 8 corresponden a alturas de precipitaciones inferiores al primer cuarto estadístico.

Esto se verifica igualmente en los años LNSO. 11 de 14 veces las precipitaciones de NDFMA son inferiores a la media. 6 veces son incluso inferiores al primer cuarto estadístico.

No obstante, importantes totales, superiores al tercer cuarto estadístico, pueden ser reunidos sea en fase ENSO sea en fase LNSO. Finalmente, muchos periodos secos se produjeron en los años normales, es decir fuera de las fases ENSO o LNSO, del tal manera que, en 1936 cuando el déficit de lluvias fue de 42% en relación a la media pluviométrica a pesar de un IOA positivo de +0,48.

## **Conclusión**

Los resultados obtenidos en San Calixto de La Paz, una estación meteorológica de larga duración de observaciones con 88 años tomados en consideración (1898-85), son coherentes con los del conjunto de los Andes bolivianos. Es una zona donde las mediciones pluviométricas de calidad no se remontan más allá de 1950 salvo excepciones (Gioda y Prieto, 1997; Ronchail, 1998). En general, los déficits en San Calixto del corazón de la estación de lluvias (diciembre-enero-febrero-marzo), durante fases ENSO (El Niño Southern Oscillation), y los observados en noviembre-diciembre-febrero-marzo-abril, durante episodios LNSO (La Niña-Southern Oscillation), se encuentra en otras partes en Bolivia, en un periodo de observaciones dos veces más corto (1950-92 o sea 43 años).

Sin embargo, más raramente los fenómenos ENSO y LNSO pueden estar asociados a estaciones de lluvias excedentarias pero también se pueden producir sequías en años normales, es decir fuera de toda anomalía del Índice de Oscilación Austral (IOA) del Pacífico.

En la historia, la variabilidad del impacto pluviométrico de un El Niño a otro es conocida desde el siglo XVI. En el Altiplano boliviano y el noroeste argentino actuales, las sequías coinciden con la aparición de El Niño en 40% de los casos entre 1580 y 1641. Luego, entre 1663 y 1710, el resultado es inverso ; fuertes lluvias están asociadas a las fases ENSO en 45% de la muestra y solamente 1% de las sequías (Prieto y Herrera, 1992; Gioda y Dory, 1997). Muchos episodios secos fueron señalados en la historia colonial por el cronista de Potosí, Bartolomé Arzáns entre 1545 y 1737, así como por el gobernador Francisco de Viedma en Cochabamba entre 1784 y 1808, sin que sea posible vincularlos a cualquier ENSO (Gioda y Dory, 1998).

Ahora, la próxima etapa sería explicar porqué las dos fases de Oscilación Austral del Pacífico,

ENSO y LNSO, dan generalmente déficits pluviométricos casi idénticos en los Andes de Bolivia cuando tienen un impacto climático.

### Agradecimientos

La búsqueda de la bibliografía y de los datos fue facilitada por Itala de Mamán (Archivo Histórico, Cochabamba), René Arze (ex-ABNB, Sucre), Padre Cerdá, s.j., Padre José María Lop, s.j. (San Calixto, La Paz), Carlos Fernández Jáuregui (Unesco-Montevideo) y David Kerëmba Mamani (Consejo de Capitanes Guaranies de Chuquisaca, Sucre). Finalmente, este trabajo está dedicado a la memoria de aquellos sin los cuales los datos de San Calixto nunca hubieran sido registrados ni preservados: los jesuitas Pedro Descottes, Esteban Tortosa y Ramón Cabré.

### Bibliografía

- ACEITUNO, P. 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part 1: surface climate. *Monthly weather Review*, 116 : 505-524.
- ACEITUNO, P., GARREAUD, R. 1995. Impacto de los fenómenos El Niño y La Niña en regímenes pluviométricos andinos. *Revista Chilena de Ingeniería Hidráulica*, 10: 33-43.
- CAVIEDES, C.N. 1984. El Niño 1982-83. *Geographical Review*, 74: 268-290.
- CAVIEDES, C.N. WAYLEN, P.R. 1991. Chapters for a climatic history of South America *Beitrag zur regionalen und angewandten Klimatologie, Freiburger Geographische Hefte, Freiburg:149-180.*
- DESCOTTES, P., S.J. 1949. El periodo anual de lluvias en La Paz. *Boletín de la Sociedad Geográfica de La Paz*, 54(70): 37-40.
- ESCOBAR V., I. 1943. El Servicio Meteorológico y su desarrollo actual. *Revista de Agricultura, Ganadería y Colonización (La Paz)*, 4 : 73-77
- ESCOBAR V., I. 1948. Consideraciones sobre las lluvias en la ciudad de La Paz. *Revista de Meteorología de Montevideo (Junta N. de Meteorología)*, 26 : 75-97.
- GIODA, A., DORY, D. 1997. ¿Qué se sabe de El Niño en Bolivia? *Facetas*: 4-5. In: *El Correo del Sur (Sucre) & Los Tiempos (Cochabamba)*, 2 de Noviembre.
- FAANCOU, B., PIZARRO, L. 1985. El Niño y la sequía en los alto Andes Centrales (Perú y Bolivia). *Bull. Inst. fran. Etudes andines (Lima)*, 14(1-2): 1-18.
- GIODA, A. & DORY, D. 1998. El Niño, Bartolomé Arzáns et Francisco de Viedma. *Facetas*: 8-9. In: *El Correo del Sur (Sucre) & Los Tiempos (Cochabamba)*, 8 de Marzo.
- GIODA, A., PRIETO, M.R. 1997. Para una historia del clima y del ambiente en los Andes centrales. In: *Anuario 1997. Arze R. et al. (eds.), Archivo y Biblioteca Nacionales de Bolivia, Sucre : 403-422.*
- GIODA, A., PRIETO, M.R. 1998. El Niño historiques et Petit Age Glaciaire dans les Andes tropicales séches. *Bull. Inst. fran. Etudes Andines, sous presse.*
- ORTLIEB, L. 1995. Eventos El Niño y episodios lluviosos en el desierto de Atacama: el registro de los últimos dos siglos. *Bull. Inst. fran. Etudes Andines*, 24 : 519-537.
- PRIETO, M.R., HERRERA, R.G. 1992. Las perturbaciones climáticas de fines del siglo XVIII en el área andina. In: *Proyecto NOA (Noroeste argentino). Junta de Andalucía, Sevilla, 1: 7- 35.*

- QUINN, W.H. 1993. The large-scale ENSO events, the El Niño and other important regional features. Bull. Inst. fran. Etudes Andines, 22:13-34.
- RONCHML, 3.1995. Variabilidad interanual de las precipitaciones en Bolivia. Bull. Inst. fran. Etudes Andines, 24 : 369-378.
- RONCHAIL, 3.1998. Variabilité pluviométrique lors des phases extremes de l'Oscillation Australe du Pacifique en Bolivie (195~1993). Bulí. Inst fran. Etudes Andines, sous presse.
- ROPELEWSKI, C.F., RALPERT, M.S. 1992. Quantifí-ing Southern Oscillation-precipitation relationships. Journal of Climate, 9:1043-1059.**
- SEGALINE NIETO, H., CABRÉ, R., S.J. 1988. El clima de La Paz. Datos del Observatorio San Calixto. Bodas de diamante:1913-1988. Observatorio San Calixto, La Paz, 80 p.
- TAPLEY, T.D., WAYLEN, P.R. 1990. Spatial variability of annual precipitation and ENSO events in Western Peru. Journal des Sciences Hydrologiques, 35 :429-446.
- THOMPSON, L.G. MOSLEY-THOMPSON, E., ARNAO, B. 1984. El Niño.Southern Oscillation events recorded in the stitigraphy of the tropical Quelccaya ice cap, Peru. Science, 226: 50-53.**

### Anexo

Los datos de San Calixto varían un poco según los autores (Escobar [E], 1948 ; Descottes [D], 1949 ; y Segaline Nieto y Cabré [5], 1988). Es fácil excluir los datos dudosos de los años 1940 de Escobar que se refieren a otro asiento en la ciudad de La Paz, según Descottes. En cambio, es difícil hacer un corte en los valores de los totales mensuales siguientes, expresados en mm:

- agosto 1902: .8.0 [D] ó 0.1 [E];
- septiembre 1904: 27.6 [D] ó 2.0 [E];
- noviembre 1904 : 48.1 [D] ó 6.6 [E];
- enero 1913 : 95.3 [E, D] ó 93.3 [S];
- mayo 1917 : 0.0 [E, D] ó 8.0 [5]; octubre 1918 : 40.4 [DJ ó 7.6 [E];
- diciembre 1918 : 96.4 [E, D] ó 56.4 [S];
- febrero 1926 : 90.3 [D] ó 90.2 [E, S];
- mayo 1927:12.2 [DJ ó 19.2 [E, S];
- octubre 1929 : 62.8 [E, D] ó 63.8 [S];
- octubre 1931: 20.0 [E, Di ó 20.2 [S];
- enero 1935:141.0 [D] ó 141.4 [E, S];
- julio 1935 : 6.8 [DJ ó 7.2 [E, S];
- marzo 1937 : 32.4 [E, Di ó 51.4 [S];
- marzo 1938 : 66.0 [E, D] ó 69.0 [S];
- octubre 1940: 23.0 [E, D] ó 33.0 [S];
- enero 1941:187.3 [E, Di ó 186.3 [S];
- septiembre 1941: 50.4 [E, D] ó 54.4 [S];
- enero 1942 : 98.7 [D] ó 98.6 [S];
- febrero 1942 : 90.5 [D] ó 90.7 [S];
- junio 1943:11.9 [D] ó 6.0 [S];
- noviembre 1944: 53.7 [DJ ó 57.7 [S];
- enero 1945 : 68.5 [DJ ó 69.2 [S];

- enero 1947: 151.4 [D] ó 161.1 [S];

Generalmente, entre los autores, las diferencias son mínimas y sobre todo no alteran los juicios expresados en este artículo. En el *cuadro 1*, los datos son en su mayoría de Descottes (1949) para el periodo 1898-1948.

Figura 1: Precipitaciones anuales centradas reducidas en San Calixto e Índice de Oscilación Austral (IOA) de 1891 a 1985. El año hidrológico va de septiembre a agosto.

**Figura 2: San Calixto de La Paz (1898-1985).**

- a) Diferencias mensuales entre lluvias de años ENSO y lluvias de años normales (definidas como ni ENSO ni LNSO) de 24 meses consecutivos, desde enero del año A que es el del comienzo del episodio oceánico anormal hasta diciembre del año A+1 que cierra el episodio. Las diferencias significativas, según el test de Student, con un riesgo de error inferior a 5%, aparecen en blanco. Si el riesgo de error está bajo 10%, las diferencias están en gris.
- b) Diferencias mensuales entre lluvias de años LNSO y lluvias de los años normales (definidas como ni ENSO ni LNSO) en 24 meses consecutivos, desde enero del año A que es el del comienzo del episodio oceánico anormal hasta diciembre del año A+1 que cierra el episodio. Las diferencias significativas, según el test de Student, con un riesgo de error inferior a 5%, aparecen en blanco. Si el riesgo de error está bajo 10% las diferencias aparecen en gris.
- c) Diferencias mensuales entre lluvias de años ENSO y lluvias de años LNSO en 24 meses consecutivos, desde enero del año A que es el del comienzo del episodio oceánico anormal hasta diciembre del año A+1 que cierra el episodio. Las diferencias significativas, según el test de Student, con un riesgo de error inferior a 5%, aparecen en blanco. Si el riesgo de error está bajo 10% las diferencias están en gris.

**Figura 3: San Calixto de La Paz 1898-1985).**

- a) Diferencias mensuales entre lluvias de años ENSO y lluvias de años normales (definidas como ni ENSO ni LNSO) en 24 meses consecutivos, desde enero del año A que es el del comienzo del episodio oceánico anormal hasta diciembre del año A+1 que cierra el episodio. La diferencia con respecto a la figura 2a) reside en el hecho que los años excepcionales con muy fuerte ENSO como 1939-40, 1940-41 y 1982-83 no son tomados en consideración. Las diferencias significativas, según el test de Student, con un riesgo de error inferior a 5%, aparecen en blanco. Si el riesgo de error está bajo 10%, estas diferencias están en gris.
- b) Diferencias mensuales entre lluvias de años ENSO y lluvias de años LNSO en 24 meses consecutivos, desde enero del año A que es el del comienzo del episodio oceánico anormal hasta diciembre del año A+1 que cierra el episodio. La diferencia con respecto a la figura 2c) reside en el hecho que los años excepcionales con muy fuerte ENSO como 1939-40, 1940-41 y 1982-83 no son tomados en consideración. Las diferencias significativas, según el test de Student, con un riesgo de error inferior a 5%, aparecen en blanco. Si el riesgo de error está bajo 10%, estas diferencias están en gris.

**CUADRO 1**

1924	49.4	108.6	16.2	19.2	19.7	6.0	0.0	0.2	13.7	27.0	9.9	86.2	356.1
1925	102.3	49.4	71.1	54.2	9.3	2.1	12.4	4.5	1.4	23.6	34.6	85.5	450.4
1926	147.0	90.2	100.8	35.9	6.7	3.4	0.0	12.7	25.5	4.5	20.7	63.1	510.5
1927	125.3	99.0	83.8	23.9	19.2	10.6	1.3	15.5	20.9	42.0	38.8	143.0	623.3
1928	74.7	130.0	105.8	44.6	13.5	5.5	0.2	12.0	55.4	40.3	31.5	81.7	595.2
1929	108.3	178.5	99.5	22.3	10.2	7.9	25.8	9.3	11.2	62.8	70.9	64.4	671.1
1930	173.0	131.7	33.6	109.3	40.3	6.4	8.0	42.4	59.6	38.7	69.6	39.1	751.7
1931	243.7	76.8	100.2	43.3	0.0	3.3	0.0	1.7	42.7	20.0	21.4	83.3	636.4
1932	156.3	112.0	127.3	45.0	59.2	0.0	12.5	9.8	17.5	64.6	70.4	134.8	809.4
1933	148.8	144.5	68.8	15.5	13.3	0.0	5.4	3.3	13.4	32.5	7.5	83.8	536.8
1934	170.4	176.1	47.8	29.7	5.2	1.4	7.5	16.0	42.5	13.0	72.3	61.7	643.6
1935	141.4	48.5	61.1	2.6	0.6	5.4	6.8	0.4	88.7	18.5	43.7	72.7	490.4
1936	65.3	74.5	12.4	4.9	17.7	0.0	8.6	9.9	21.5	49.9	102.5	99.9	466.6
1937	161.5	75.5	32.4	17.1	10.0	0.3	4.8	4.9	11.9	29.2	9.6	102.6	459.8
1938	118.1	129.2	66.0	25.7	1.2	20.3	2.0	1.3	27.3	14.7	33.8	46.9	486.5
1939	106.7	58.8	70.1	34.6	14.5	0.0	11.8	64.2	10.7	22.6	50.4	112.1	556.5
1940	72.8	16.3	20.8	5.0	5.5	3.4	0.6	3.7	5.6	33.0	7.7	170.5	344.9
1941	187.3	94.9	33.0	51.7	7.6	9.1	0.0	0.0	50.4	38.8	61.2	69.3	603.3
1942	98.7	90.5	38.8	47.2	7.3	34.4	0.0	12.8	27.7	25.8	38.0	41.3	462.5
1943	88.6	88.4	31.9	69.0	36.8	6.0	0.0	7.8	6.0	26.5	65.1	109.0	535.1
1944	137.4	91.8	98.6	41.8	11.3	0.0	0.9	0.0	44.3	36.4	53.7	106.4	622.6
1945	68.5	66.1	95.0	18.6	0.0	0.0	12.2	8.0	44.3	62.1	91.3	70.9	537.0
1946	49.0	153.9	55.4	11.9	27.3	0.2	34.2	52.4	52.4	22.3	25.6	114.8	599.4
1947	151.4	164.7	45.6	28.1	12.4	0.1	8.4	2.0	36.9	37.8	31.7	25.5	544.6
1948	149.4	88.8	85.0	44.0	33.7	13.3	15.2	3.7	11.4	44.3	69.2	149.7	707.7
1949	142.4	68.8	59.1	28.5	0.5	25.0	0.3	9.6	54.7	45.4	62.5	23.8	520.6
1950	121.8	34.8	33.2	14.3	13.9	0.0	17.2	9.9	29.3	48.0	41.2	47.8	411.4
1951	150.6	87.1	48.9	21.0	2.6	0.0	0.0	19.0	11.2	65.0	32.7	78.8	516.9
1952	146.2	143.4	18.4	19.6	8.0	9.0	21.2	4.7	81.5	19.2	39.6	65.8	576.6
1953	195.7	80.7	28.8	22.0	1.0	6.4	0.0	16.0	10.0	55.5	73.9	113.5	603.5
1954	92.7	154.8	132.9	22.1	32.4	3.0	1.8	2.0	66.6	39.2	95.5	45.3	688.3
1955	118.1	76.3	134.4	24.9	10.5	4.9	8.0	10.9	41.3	48.4	18.4	108.5	604.6

CUADRO 1

1956	157.1	57.6	29.1	8.0	0.0	0.0	9.5	8.1	16.5	15.0	22.5	73.0	396.4
1957	120.2	128.6	74.6	52.8	8.0	25.3	0.0	5.7	21.1	51.9	64.9	94.9	648.0
1958	128.0	73.9	77.5	19.3	23.7	0.0	11.0	10.5	16.7	26.6	30.9	64.8	482.9
1959	89.9	106.6	134.6	38.7	28.0	3.7	0.0	6.8	31.3	23.2	33.4	101.7	597.9
1960	158.6	123.0	44.7	38.9	10.2	0.6	0.0	17.1	86.0	50.9	121.9	77.8	729.7
1961	102.2	120.6	46.4	56.3	18.4	1.0	0.0	4.1	46.7	29.3	46.7	128.7	600.4
1962	80.9	64.4	91.0	34.0	4.2	1.6	1.0	0.0	42.1	20.1	17.3	123.9	480.5
1963	147.3	100.6	73.5	47.6	11.1	2.5	0.0	7.8	57.7	25.7	31.4	92.0	597.2
1964	59.7	120.3	132.5	18.0	8.6	0.0	8.8	12.1	40.2	57.8	66.2	93.8	618.0
1965	210.0	106.1	82.1	29.7	11.3	0.0	4.0	2.7	15.6	18.9	79.7	90.5	650.6
1966	65.7	70.6	34.4	17.5	44.9	0.0	1.9	0.0	8.6	66.9	40.8	75.1	426.4
1967	49.5	84.7	79.9	13.9	13.8	0.8	18.3	22.7	46.6	55.2	15.1	125.2	525.7
1968	55.0	158.0	73.3	19.6	20.3	6.4	5.5	0.0	26.7	16.8	72.8	108.5	562.9
1969	130.9	64.3	60.3	19.3	4.2	2.3	6.6	3.6	6.1	17.5	29.4	58.7	403.2
1970	198.0	98.1	84.5	19.0	20.5	0.0	1.0	1.2	18.7	24.5	29.6	121.4	616.5
1971	97.4	129.7	12.7	16.7	1.4	8.3	0.0	6.4	0.9	45.1	41.0	85.4	445.0
1972	152.8	49.5	47.4	38.8	0.8	1.2	0.0	27.5	49.5	26.4	55.4	132.5	581.8
1973	137.9	115.3	83.4	34.7	4.0	3.5	28.9	12.7	48.5	26.5	45.0	86.7	627.1
1974	196.7	139.1	47.8	26.5	4.0	6.3	0.4	63.4	7.7	68.2	13.3	105.9	679.3
1975	168.9	111.1	106.9	19.0	14.3	3.9	0.0	4.8	36.5	19.5	28.5	103.5	616.9
1976	134.6	106.9	60.2	1.9	35.5	9.8	6.6	9.9	80.7	7.7	12.5	107.3	573.6
1977	56.8	146.7	185.1	1.8	11.9	0.1	23.1	8.6	28.2	37.4	99.7	12.4	611.8
1978	120.1	147.0	28.9	50.2	1.4	0.0	0.3	5.9	10.0	2.8	79.8	106.5	552.9
1979	161.6	83.9	137.2	18.8	4.6	0.0	7.6	1.3	18.5	93.9	68.7	138.4	734.5
1980	46.3	61.6	78.1	14.8	5.4	3.4	11.8	33.3	58.0	76.5	16.1	50.4	455.7
1981	160.2	182.3	74.1	12.3	4.2	0.0	0.0	26.7	50.8	70.3	31.3	42.9	655.1
1982	141.5	36.5	61.6	29.0	0.0	8.3	1.0	3.1	31.1	50.3	58.7	58.1	479.2
1983	78.9	28.4	48.9	33.7	22.1	8.8	10.4	14.5	35.1	20.6	10.8	92.4	404.6
1984	216.5	160.9	192.3	15.8	3.0	9.3	0.2	16.1	2.5	21.7	10.2	85.1	733.6
1985	119.2	128.4	54.8	69.0	5.7	17.2	0.3	2.1	52.7	29.4	96.3	120.2	695.3
1986	121.7	129.8	92.4	42.1	18.7	0.0	4.0	28.0	65.2	31.0	52.3	146.3	731.5

## CUADRO 2

### Précipitations de DJFM en phases ENSO

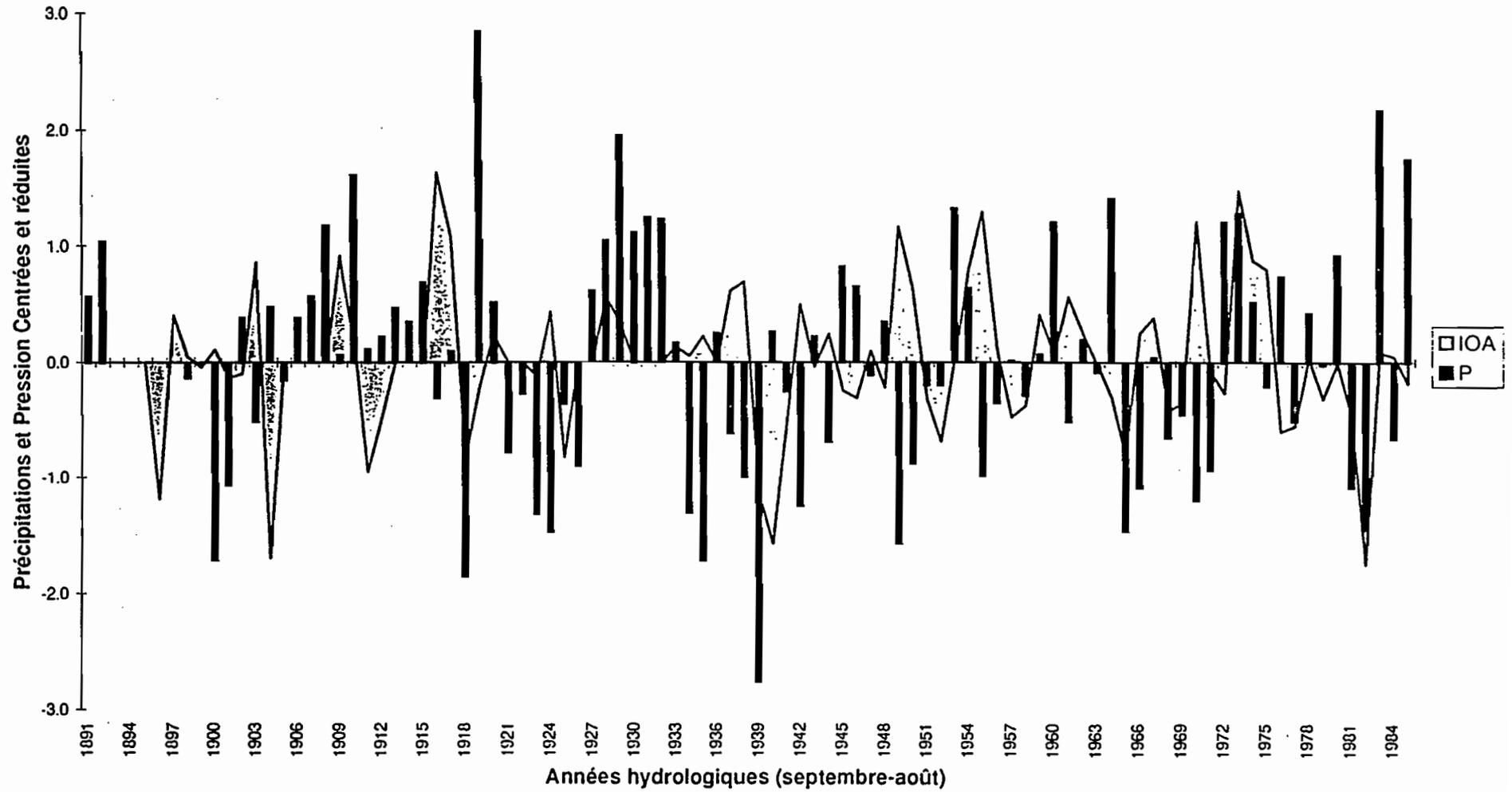
Années	IOA	P (mm)	%P
1899	-1.15	385	-5
1904	-1.35	434	7
1911	-0.98	315	-22
1912	-0.51	432	7
1918	-1.32	261	-35
1923	-0.09	253	-37
1925	-1.15	424	5
1939	-0.70	222	-45
1940	-1.83	485	20
1941	-0.91	298	-26
1951	-0.62	386	-4
1952	-0.81	372	-8
1957	-0.85	375	-7
1965	-0.83	262	-35
1968	-0.56	364	-10
1972	-0.83	469	16
1977	-1.27	308	-24
1982	-2.88	214	-47
<b>Moyenne</b>	<b>-1.04</b>	<b>348</b>	<b>-14</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0.60</b>	<b>84</b>	<b>20</b>
<b>Cdv</b>	<b>-0.58</b>	<b>0.24</b>	<b>-1.46</b>

### Précipitations de NDFMA en phases LNSO

Années	IOA	P (mm)	%P
1903	1.45	311	-15
1909	0.92	318	-13
1916	1.46	275	-24
1917	1.52	320	-12
1924	1.16	270	-26
1928	0.83	415	14
1938	0.74	245	-33
1949	1.03	169	-54
1950	0.86	246	-32
1955	1.12	222	-39
1970	1.74	311	-15
1973	1.92	346	-5
1974	0.51	356	-2
1975	1.21	302	-17
<b>Moyenne</b>	<b>1.18</b>	<b>293</b>	<b>-19</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0.40</b>	<b>62</b>	<b>17</b>
<b>cdv</b>	<b>0.34</b>	<b>0.21</b>	<b>-0.87</b>

FIGURA 1

Précipitations annuelles à San Calixto et Indice d'Oscillation Australe



**FIGURA 2 (a, b, c)**

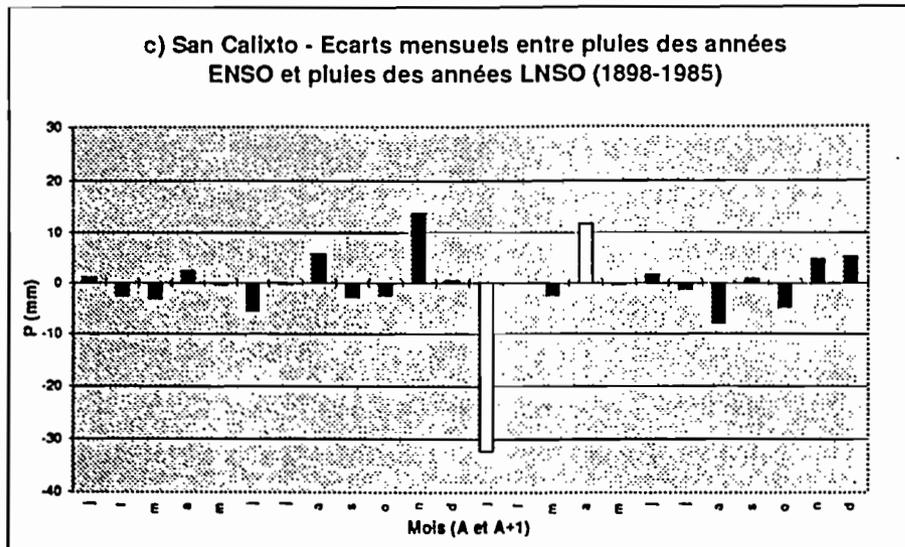
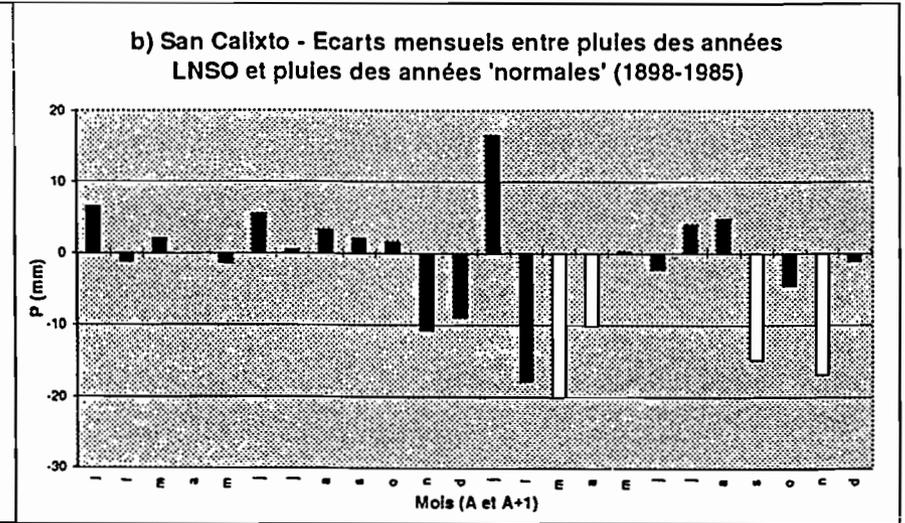
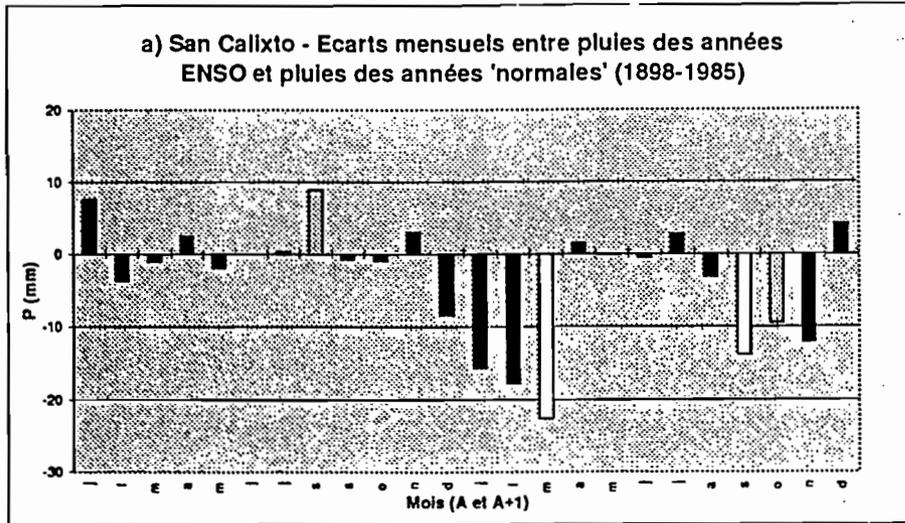
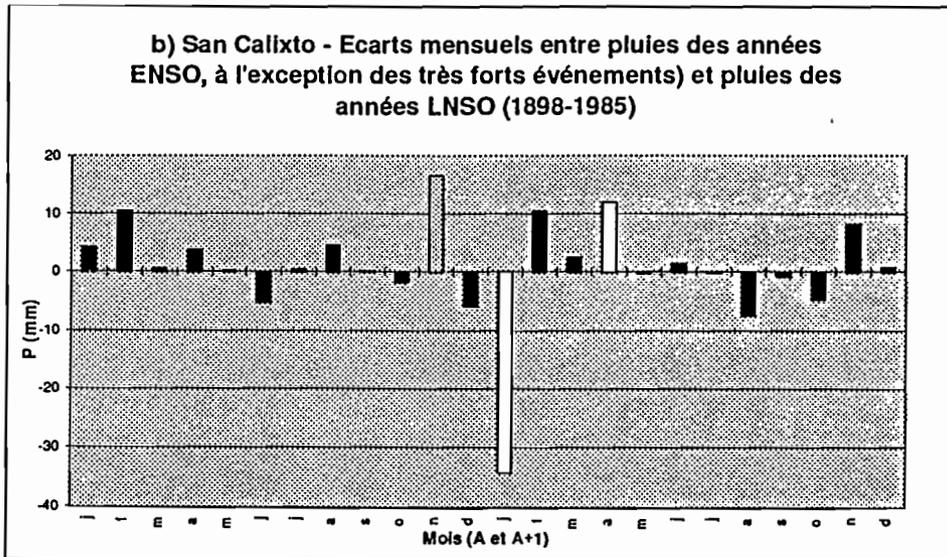
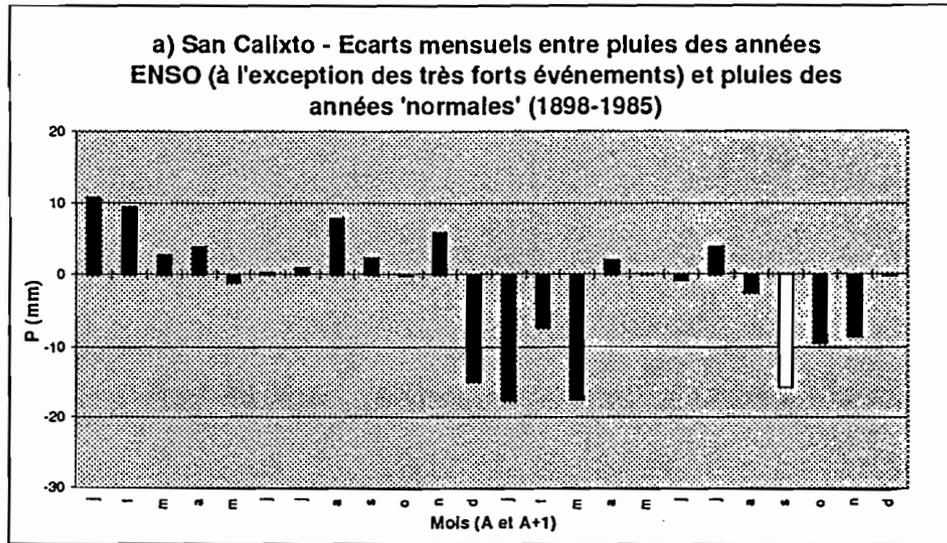


FIGURA 3 (a, b)



### CUADRO 3

#### Pluies triées de DJFM et de NDFMA

Pluies de		Pluies de		Pluies de		Pluies de	
Année	DJFM	Année	NDFMA	Année	DJFM	Année	NDFMA
1949	214	1949	169	1899	346	1973	346
1982	222	1981	202	1951	347	1921	347
1939	222	1939	204	1984	387	1936	347
1935	225	1935	209	1936	389	1984	347
1942	250	1955	222	1956	397	1925	348
1923	255	1982	228	1958	397	1911	353
1918	255	1952	238	1913	400	1956	353
1965	262	1938	245	1929	403	1974	356
1901	270	1950	246	1963	405	1899	357
1938	283	1934	247	1975	406	1940	359
1981	284	1900	251	1967	411	1913	362
1966	290	1971	262	1917	418	1979	362
1941	295	1942	268	1937	419	1962	364
1924	308	1924	270	1948	420	1961	365
1977	308	1916	275	1925	422	1948	376
1903	310	1947	276	1959	429	1954	376
1905	313	1918	280	1912	430	1902	377
1934	313	1923	285	1904	430	1958	377
1911	315	1969	290	1943	437	1964	378
1979	324	1926	291	1969	440	1906	380
1907	328	1907	292	1962	446	1946	380
1945	329	1951	293	1898	454	1945	383
1950	335	1965	294	1927	454	1912	384
1971	335	1966	295	1930	460	1931	388
1944	336	1975	302	1985	464	1967	391
1921	340	1914	304	1980	466	1963	394
1900	347	1941	307	1928	469	1904	407
1915	347	1903	311	1972	470	1943	407
1960	347	1970	311	1973	471	1920	408
1922	349	1905	317	1931	478	1929	410
1947	349	1909	318	1933	478	1908	412
1909	351	1917	320	1906	485	1928	415
1955	353	1922	324	1940	485	1972	421
1916	359	1968	325	1920	487	1960	423
1970	361	1915	328	1946	487	1978	427
1968	362	1930	329	1978	490	1932	435
1961	365	1901	330	1964	492	1976	454
1926	371	1957	331	1974	493	1927	463
1902	372	1980	334	1953	495	1910	467
1952	372	1937	337	1976	496	1898	470
1954	373	1977	338	1932	498	1983	472
1957	375	1959	342	1910	516	1985	480
1908	380	1944	344	1919	559	1953	498
1914	384	1933	346	1983	662	1919	574



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