



Bulletin de l'Institut français d'études andines  
ISSN: 0303-7495  
secretariat@ifea.org.pe  
Institut Français d'Études Andines  
Organismo Internacional

Maldonado, Reinaldo; Calle, Santos  
Comportamiento de las precipitaciones en el sector del lago Titicaca (Bolivia) durante "El fenómeno El Niño"

Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 27, núm. 3, 1998  
Institut Français d'Études Andines  
Lima, Organismo Internacional

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12627332>

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

## COMPORTAMIENTO DE LAS PRECIPITACIONES EN EL SECTOR DEL LAGO TITICACA (BOLIVIA) DURANTE “EL FENÓMENO EL NIÑO”

*Reinaldo Maldonado \*, Santos Calle \**

### Resumen

El fenómeno “El Niño” afecta significativamente a todo el territorio boliviano, con sequías en diferentes regiones del Altiplano del que no escapa el sector del lago Titicaca, aun teniendo en cuenta el comportamiento termorregulador del gran volumen de agua del Lago.

Este trabajo se realizó para ver la influencia de los episodios ENOS (fase caliente) en el comportamiento de las precipitaciones en el sector arriba nombrado; se hizo énfasis en el ENOS 1982-1983.

En el estudio se realizó un análisis del comportamiento de las precipitaciones de siete estaciones distribuidas alrededor del lago Titicaca.

También se hizo una correlación con las aportaciones, probabilidades de precipitación para El Niño 1997, todo lo anteriormente nombrado para el periodo húmedo (verano).

Como primeros resultados se tiene que, en toda la región estudiada, existe un déficit de precipitación principalmente en El Niño 1982-1983, y en el verano anterior 1981-1982, a pesar de que en algunos de los sectores estuvieron por encima de lo normal.

**Palabras claves:** Bolivia, El Niño, sequía, Lago Titicaca, El Niño 1982-1983, ley de distribución de las precipitaciones.

### RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS DANS LE SECTEUR BOLIVIEN DU LAC TITICACA AU COURS DU “PHÉNOMÈNE EL NIÑO”

#### Résumé

Le phénomène “El Niño” affecte tout le territoire bolivien, provoquant des sécheresses dans plusieurs régions de l’Altiplano, dont fait partie le secteur du lac Titicaca, même en tenant compte du rôle thermorégulateur joué par le grand volume d’eau du lac. Ce travail a été réalisé pour évaluer l’influence des épisodes ENSO (phase chaude) sur le régime des précipitations dans ce secteur, en apportant une attention particulière à l’ENSO 1982-1983. Nous avons étudié les

\* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Reyes Ortíz 41, La Paz Bolivia. Telf: 365288.

précipitations de l'été (période humide) provenant de 7 stations réparties dans les environs du lac Titicaca. Les premiers résultats montrent qu'il existe un déficit de précipitations dans la région étudiée, principalement au cours du El Niño 1982-1983 et de l'été antérieur où certains secteurs se situèrent cependant au-dessus de la normale.

**Mots-clés :** *Bolivie, El Niño, sécheresse, Lac Titicaca, El Niño 1982-1983, loi de distribution des pluies.*

#### **PRECIPITATION BEHAVIOR IN THE TITICACA LAKE AREA (BOLIVIA) DURING "EL NIÑO EVENT"**

##### **Abstract**

El Niño event significantly affects all the Bolivian territory, with areas affected by droughts in the Highlands in which the Titicaca lake also is a part of it taking into account the thermal regulations coming from the huge volume of the lake. This work studies the influence of the ENSO events (Warm Phase) in the behavior of precipitation in the above mentioned region with emphasis in the 1982-1983 ENSO event. This work analyzes the precipitation behavior of seven distributed rain-gauges around Titicaca lake.

Precipitation probability distribution for El Niño 1997 was also correlated to runoff for the rainy period (Summer).

First results show that there exist precipitation deficit in the area under study for «El Niño» 1982-1983 and during the 1981-1982 summer, while in other areas precipitation was above normal values.

**Key words:** *Bolivia, El Niño, drought, Titicaca lake, El Niño 1982-1983, precipitation distribution law.*

#### **INTRODUCCIÓN**

El sector del lago Titicaca por encontrarse en pleno altiplano con una altitud promedio de 3 800 m.s.n.m. se caracteriza por presentar presiones barométricas bajas que están entre los 600 y 630 mb, una precipitación anual que está entre los 500 a 1 200 mm, temperaturas diurnas elevadas y nocturnas bajas por lo cual la oscilación térmica es amplia.

En esta región como en todo el territorio boliviano existe un periodo seco (invierno) y un periodo de lluvia (verano), en la que la zona de convergencia intertropical desciende aproximadamente hasta 15° S de Latitud. Por otro lado, los frentes fríos que llegan desde el Polo Sur atravesando la Argentina, los Andes, llegan a la región, los cuales también producen precipitaciones. Durante los eventos ENSO generalmente trae como consecuencias déficit de precipitaciones y temperaturas altas que están por encima de lo normal, causando sequías que van en desmedro de la economía de los pobladores de la región.

#### **1. METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL TRABAJO**

Para el análisis de El Niño se utilizaron datos del periodo húmedo de octubre a marzo porque, en este periodo, es donde se presenta dicho fenómeno con mayor intensidad.

El análisis se realizó de dos maneras:

- El primer método consiste en considerar al lago con un régimen pluviométrico homogéneo, es decir que en cualquier lugar del lago la precipitación es la misma. Esto se hizo con el afán de hallar probabilidades de precipitación en forma regional.
- El segundo método consiste en hacer el análisis puntual, es decir con este método se considera la variación espacial de la precipitación. Esto se hizo con el afán de hallar las probabilidades de precipitación en forma local.

Para el ajuste de los datos a una función de distribución adecuada se hizo el test de Kolmogorov y Smirnov, el cual nos da el nivel de significación para el ajuste a una determinada función de distribución.

Las funciones de distribución que mejor se ajustaron fueron GAMMA, LOGNORMAL Y NORMAL en todos los casos.

## 2. LOS EL NIÑO QUE SE TOMARON PARA EL ANÁLISIS

Para el análisis del fenómeno se utilizaron datos pluviométricos de los períodos en los que ocurrieron los ENOS 1972/1973, 1976/1977, 1982/1983, 1986/1987 y 1991/1992, de los cuales el más intenso fue el de 1982/1983.

## 3. EVALUACIÓN DE LOS PASADOS EL NIÑO

Para esta evaluación se han tomado estaciones meteorológicas ubicadas alrededor o cerca del lago, las cuales son: Copacabana, Desaguadero, El Belén, Guaqui, Huarina, y Puerto Acosta, además de Patacamaya para tener referencia de un lugar alejado del lago.

En las estaciones de Guaqui, Copacabana, El Belén, Huarina y Desaguadero las precipitaciones en el periodo octubre-marzo, un año antes de los El Niño como la información lo demuestra, han sido mayores a la de los El Niño a partir de 1975/1976, mientras que en Puerto Acosta no se dio este comportamiento; los El Niño anteriores al 1976/1977 tuvieron un comportamiento irregular.

Las precipitaciones ocurridas en los El Niño no necesariamente son inferiores a la normal, puesto que en algunas estaciones dichas precipitaciones fueron mayores a las normales. Por ejemplo, en El Belén durante El Niño 1972/1973 la precipitación fue de 489,1 mm siendo la media de 389,4 mm; en Puerto Acosta, durante El Niño 1972/1973, la precipitación fue de 891,3 mm siendo la media de 581,5 mm.

Durante El Niño 1982/1983 las precipitaciones en las estaciones del sector del lago fueron inferiores a las normales, siendo en algunos casos las más bajas del periodo (1965-1993), pero en algunas estaciones las precipitaciones más bajas se presentaron en años que no estuvo presente El Niño, como fue en Copacabana en donde la precipitación más baja se registró en el año 1989/1990 con 286,9 mm. En El Belén, la más baja se registró en 1970/1971 con 280,2 mm y en Puerto Acosta el año 1989/1990 con 344,5 mm.

En Patacamaya que se encuentra a bastante distancia del lago, la precipitación registrada en El Niño 1982/1983 con 133,0 mm fue la más baja del periodo (1960-1993). En esta estación también las precipitaciones en los El Niño tienden a ser inferiores a las normales.

Pero en general las precipitaciones en los El Niño siempre tienden a ser menores a las normales y, antes de los El Niño, mayores a las normales.

#### 4. AJUSTE DE DATOS A UNA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN Y PROBABILIDADES DE PRECIPITACIÓN

##### **4.1. Análisis regional (régimen pluviométrico homogéneo en el lago)**

Para este ajuste se consideró una precipitación homogénea en todo el lago y se tomó como una sola serie las precipitaciones de cada mes de las diferentes estaciones en los mencionados El Niño.

Con la serie de datos del mes de OCTUBRE se hizo el ajuste a la función de distribución NORMAL porque ésta función es la que tiene un mayor nivel de significación para los datos del mencionado mes. Para la probabilidad al 35%, la precipitación para este mes con la indicada función no sobrepasaría los 21,1 mm; al 50% la precipitación no estaría por encima de los 29,4 mm; al 65% la precipitación no superaría los 37,7 mm y al 80% la precipitación no sobrepasaría los 47,5 mm para el mes de octubre.

Con la serie de datos acumulados de precipitación de OCTUBRE a MARZO se hizo el ajuste a la función GAMA por tener ésta el mayor nivel de significación para los mencionados datos. La probabilidad al 35% de las precipitaciones para este mes no sobrepasaría los 376,3 mm, al 50% la precipitación no superaría los 443,3 mm, al 65% no estaría por encima de los 517,7 mm y al 80% la precipitación no sería mayor a 616,2 mm.

Para el resto de las probabilidades de precipitación ver la tabla 1 de probabilidades.

##### **4.2. Análisis local (considera la variación espacial de la precipitación en el lago)**

Para este análisis se tomó la precipitación acumulada del periodo húmedo (octubre a marzo) de cada estación, considerando la variación espacial de la precipitación en el lago.

De igual manera que en el anterior caso se hizo el ajuste a una función de distribución, siendo éstas la NORMAL, LOGNORMAL Y GAMA.

Las precipitaciones de COPACABANA se ajustaron a la función NORMAL por tener ésta el mayor nivel de significación, en donde la probabilidad al 35% de la precipitación acumulada de octubre a marzo no sobrepasaría los 528,1 mm; al 50% no superaría los 596,2 mm, al 65% no sería mayor a los 664,3 mm y al 80% la precipitación acumulada no estaría por encima de los 754 mm.

El BELÉN se ajustó a la función LOG NORMAL por tener ésta el mayor nivel de significación; la probabilidad al 50% de la precipitación acumulada de octubre a marzo no sobrepasaría los 357,1 mm.

**Tabla 1 - Probabilidades de precipitación durante El Niño.**

MES	OCTUBRE
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	NORMAL
MEDIA	29,4 mm
DESVIACIÓN STANDARD	21,1 mm
PROBABILIDAD AL 35%	21,1 mm
PROBABILIDAD AL 50%	29,4 mm
PROBABILIDAD AL 65%	37,7 mm
PROBABILIDAD AL 80%	47,5 mm

  

MES	NOVIEMBRE
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	NORMAL
MEDIA	37,6 mm
DESVIACIÓN STANDARD	26,3 mm
PROBABILIDAD AL 35%	27,3 mm
PROBABILIDAD AL 50%	37,6 mm
PROBABILIDAD AL 65%	47,9 mm
PROBABILIDAD AL 80%	60,1 mm

  

MES	DICIEMBRE
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	GAMMA
MEDIA	82,0 mm
DESVIACIÓN STANDARD	57,5 mm
PROBABILIDAD AL 35%	46,9 mm
PROBABILIDAD AL 50%	66,2 mm
PROBABILIDAD AL 65%	90,2 mm
PROBABILIDAD AL 80%	125,5 mm

  

MES	ENERO
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	LOGNORMAL
MEDIA	138,6 mm
DESVIACIÓN STANDARD	95,3 mm
PROBABILIDAD AL 35%	89,9 mm
PROBABILIDAD AL 50%	114,2 mm
PROBABILIDAD AL 65%	145,2 mm
PROBABILIDAD AL 80%	192,9 mm

MES	FEBRERO
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	GAMMA
MEDIA	101,6 mm
DESVIACIÓN STANDARD	63,7 mm
PROBABILIDAD AL 35%	6,6 mm
PROBABILIDAD AL 50%	87,2 mm
PROBABILIDAD AL 65%	113,1 mm
PROBABILIDAD AL 80%	149,8 mm

  

MES	MARZO
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	LOGNORMAL
MEDIA	79,1 mm
DESVIACIÓN STANDARD	63,8 mm
PROBABILIDAD AL 35%	38,2 mm
PROBABILIDAD AL 50%	54,5 mm
PROBABILIDAD AL 65%	77,7 mm
PROBABILIDAD AL 80%	118,3 mm

  

MESES	( OCTUBRE - MARZO )
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	GAMMA
MEDIA	468,5 mm
DESVIACIÓN STANDARD	191,4 mm
PROBABILIDAD AL 35%	376,3 mm
PROBABILIDAD AL 50%	443,3 mm
PROBABILIDAD AL 65%	517,7 mm
PROBABILIDAD AL 80%	616,2 mm

HUARINA se ajustó a la función LOG NORMAL; haciendo la probabilidad al 50%, la precipitación no superaría los 390 mm.

Para ver el resto de las probabilidades en las diferentes estaciones ver la tabla 2 de probabilidades.

##### 5. CORRELACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES CON LAS APORTACIONES AL LAGO

Correlacionando las aportaciones con las precipitaciones, solamente se encontró correlaciones altas en Copacabana con un  $R = 0,75$  y en Desaguadero con un  $R = 0,89$  y en el resto las correlaciones son inferiores 0,50. Debido a esto se puede decir que las precipitaciones en el lago Titicaca son muy localizadas variando mucho de un lugar a otro.

Se sugiere continuar el trabajo correlacionando principalmente con la situación sinóptica en los diferentes El Niño, y ver cómo afecta la alta de Bolivia.

**Tabla 2 - Probabilidades de precipitación acumulada (octubre a marzo).**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>COPACABANA</b>
<b>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>NORMAL</b>
MEDIA	596,2 mm
DESVIACIÓN STANDARD	176,8 mm
PROBABILIDAD AL 35%	528,1 mm
PROBABILIDAD AL 50%	596,2 mm
PROBABILIDAD AL 65%	664,3 mm
PROBABILIDAD AL 80%	745,0 mm

  

<b>ESTACIÓN</b>	<b>EL BELEN</b>
<b>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>LOGNORMAL</b>
MEDIA	364,6 mm
DESVIACIÓN STANDARD	74,9 mm
PROBABILIDAD AL 35%	330,2 mm
PROBABILIDAD AL 50%	357,1 mm
PROBABILIDAD AL 65%	386,2 mm
PROBABILIDAD AL 80%	423,7 mm

  

<b>ESTACIÓN</b>	<b>HUARINA</b>
<b>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>LOGNORMAL</b>
MEDIA	404,3 mm
DESVIACIÓN STANDARD	109,0 mm
PROBABILIDAD AL 35%	352,5 mm
PROBABILIDAD AL 50%	390,4 mm
PROBABILIDAD AL 65%	432,4 mm
PROBABILIDAD AL 80%	487,9 mm

  

<b>ESTACIÓN</b>	<b>PUERTO ACOSTA</b>
<b>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>LOGNORMAL</b>
MEDIA	574,8 mm
DESVIACIÓN STANDARD	125,7 mm
PROBABILIDAD AL 35%	516,7 mm
PROBABILIDAD AL 50%	561,6 mm
PROBABILIDAD AL 65%	610,3 mm
PROBABILIDAD AL 80%	673,6 mm

<b>ESTACIÓN</b>		<b>DESAGUADERO</b>
<b>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN</b>		<b>LOGNORMAL</b>
MEDIA		494,9 mm
DESVIACIÓN STANDARD		134,2 mm
PROBABILIDAD AL 35%		431,1 mm
PROBABILIDAD AL 50%		477,7 mm
PROBABILIDAD AL 65%		529,3 mm
PROBABILIDAD AL 80%		597,7 mm

  

<b>ESTACIÓN</b>		<b>GUAQUI</b>
<b>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN</b>		<b>NORMAL</b>
MEDIA		288,2 mm
DESVIACIÓN STANDARD		140,2 mm
PROBABILIDAD AL 35%		234,1 mm
PROBABILIDAD AL 50%		288,1 mm
PROBABILIDAD AL 65%		342,2 mm
PROBABILIDAD AL 80%		406,2 mm

  

<b>ESTACIÓN</b>		<b>PATACAMAYA</b>
<b>FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN</b>		<b>NORMAL</b>
MEDIA		283,4 mm
DESVIACIÓN STANDARD		99,2 mm
PROBABILIDAD AL 35%		245,2 mm
PROBABILIDAD AL 50%		283,4 mm
PROBABILIDAD AL 65%		321,6 mm
PROBABILIDAD AL 80%		366,9 mm

#### Precipitaciones durante El Niño.

Niño	Estación	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	TOTAL
72/73	Copacabana	19,2	39,6	160,1	325,5	172,4	184,6	901,4
	El Belén	22,8	35,1	118,4	77,3	75,9	159,6	489,1
	Huarina	28,3	41,8	96,9	109,2	87,9	229,7	593,8
	P. Acosta	47,2	22,8	233,8	357,2	120,0	110,3	891,3
	Desaguadero	56,4	33,9	6,0	366,1	252,5	176,0	890,9
76/77	Copacabana	8,7	65,7	76,1	123,4	246,4	164,1	684,4
	El Belén	15,4	3,8	57,4	48,8	74,9	98,4	298,7
	Huarina	12,6	5,5	51,1	80,2	102,6	113,1	365,1
	P. Acosta	6,6	3,1	76,0	95,6	196,1	175,8	553,2

	Desaguadero	0,0	4,0	49,2	105,7	176,5	161,8	497,2
	Guaqui	0,0	0,0	15,3	38,5	58,0	22,6	134,4
82/83	Copacabana	73,8	115,0	68,3	82,6	101,9	39,9	481,5
	El Belén	52,5	24,0	21,1	71,7	101,4	12,9	283,6
	Huarina	50,5	60,6	39,1	44,0	43,3	48,0	285,5
	P. Acosta	75,2	88,6	88,8	71,3	127,0	19,0	469,9
	Desaguadero	51,9	71,2	4,6	80,2	147,4	50,2	405,5
	Guaqui	61,5	44,0	23,5	55,2	8,0	20,7	212,9
86/87	Copacabana	12,5	28,5	137,5	290,0	26,6	37,2	532,3
	El Belén	12,5	27,2	112,0	61,1	38,4	63,9	315,1
	Huarina	24,9	35,0	131,2	117,8	40,1	35,7	384,7
	P. Acosta	11,9	48,3	217,7	115,2	32,2	64,9	490,2
	Desaguadero	33,2	41,5	143,3	274,3	89,9	101,8	684,0
	Guaqui	1,0	31,8	71,8	99,8	172,4	67,4	444,2
91/92	Copacabana	29,1	22,2	53,5	151,9	62,9	20,5	340,1
	El Belén	33,0	42,1	76,8	186,9	54,4	11,5	404,7
	Huarina	27,8	44,0	29,0	127,8	41,7	16,6	286,9
	P. Acosta	24,6	70,8	81,0	184,0	131,0	35,9	527,3
	Desaguadero	19,3	31,4	23,0	164,8	123,3	15,7	377,5
	Guaqui	40,8	10,0	115,1	118,5	40,9	35,8	361,1

#### Precipitaciones medias de la época húmeda.

Estación	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	TOTAL
Copacabana	44,4	67,6	116,2	191,0	133,2	113,8	666,3
El Belén	33,9	41,7	82,1	96,1	74,4	61,2	389,4
Huarina	40,5	55,7	83,2	120,9	89,6	97,9	487,9
P. Acosta	52,7	50,1	115,8	146,7	133,3	82,9	581,5
Desaguadero	32,1	60,2	96,1	178,7	138,5	129,1	634,7
Guaqui	31,9	53,8	71,7	142,3	79,3	87,4	466,4