

EVENTOS EL NIÑO Y EPISODIOS LLUVIOSOS EN EL DESIERTO DE ATACAMA: EL REGISTRO DE LOS ÚLTIMOS DOS SIGLOS

Luc Ortlieb *

Resumen

En la costa pacífica de América del Sur los eventos El Niño se caracterizan por excesos de precipitación en el norte de Perú y en Chile central, mientras que se observan déficits de pluviometría en el Altiplano del sur del Perú y de Bolivia. En el norte de Chile las precipitaciones son extremadamente escasas, y hasta ahora se consideraba que no tenían una relación clara con eventos El Niño. En este trabajo se compilan los datos disponibles (registro instrumental e informaciones anecdóticas) para los últimos dos siglos sobre las precipitaciones en el Desierto de Atacama y más generalmente en la región costera que se extiende entre Arequipa y Coquimbo. El análisis de los datos reunidos muestra que la mayoría de los episodios lluviosos registrados en el Norte Grande (Desierto de Atacama) son coincidentes con eventos El Niño, pero sin que la intensidad del fenómeno El Niño influya directamente sobre la magnitud de las precipitaciones.

Palabras claves: *El Niño, ENSO, lluvia, Norte Grande de Chile, anomalía climática.*

ÉVÉNEMENTS EL NIÑO ET ÉPISODES PLUVIEUX DANS LE DÉSERT D'ATACAMA : LA CHRONIQUE DES DEUX DERNIERS SIÈCLES

Résumé

Le long de la côte Pacifique de l'Amérique du Sud, les événements El Niño se manifestent par de fortes précipitations dans le nord du Pérou et le Chili central, alors que l'Altiplano du sud du Pérou et de Bolivie est soumis à des sécheresses catastrophiques. Dans le nord du Chili, les précipitations sont particulièrement rares, et jusqu'à présent ne semblaient pas étroitement liées à des événements El Niño. Dans cet article sont compilées les données disponibles (données instrumentales et informations de caractère anecdotique), pour les deux derniers siècles, sur la pluviométrie dans le désert d'Atacama et, plus généralement, dans la région s'étendant entre Arequipa et Coquimbo. L'analyse de ces données montre que la plupart des épisodes pluvieux se produisent durant des événements El Niño, mais sans que l'on puisse établir de corrélation entre l'intensité des événements El Niño et l'importance des averse.

Mots-clés : *El Niño, ENSO, pluies, Nord-Chili, anomalies climatiques.*

EL NIÑO EVENTS AND RAINFALL EPISODES IN THE ATACAMA DESERT: THE RECORD OF THE LAST TWO CENTURIES

Abstract

Along the Pacific coast of South America, El Niño events are characterized by rainfall excesses in northern Peru and in central Chile, while the Altiplano of southern Peru and Bolivia experiment

* ORSTOM-Chile, Univ. de Antofagasta & Univ. de Chile, Casilla 1190, Antofagasta, Chile.

dramatic droughts. In northern Chile rainfall are particularly scarce, and up to now the rainy episodes were not viewed as closely related to El Niño events. In this paper are compiled available data (instrumental record and anecdotic information) on rainfall from the Atacama Desert and, more generally from the area extending from Arequipa to Coquimbo, during the last two centuries. The analysis of the gathered data shows that most of the rainy episodes registered in the Norte Grande (Atacama Desert) are coeval with El Niño events, although no direct relationship was found between the intensity of the individual El Niño events and the amount of precipitation.

Key words: *El Niño, ENSO, rainfall, Northern Chile, Climatic anomalies.*

1. LA EXTREMA ARIDEZ DEL DESIERTO DE ATACAMA Y LAS INTERACCIONES OCEANO-CLIMÁTICAS

El Desierto de Atacama y, más generalmente, la región costera del norte de Chile y sur del Perú, son conocidos por su extrema aridez. La combinación del efecto barrera de la alta Cordillera de los Andes, de la permanencia del anticiclón del Pacífico Suroriental y la existencia del sistema Corriente de Humboldt-surgencia costera explica que esta región no reciba las masas de aire húmedo del Atlántico y que la poca humedad que se evapora del Pacífico quede bloqueada bajo la forma de "camanchaca" en una estrecha franja al pie de la Cordillera de la costa (fenómeno de inversión térmica). Las precipitaciones son prácticamente nulas, tanto en la costa como en la Cordillera de la Costa y en la depresión central, al oeste de la Cordillera de los Andes. Los valores de pluviometría anuales, que son del orden de unos cuantos milímetros, son calculados en base a promedios interanuales que abarcan varios decenios. En el Desierto de Atacama, las lluvias son tan escasas que pueden pasar varios años, y hasta decenios, sin que se registren "precipitaciones" de más de unos cuantos milímetros. En Arica y en Iquique, durante la primera mitad de este siglo, el promedio interanual fue de 0,6 mm y 1,9 mm respectivamente, con máximos anuales de 10 mm (en 1918) en Arica, y 20 mm (en 1940) en Iquique (Almeyda, 1948).

En el Desierto de Atacama, excelente ejemplo de las interacciones océano-atmosféricas, resulta interesante analizar la relación que puede existir entre las muy escasas lluvias que llegan a caer y la anomalía océano-climática ENSO (El Niño-Southern Oscillation) en una serie de tiempo lo más larga posible. Sin embargo el carácter de "despoblado" que tenía la región situada al norte de Copiapó, y que tras la Guerra del Pacífico iba a llamarse el "Norte Grande" de Chile, no permite disponer de un registro histórico de lluvias que se extienda más allá del principio del siglo XIX.

2. COMPILACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

El conjunto de documentos históricos relativos a anomalías de precipitaciones en Perú y Chile en los pasados siglos (Quinn & Neal, 1983; Quinn *et al.*, 1987; Hocquenghem & Ortlieb, 1990; 1992; Ortlieb, 1994), sugiere que la región al sur de Lima hasta el Norte Grande de Chile registró anomalías climáticas desfasadas con respecto a las demás en Perú y Chile central. Esta región parece comportarse de manera distinta, atípica, en cuanto a lluvias excepcionales. Una búsqueda específica de documentos y relatos sobre la zona comprendida entre Moquegua y Arequipa, al norte, y La Serena-Coquimbo, al sur, confirma que el clima de esta región limítrofe con el Norte Chico de Chile, el Altiplano boliviano y el Perú central, está parcialmente controlado por el sistema ENSO, pero de una manera particular que ameritaba mayores estudios.

Tabla 1 - Recopilación de datos históricos e instrumentales sobre la pluviometría del Desierto de Atacama (= Norte Grande, 24°-18°S) durante los dos últimos siglos, y comparaciones con datos del Sur de Perú, del Norte Chico de Chile (28°-24°S) y de Chile central. En negritas, se indican los eventos lluviosos más fuertes.

(1): sólo se consideran los años caracterizados por anomalías climáticas entre el sur de Perú y el Norte Chico (los datos de Chile central no son completos, y sólo sirven de referencia);

(2): en negritas, los episodios lluviosos más destacados, y en *itálicas* indicaciones de sequía; datos según Almeyda, 1948 (= A.), Billinghamurst, 1886 (= Bil.); Bollaert, 1860 (= Bol.); Bowman, 1924 (=Bow.); Dir. Gral. de Aguas, 1993 (=DGA); Gaete, 1974 (=G.); Klohn, 1972 (=K.); Labarthe, 1914 (=Lab.); Minaya, 1994 (= M.); Romero, 1985 (= R); Urrutia & Lanza, 1993 (=U. & L.); Vicuña Mackenna, 1877 (1970) (=BVM) y otros autores mencionados;

(3): compilación de datos según Rutllant & Fuenzalida (1991) y Ortlieb (1994).

Pluviometría y anomalías climáticas				
Año (1)	Sur del Perú (2)	Norte Grande de Chile (Desierto de Atacama) (2)	Norte Chico de Chile (2)	Chile central (3)
1796			Fuertes precipitaciones en Copiapó (Bow., fig.53).	(normal)
1819		Inundación en Pampa del Tamarugal (Bil., p.36 y Bol., p.263; in: Bow., p.42 y fig.53).		Lluvioso
1823		Inundación en Pampa del Tamarugal (Bil., p.36, in: Bow., p.42 y fig.53).		(seco?)
1825			Fuertes pp. en Copiapó (Bow., fig.53).	(normal?)
1827			El 9.6.1827, "Avenida Grande de La Serena" (BVM, p.137). Lluvias muy fuertes en Copiapó (Bow., fig. 53; U. & L., p.83-84).	Muy lluvioso
1829			Fuertes precipitaciones en Copiapó (Bow., fig. 53).	Muy lluvioso
1833			En agosto, aguaceros con desbordes de ríos (U. & L., p.87). Abundantes pp. en la región de Huasco (K.,p.153).	Muy lluvioso
1844			Fuertes precipitaciones en Copiapó, (Bow., fig.53).	(normal?)
1851			Lluvias abundantes en Coquimbo (BVM, p.236) y Copiapó (Bow., fig.53).	Lluvioso
1852		Inundación en Pampa del Tamarugal (Bil., p.36 y Bol., p.263; in Bow., p.42 y fig. 53).		(normal?)

1856		En marzo, temporal (80 h de lluvias) en Coquimbo y crecidas de ríos (U. & L., p. 99; BVM, p.169-170, 244-248). En La Serena, 300 mm de pp. (A., p. 107).	Lluvioso
1857	« Avenidas considerables en los ríos del sur [del Perú], especialmente en Moquegua » (Lab., p.315)	En marzo, temporales e inundaciones en Vicuña (U. & L., p. 100).	(normal)
1859	Inundación en Pampa del Tamarugal (Bil., p.36; in: Bow., p.42 y fig.53).	En La Serena, 299 mm de pp. (A., p.107).	(normal?)
1860	Fuertes lluvias en el sur de Perú (Ica, Moquegua, Arequipa) (Lab., p. 315-316) y nieve en el Cerro Huaracani (Moquegua) (Lab., p.318).	En el Norte, bajaron los ríos por última vez antes de 1877 (BVM, p. 170). Lluvias abundantes en Copiapó (Bow., fig. 53).	Lluvioso
1868	Inundación en Pampa del Tamarugal (Bil., p. 36, Larrain, 1974, p. 143).		Muy lluvioso
1877	Inhabitual fenómeno de « desierto florido » en la costa sur del Perú (BVM, p.361).	« Copiosa lluvia » en Caracoles el 1.8.1877 (BVM, p.361).	Excepcionalmente lluvioso
1878	Inundación en Pampa del Tamarugal (Bil., p.36; in: Bow., p.42 y fig.53).	Aguaceros en julio, con inundaciones entre Chañaral y Coquimbo (U. & L., p. 121; BVM, p. 212 y 355-361). Sólo 181 mm de pp. en La Serena (A., p.107).	Lluvioso
1880		En invierno, crecidas de ríos (U. & L., p. 126). Fuertes pp. en La Serena (366 mm) y Coquimbo (196 mm) (A., p.107-111).	Muy lluvioso
1882	Aguacero de hasta 4 horas en junio, en la Pampa del Tamarugal (Guzmán, 1919, in: K., p.83).	Año lluvioso en Copiapó según Bow. (Fig.53) (pero A., p. 95, registra sólo 14 mm).	(normal)

1884	En el sur del Perú, lluvias excepcionales en febrero e inundaciones entre Ica y Tacna; nieve en el Cerro Huarcani (Moquegua) (Lab., p.317-318).	Avenidas torrenciales en la Quebrada de Quisma e inundaciones en la Pampa del Tamarugal (Bil., p.36; in: Bow., p.42 y fig. 53; U. & L., p.128). Gran crecida del río Loa (Chacance) (K., p.103). En la cordillera del Norte Grande, 30 días seguidos de lluvia (Niemeyer, 1967, in: K., p.103).	(normal)
1885		Fuertes pp. en enero y febrero en San Pedro de Atacama (durante 40 días ?) (Bow., p.43).	(normal)
1887		Gran crecida del río Huasco (Montero, 1919, in: K., p.12).	Lluvioso?
1888		Desbordes de ríos (U. & L., p. 131). Pp. abundantes en Copiapó (67 mm), La Serena (412 mm) y Coquimbo (375 mm) (A., p.95-107; Bow., p.44).	Muy lluvioso
1891		En julio, numerosas inundaciones (U. & L., p.136). En La Serena, 263 mm de pp. (A., p.95-107), pero <i>sequía en Coquimbo (26 mm) y Copiapó (8 mm)</i> (Bow., p.44).	Muy lluvioso
1898	Fuertes lluvias e inundaciones en el sur del Perú, entre Ica e Ilo (Chincha, Camaná, Vitor, Majes, Tambo) (Lab., p. 319-320).		
1899		Temporales de invierno, desde Iquique hacia el sur. En agosto, pp. abundantes (185 mm) en La Serena (A., p.107), pero en Copiapó año normal (31 mm; A., p.95).	Excepcionalmente lluvioso
1900	Inundaciones en el sur de Perú (Moquegua y Torata) (Lab., p.320).	En Copiapó, 87 mm de pp. (= 4 veces el promedio interanual) (Bow., p.44; A., p.95).	Excepcionalmente lluvioso

1902			Fuerte temporal e inundaciones en Coquimbo (183 mm) y Copiapó (59 mm) (U. & L., p. 149; A., p. 95-107; Bow., p.47)	Lluvioso?
1903		Inundación en Pampa del Tamarugal (Bow., p.42 y fig.53).		(seco)
1904		0 mm de pp. en Arica e Iquique, y 7,5 mm en Antofagasta (A., p.85, 90, 92).	49 mm de pp. en Copiapó (Bow., p.44, fig.53).	Muy lluvioso
1905			En mayo, inundaciones y nieve en la alta cordillera (U. & L., p. 153); en julio, lluvias fuertes (Bow., p. 115-116) en: Copiapó (51 mm), La Serena (308 mm) y Coquimbo (330 mm) (A. p.95, 107, 111).	Lluvioso?
1906		En enero, espesa neblina en Iquique (U. & L., p. 157). Fuertes lluvias y nevazón en la alta cordillera, inundación en Pampa del Tamarugal (Bow., p. 63).	<i>Deshielos en enero</i> (U. & L., p. 157). <i>Sequía en Copiapó (6mm) y Caldera (13 mm)</i> (A., p. 95 y 97).	(normal)
1911	En Tacna, desborde del río (Bow., p.42).	En febrero, aguaceros en Pampa del Tamarugal (gran laguna formada entre Huara y Pozo Almonte) (Bow., p.42, U. & L., p.174), pero ninguna pp. en Arica e Iquique (A., p.85, 90). En junio, lluvia en Antofagasta y nieve en Calama (Bow., p.43, U. & L., p. 175): entre junio y julio, A. (p.92) registró 100 mm de pp. en Antofagasta (error de imprenta? DGA, tabla A3.4 indica: 10 mm). En julio, nevazones en San Pedro de Atacama (hasta 35 cm de nieve) (Bow., p.43).	El límite sur del temporal de junio parece haber sido Coquimbo (U. & L., p.175). <i>Déficit de pp. en Caldera (16 mm), Copiapó (13 mm), La Serena (33 mm)</i> (A. p. 95, 97, 107).	(seco)
1912		Fuerte temporal y lluvia el 18 de mayo en la región de Cobija; aluvión en la mina de Gatico (U. & L., p.178). En Antofagasta, 64 (error de imprenta?) mm (A., p. 92), ó: 6,4 mm (DGA, tabla A3.4) de pp. repartidos entre mayo, julio y octubre		(normal)

1914	En Tacna, A. (p.86) registró 36 mm de pp.	<i>Año seco en el Norte Grande: 0 mm en Arica, Iquique y Calama, 14 mm en Taltal (A., p.93).</i>	Lluvias muy abundantes en Elqui (616 mm), La Serena (254 mm) y Ovalle (312 mm) (A., p.103, 107, 116). En Copiapó, un solo aguacero de 27 mm (Bow., p.113; A.,p.95).	Muy lluvioso
1918	Fenómeno de « desierto florido » en la costa sur de Perú (Murphy, 1926, p. 120-121).	En Arica, 10 mm de pp. en enero (= max. inter-anual entre 1903 y 1948) (A., p.85).	Fuerte lluvia e inundaciones en Chañaral en mayo (U. & L., p.185).	(normal)
1919		<i>Año seco en el Norte Grande (sin pp. registrada en Iquique y Antofagasta, y menos que el promedio en Taltal (A., p.90, 92, 93).</i>	Fuertes pp. en Elqui (470 mm), La Serena (228 mm-307 mm), Coquimbo (279 mm), Tongoy (392 mm), (A., p.103-116)	Muy lluvioso
1925	Pp. notables en el extremo sur de Perú (Tacna: 70 mm) (A., p 86).	Pp. relativamente abundantes en el Norte Grande: Iquique (8 mm), Tocopilla (9 mm), San Pedro (135 mm), y Antofagasta (29 mm) (A., p. 90-93).	<i>Pp. deficitarias en el Norte Chico (entre Caldera y Ovalle); en mayo y julio, nevazones en la cordillera y crecida del río Copiapó (Bow., p.115, 116).</i>	(normal?)
1926	Garúa en la costa sur del Perú (Murphy, 1926, p. 114).	<i>En el Norte Grande, déficit de pp. en Iquique, Tocopilla, San Pedro, Antofagasta (A., p 90-93). Sin embargo Murphy (1926, p. 114) menciona una fuerte lluvia en 1926 en Antofagasta.</i>	Pp. excepcionales en el sur del Norte Chico: Ovalle (347 mm = max. entre 1906 y 45) y Combarbalá (594 mm = max. entre 1918 y 48) (A., p.111, 116)	Muy lluvioso
1927		En el Norte Grande pp. notables en Tocopilla (6 mm), Antofagasta (13 mm, DGA, p.6-26) y Taltal (72 mm)(A., p.91-93)	Pp. abundantes en Copiapó (95 mm) (A., p.96).	(normal)
1929		El junio, "huracán" (?) en Iquique, Antofagasta y Chañaral (según U. & L., p.211); A. (p.93) menciona pp. sólo en Taltal (29 mm en junio y 40 mm anual).	Pp. abundantes en: Chañaral (43 mm) y Copiapó (85 mm) (A., p. 94-96).	(normal)
1930		En agosto, viento y lluvias en Calama, Antofagasta, Taltal y Chañaral, y nieve en La Pampa, Pueblo Hundido y Catalina (U. & L., p.213-214; A., p.92-93) Aluvión en Antofagasta (27 mm), el 19.8.30 (DGA, p. 6-26). Pp. en Tocopilla: 15 mm y Taltal: 72 mm (A., p.85-123).	Pp. muy abundantes en el Norte Chico: Chañaral (81 mm), Copiapó (78 mm), Vallenar (131 mm, =máx. entre 1911 y. 48), La Pampa (228 mm, =máx. entre 1917 y 48), Elqui (213 mm) y Ovalle (275 mm) (A., p.85-123).	Lluvioso?

1932	Pp. invernales notables en la costa: Antofagasta (20 mm), Taltal (39 mm), Chañaral (48 mm) (A., p.90-94).	(normal)	
1933	En San Pedro de Atacama, <i>Sequía</i> (U. & L., p. 166 mm de pp. en febrero y marzo (A., p.91).	(normal)	
1939	En San Pedro de Atacama, 228 mm de pp. en enero y febrero (= max. entre 1917 y 1946) (A., p.91), y fuerte déficit de pp. en Visviri (sólo 88 mm)(G., p. 180). 8 mm en Antofagasta (A., p. 92).	(normal)	
1940	En junio violento temporal en Taltal (40 mm A., p. 94), y aluvión en Antofagasta (38 mm, DGA., p. 6-24) (U. & L., p.237). Con otra lluvia en julio, total de pp. anual de 57 mm en Antofagasta (A., p. 92). En julio, aluviones cerca de Tocopilla (Loayza, 1974), y nevadas en la cordillera (U. & L., p. 237-238). En Iquique: 20 mm de pp. (=máx. entre 1899-1947) (A., p. 90). Gran déficit de pp. en Parinacota (85 mm, A., p. 86)	Precipitaciones abundantes en el Norte Chico: Chañaral (40 mm), Copiapó (74 mm), Combarbalá (340 mm) (A., p. 90-123).	(normal)
1941	Precipitaciones en Antofagasta: 19 mm (A., p. 92).	Pp. abundantes en: Copiapó (38 mm), Vallenar (98 mm-131 mm) y Elqui (312 mm) (A., p.92-103).En agosto, frente de mal tiempo llega del sur hasta Coquimbo (U. & L., p. 240-241).	Muy lluvioso
1944	Avenidas en las quebradas Tarapacá y Aroma e inundaciones en Toconao y San Pedro de Atacama; aluvión (?) en Arica (U. & L., p. 247-248), pero A. (p.85) no registró lluvia en Arica en febrero (1,7 mm de pp. anual) ni en Antofagasta (A., p.92)	Fuertes pp. en Coquimbo (184 mm, A., p. 111).	Lluvioso?

1948		Según U. & L. (p. 256-257), en mayo, un "gigantesco ciclón" barrió las costas de Chile de norte a sur. Para el altiplano del Norte Grande, Gaete (p.180) reporta lluvias excepcionales (425 mm) en Visviri.	<i>Pp. muy deficitarias en Copiapó (7 mm), La Serena (73 mm), Coquimbo (53 mm), y Ovalle (62 mm) (A., p. 96-118).</i>	(normal)
1953	Fuertes lluvias en el sur de Perú (Schweigge, 1964, p.149): 113 mm en Tacna y 248 mm en Arequipa (M.)	En febrero, lluvias en el valle de Arica (Schweigge, 1964, p. 149).		Lluvioso
1954	59 mm de pp. en Tacna (M.)	En febrero, aluvión en Guatacondo e inundaciones en Tarapacá, Chusmiza y Maniña. En julio, « tornado » en Antofagasta (U. & L., p. 275), pero sin pp. (DGA, tabla A3.4).	Crecida del río Copiapó (U. & L., p. 274).	(normal)
1957	En Tacna, mayores precipitaciones de los últimos 40 años (114 mm, M).	<i>Ninguna pp. en Antofagasta (DGA, Tabla A3.4).</i>	En mayo, fuerte temporal en el Norte Chico, con inundaciones en Coquimbo, La Serena, Vicuña (U. & L., p.279).	(normal)
1965		En agosto, temporal del sur hasta Antofagasta (U. & L., p.327-328), y aguacero en Pampa del Tamarugal (Lecarpentier, 1973). <i>Déficit de pp. en Arica y Antofagasta (R., p.146-148).</i>	En el Norte Chico frente de mal tiempo en julio. En agosto, fuertes lluvias en La Serena, Coquimbo y Ovalle (U. & L., p.327-328).	(normal)
1967		En agosto, temporal con nieve cerca de Antofagasta (Sierra Vicuña Mackenna) y otro frente de mal tiempo entre Iquique e Isluga (U. & L., p. 332-333), pero sólo 6,5 mm en Antofagasta. <i>En el altiplano de Arica, déficit de pp.: 98 mm en Visviri (G., p. 180).</i>	En el Norte Chico, temporal y lluvias en agosto, <i>pero también sequía</i> y fuertes heladas (U. & L., p. 333).	(seco?)
1969		<i>Déficit de pluviometría en Parinacota (260 mm), pero algunas pp. (8 mm) en Antofagasta (R., p.152, DGA tabla A3.1).</i>	<i>Sequía (U.& L., p. 337-340).</i>	(seco?)

1972	Fuertes pp. en el sur de Perú: 81 mm en Tacna y 253 mm en Arequipa (M.).	Lluvias torrenciales y aluviones en febrero en las provincias de Tarapacá, Antofagasta y Atacama: 495 mm de pp. en Parinacota (R., p. 152) y 438 mm en Visvirí (G., p. 180), desborde del río San José (Arica), aluvión en Sagasca, crecida mayor del río Salado.	Inundaciones en Chañaral (más de 600 casas destruidas) (U. & L., p.356-357).	Lluvioso
1973	Mayor crecida del río Majes de los últimos 40 años (M.).	En enero, fuertes lluvias en el altiplano de Arica: 422 mm en Parinacota (R., p.152) y 341 mm en Visvirí (G., p. 180), desbordes del río San José (U: & L., p. 359).		(seco?)
1975		Inundaciones en Pampa del Tamarugal (Camiña y Pedro de Valdivia) (U. & L., p. 364).	<i>Sequía</i> (U. & L., p. 363).	(seco?)
1976	Año normal en Arequipa (112 mm) y « lluvioso » en Tacna (53 mm) (M.).	En enero, fuertes lluvias entre Arica y La Serena con desbordes del río San José (U. & L., p.365). En Antofagasta 15 mm de pp. (R., p. 152, DGA, tabla A3.1).	En mayo, fuerte temporal en Guayacán (U. & L., p. 366).	(seco?)
1980		En febrero, fuertes precipitaciones (y tormentas eléctricas) entre Calama y Puyehue (U. & L., p. 371).	En febrero, chubascos en La Serena y en mayo y junio, frentes de mal tiempo provenientes del sur (U. & L., p. 371-372).	(normal)
1982		A fines de mayo, lluvias, vientos y nevazones en la II región (Calama, Chuquicamata) pero sólo 8 mm de pp. en Antofagasta (DGA, tabla A3.3). , p. 375-376).	A mediados de julio un frente de mal tiempo se extendió desde La Serena al sur (U. & L., p. 375-376).	Muy lluvioso
1983	<i>Déficit de pp en Arequipa y mayor estío del río Majes en últimos 40 años (M.).</i>	En junio, lluvia y nieve (Chuquicamata) en la IIa región. En julio, varios frentes del mal tiempo (lluvia en Iquique, Calama, Chuquicamata, María Elena, Sierra Gorda, Antofagasta, Taltal). Gran déficit de pp. en Parinacota (48 mm, R., p. 147). En Antofagasta: 13 mm (DGA, tabla A3.2)	A fin de julio, temporal en Taltal, La Serena, Coquimbo y Combarbalá (U. & L., p. 376-377).	(normal)

1986	Fuertes precipitaciones en Arequipa (237 mm) y crecida del río Majes (M.).	<i>Sequía (U. & L., p. 382-383).</i>	(normal)
1987	Pp. notables en Antofagasta (24 mm DGA, tabla A3.3) y Taltal (64 mm, DGA, tabla A3.6). Temporal en el altiplano (U. & L., p. 383).		Muy lluvioso
1991	El 18 de junio, aluvión en Antofagasta (U. & L., p. 390-391). Pp. caída en 3 horas: entre 14 mm (aeropuerto Cerro Moreno) y 42 mm (Univ. Catól. del Norte) (Chong <i>et al.</i> , 1991; DGA, p. 6-13).	Intensas lluvias en Chañaral (41 mm), Taltal, Copiapó (32 mm), Vallenar (18 mm), Huasco y La Serena; nieve en El Salvador (U. & L., p. 390-391).	Lluvioso
1992	Temporal a fines de mayo de 1992: lluvias en Arica, Antofagasta y Tocopilla. En Parinacota, fuertes heladas (U. & L., p.394). Intensas lluvias en la precordillera al este de Arica (U. & L., p.399-400).		Lluvioso

Aquí se sintetizan, pues, las evidencias de anomalías positivas de pluviometría tanto en el Desierto de Atacama como en las regiones circundantes. Las principales fuentes de información están indicadas en la leyenda de la figura 1. Por razones de espacio y de concisión, se condensó la información anexa, y se descartaron, en este trabajo, los datos sobre las anomalías de orden oceanográfico (aunque éstos llegan a ser útiles indicadores de condiciones El Niño).

No se han tomado en cuenta, de manera sistemática, las indicaciones de sequía en las áreas estudiadas. De hecho esta información es mucho más relevante en las zonas limítrofes como el Norte Chico de Chile que en el árido Desierto de Atacama. Tampoco se ha estudiado de manera precisa las relaciones climáticas entre la región altiplánica (inclusive el suroeste de Bolivia) y el Desierto de Atacama. En un futuro cercano se pretende estudiar este tema, apoyándose en trabajos sobre la climatología actual del Altiplano chileno (P. Aceituno, com. pers., 1994) y sobre un análisis de datos históricos de Bolivia.

3. CORRELACIONES REGIONALES

En la Tabla 1 se aprecia la distribución regional de las anomalías de precipitación entre el sur de Perú y Chile central y se observan ciertas correlaciones entre episodios lluviosos centrados en el Sur de Perú-Norte Grande de Chile, y otros ubicados entre el Norte Chico y Chile central. El análisis de estas relaciones geográficas permite precisar ciertas características de las situaciones meteorológicas que originan las lluvias en el Desierto de Atacama.

En el lapso de los dos últimos siglos, sólo en dos oportunidades (1877 y 1972) se produjeron excesos de lluvia generalizados en el conjunto de las regiones estudiadas. En algunos casos, los episodios lluviosos en el Norte Grande se correlacionan con excesos de precipitación en el Norte Chico y el centro de Chile (1930, 1944, 1982?, 1991) (Tabla 1). En otras ocasiones se registraron episodios lluviosos, o frentes de mal tiempo individuales, que fueron aparentemente limitados a las áreas del Norte Chico y el Norte Grande, sin excesos de lluvias en Chile central (1859, 1882, 1927, 1940, 1965, 1980, 1983). También se dieron casos en los que solamente se tiene registro de lluvias en el Norte Grande, sin indicaciones de anomalías en el Norte Chico o en el sur de Perú (1819, 1823, 1852, 1868, 1878, 1885, 1903, 1906, 1911, 1912, 1932, 1933, 1939, 1948?, 1954, 1967?, 1975, 1976).

Por otro lado, en pocas oportunidades (1884, 1918?, 1925), se detectaron episodios lluviosos en el Norte Grande que parecen más directamente ligados a anomalías positivas de pluviometría en el sur del Perú, porque no se registró ningún exceso de precipitaciones coetáneo en el Norte Chico y Chile central. En 1884 como en 1925, se producían en toda la costa peruana severos trastornos climáticos relacionados con eventos El Niño de fuerte intensidad.

Estas distintas correlaciones geográficas sugieren varios tipos de mecanismos meteorológicos. La relación más estrecha y común es la que une el Norte Grande al Norte Chico. Se infiere que la mayor parte de las precipitaciones que caen en el Norte de Chile reflejan situaciones que son propias de la zona, o que manifiestan una extensión hacia el norte de anomalías pluviométricas de Chile central. Muy raras veces corresponden a anomalías que provienen del Perú.

La relación que existe entre excesos de precipitación en Chile central y la situación El Niño ha sido anteriormente estudiada por diversos autores (Quinn & Neal, 1983; Romero & Garrido, 1985; Rutllant, 1985; Hamilton & García, 1986; Aceituno, 1987; Quinn et al., 1987; Quintana Arana, 1990; Rutllant & Fuenzalida, 1991; Ortlieb, 1994). El problema central examinado aquí es determinar si una parte significativa de las anomalías pluviométricas del Desierto de Atacama es correlacionable con eventos El Niño. Pero antes de abordar este aspecto, es necesario notar que para la región del Norte Grande, se incluyeron en la Tabla 1 datos que corresponden a los márgenes del propio Desierto de Atacama, refiriéndose al altiplano del extremo norte chileno.

El área ubicada a más de 3000 m de altura al este de Arica (y de Iquique) está sometida a un régimen climático particular, que tiene similitudes con el altiplano boliviano y que difiere con el de la costa norte y de la Pampa del Tamarugal. El (mal) llamado "invierno boliviano" o "invierno altiplánico" designa un sistema de precipitaciones de verano, alimentadas por humedad de origen amazónico, que llegan a ser, en ciertos años, muy abundantes. Los excesos de precipitación del "invierno altiplánico" no deben ser confundidos, o asimilados, a anomalías de pluviometría en el Desierto de Atacama. Como se aprecia en la Tabla 2 (donde fueron mencionados algunos datos de precipitación y de crecidas subsecuentes del río San José de Arica, entre los años 1955 y 1962), las lluvias fuertes del altiplano ocurren más bien durante episodios de sequía en el resto del Norte chileno. A lo inverso, los mayores déficits de precipitación en el altiplano se correlacionan con episodios lluviosos en el Desierto de Atacama (p.e., en 1940, 1967, 1983, cf. Tabla 1). Estas observaciones sugieren una correlación relativamente estrecha entre los excesos de precipitaciones altiplánicas y

situaciones anti-El Niño (llamadas, a veces "La Niña"). De esta manera, la sequía que caracteriza la situación El Niño en las áreas altiplánicas del sur de Perú, de Bolivia y de Chile, sería normalmente coincidente con la ocurrencia de precipitaciones en el Desierto de Atacama.

Tabla 2 - Comparación de datos pluviométricos entre el extremo Norte de Chile y el resto del Norte Grande, el Norte Chico, el sur de Perú y Chile central, entre 1955 y 1962. Se observa que las anomalías de precipitación en el altiplano de Arica coinciden con sequía en las áreas vecinas (menos en la precordillera del sur del Perú). Leyenda y notas: ver Tabla 1.

Pluviometría y anomalías climáticas				
Año (1)	Sur del Perú (2)	Norte Grande de Chile Desierto de Atacama (2)	Norte Chico de Chile (2)	Chile central (3)
1955	Crecida del río Majes. Fuertes pp. en Arequipa (466 mm, =5 veces el promedio interanual) y en Tacna (78 mm) (M.).	Crecidas del río San José (Arica) (Kleiman & Torres, 1960, in K., p.59)	(Sequía generalizada) (U. & L., p. 276).	(seco?)
1959		Crecidas repetidas del río San José y Tignamar en febrero y marzo (Kleiman & Torres, 1960, y Karzulovic, 1968, in K., p.59). 310 mm registrados en Parinacota (G., p. 180).		(normal)
1960		Crecida de la parte alta del río San José en enero (Kleiman & Torres, 1960, in K., p.59).	Sequía en el Norte Chico (U. & L., p. 305-307).	(normal)
1961	87 mm de pp. en Tacna (M.)	Mayor crecida en 20 años del río San José entre el 24. 1 y el 3.3 (Kleiman & Torres, 1960, in K., p.59).	Sequía en el Norte Chico (U. & L., p. 305-307).	(normal)
1962		Fuertes lluvias en el altiplano de Arica (352 mm en Visvirí (G., p. 180).	Sequía en el Norte Chico (U. & L., p. 305-307)	(normal)
1963	58 mm de pp. en Tacna (M.)	Crecida del río San José en febrero y marzo (Salas et al., 1966, in K., p.59) y 336 mm en Visvirí (G., p. 180). Déficit de pp. en Arica y Antofagasta (R., p.146-148).		normal ?

4. EVENTOS REGIONALES EL NIÑO Y EVENTOS GLOBALES ENSO

Para estudiar las relaciones que pueden existir entre las precipitaciones en el Desierto de Atacama y el fenómeno El Niño en un pasado reciente, es lógico averiguar las co-

ocurrencias de lluvias y de eventos El Niño en el transcurso de las últimas décadas o de los últimos siglos. Sin embargo la cronología de los eventos El Niño y la intensidad relativa de los mismos no han sido establecidas de una manera suficientemente precisa aún.

La primera cronología histórica de eventos El Niño fue elaborada por Quinn y colaboradores (1987). Esta secuencia que cubre los últimos cuatro siglos y medio fue elaborada en base a un amplio conjunto de documentos que mencionan lluvias fuertes e inundaciones en la costa de Perú, y en algunos casos en Chile central. Tras una revisión de estos documentos referenciados por Quinn y colaboradores (1987), Hocquenghem & Ortlieb (1990; 1992) expresaron algunas dudas sobre la ocurrencia (y/o intensidad) de ciertos eventos históricos tales como fueron identificados por Quinn *et al.* (1987). Uno de los principales problemas destacados por Hocquenghem & Ortlieb (1992) era la definición de eventos El Niño en base a aisladas indicaciones de lluvias en el sur del Perú sin que se tenga alguna información sobre excesos de precipitación en la costa norte de Perú.

Ulteriormente, Quinn (1993) publicó una nueva secuencia cronológica, en la cual distinguió eventos "regionales" El Niño y eventos "globales" ENSO. Por eventos regionales se refería a eventos identificados en las costas occidentales de América del Sur (Ecuador, Perú y Chile), mientras los eventos globales serían definidos por anomalías climáticas en áreas como Egipto, India, Indonesia, China y Australia.

En lo que concierne a Chile central, después de Quinn & Neal (1983), Rutllant & Fuenzalida (1991) analizaron la correlación entre anomalías pluviométricas en la región de Santiago y los eventos El Niño en el último siglo. Estos autores utilizaron y modificaron las cronologías de eventos El Niño propuestas por Kiladis & van Loon (1988) y Quinn & Neal (1983). Finalmente, en un trabajo más reciente, Ortlieb (1994) extendió a los siglos XVI-XIX el análisis de las anomalías de pluviometría en Chile central respecto a las cronologías El Niño de los autores anteriores. Una de las conclusiones de este último trabajo era que todavía existen numerosas discrepancias en la definición de los eventos El Niño de los siglos de la Colonia, según se consideraba los datos históricos de Chile (central) o los del Perú. Ultimamente, Ortlieb y colaboradores (1995) destacaron la necesidad de revisar, de una manera más detallada y sintética, el conjunto de elementos paleoclimáticos de los últimos siglos en América del Sur para lograr un consenso en la serie cronológica de eventos El Niño, al menos a nivel macrorregional. Al reunir elementos históricos sobre las regiones costeras entre Arequipa y Coquimbo, el presente trabajo pretende contribuir a dicha síntesis regional a gran escala de las anomalías climáticas recientes en el oeste del continente suramericano.

En definitiva, en la Tabla 3, se indican, para los últimos dos siglos, las cronologías de eventos ENSO de Quinn (1993) y de Whetton & Rutherford (1994) y las cronologías de eventos El Niño según Quinn (1993), Hocquenghem & Ortlieb (1992), y Rutllant & Fuenzalida (1991) (esta última completada por Ortlieb, 1994).

5. LAS RELACIONES ENTRE EVENTOS EL NIÑO Y LAS ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN EN EL NORTE GRANDE DE CHILE

Los datos históricos de precipitación sobre el Desierto de Atacama están representados, en las Tablas 1 y 3, por las columnas "Norte Grande". Los datos de las áreas vecinas ("Norte

Tabla 3 - Síntesis de los registros de lluvias en el centro de Chile, el Norte Chico, el Norte Grande y el sur de Perú, y comparación con diversas cronologías de eventos El Niño/ENSO (según Hoquenghem & Ortlieb, 1992; Quinn, 1993 y Whetton & Rutherford, 1994) durante los dos últimos siglos. Los datos sobre Chile central fueron compilados a partir de los trabajos de Rutllant & Fuenzalida, 1991, y Ortlieb, 1994. Los datos sobre el Norte de Chile y Sur de Perú están detallados en la Tabla 1.

Cronología ENSO en el Pacífico oriental	Cronología global ENSO	Cronología regional El Niño	Cronología El Niño en el norte de Perú	Lluvias anómalas en Chile central	Años lluviosos en el norte de Chile (desierto de Atacama)		Años lluviosos en el sur de Perú	Correlación lluvias Desierto de Atacama vs. El Niño /ENSO
				R. & F., 1991 Ortlieb 1994	Norte Chico	Norte Grande		
Whetton & Rutherford, 94	Quinn, 1993	Quinn, 1993	Hocquenghem & Ortlieb, 1992					
	1794-97 m+ 1799 m				1796			
1803	1802-04 F+ 1806-07 m 1810 m 1812 m+	1803-04 F+ 1806-07 m 1810 m 1812 m+	1803-04 m no ! no !					
1814	1814 F	1814 F	1814 m					
1817	1817 m+	1817 m+	1817 m	1817				
	1819 m+	1819 m+	1819 m	1819		1819		+
	1821 m	1821 m	1821 m	1820 1821		1823		?
1824-25	1824-25 F 1827-28 F+	1824 m+ 1828 MF	1824 m 1828 F	1827-28 1829	1825 1827 1829			
1832	1830 m 1832-33 F+ 1835-36 m	1830 m 1832 m+	1832 m	1833	1833			
1837	1837-39 F	1837 m+	1837 m	1837 1841 1843				
1846	1844-46 MF	1844-46 F	1844-45 m	1845	1844			
1850	1850 F	1850 m	1850 d	1850 1851				
	1852-53 m	1852 m				1852		+
	1854-55 F	1854 m	1854 d	1855 1856	1856			
	1857-59 m+	1857-58 m	1857 d	1858	1857/59	1859	1857	+
1860	1860 m	1860 m	?	1860	1860		1860	
1862	1862 m-	1862 m-	1862 d					
1864	1864 F+	1864 F	1864 m	1864				
1866	1865-66 m+	1866 m+	1866 d					
1867-68	1867-69 F+	1867-68 m+	1867-68 d	1868		1868		+

Chico" y "Sur del Perú") permiten apreciar la extensión y el tipo de las anomalías pluviométricas. La escasez de datos relativos al siglo XIX respecto a la cantidad de información disponible para el siglo XX es interpretada como un producto de la carencia de observaciones adecuadas. Obviamente esto introduce un sesgo (inevitable) en las comparaciones de datos.

La coincidencia de eventos El Niño (según una u otra fuente) y de lluvias en el Norte Grande está subrayada en la Tabla 3 (filas sombreadas). La mayoría de los episodios lluviosos de los siglos XIX (6 de 8) y XX (15 de 24) registrados en el Norte Grande de Chile ocurrieron durante años El Niño. Sólo unos cuantos episodios lluviosos ocurrieron en años normales (no El Niño). En estos últimos casos, no se descarta que existiera alguna relación entre las precipitaciones y situaciones El Niño ocurridos durante el año inmediatamente anterior (o posterior) (1823, 1903, 1906, 1954, 1967?, 1975).

Es importante observar que la correlación entre lluvias en el Norte Grande y eventos El Niño se verifica en un sólo sentido: un número importante de eventos El Niño, en particular en el siglo XIX, no coincidieron con lluvias (registradas) en el Desierto de Atacama. Durante numerosos eventos El Niño clasificados, por unos u otros autores, como "fuertes" (FoF+) o "muy fuertes" (MF) (1814, 1824-25, 1827-1828, 1832-33, 1837-39, 1844-46, 1850, 1854-55, 1864, 1887-89, 1891, 1899-1900, 1901-02, 1904-05, 1913-15, 1957-58) no se registró lluvia en el Norte Grande (Tabla 3). Sólo durante los episodios El Niño fuertes o muy fuertes de 1877-78 (MF), 1884-85 (F), 1918-20 (F+?), 1925-26 (F), 1940-41 (MF), 1972-73 (F+), 1982-83 (MF) y 1991-92 (F) se observa una coincidencia con precipitaciones en el Desierto de Atacama. Estas observaciones tienden a indicar que las condiciones climáticas El Niño son necesarias pero no suficientes para la ocurrencia de lluvias en esta región.

De cierta relevancia podría ser la constatación que una proporción importante de los episodios lluviosos en el Norte Grande de Chile se produjeron durante eventos El Niño clasificados como de intensidad moderada (por unos u otros autores, Tabla 3): 1796 (?), 1819, 1852, 1859, 1868 (?), 1911, 1918 (?), 1929-30, 1932, 1939, 1944, 1976, 1980, 1987. Se puede agregar que esta coincidencia con eventos moderados El Niño involucra episodios poco o muy lluviosos (1911-12, 1929-30, 1944). Sin tratar de interpretar esta relación, debe destacarse que durante los eventos El Niño de intensidad moderada, existe una mayor probabilidad de lluvia en el Desierto de Atacama.

Finalmente, llama la atención el hecho de que no parece existir relación entre la intensidad de los eventos El Niño y la de las lluvias acaecidas en el Desierto de Atacama. En esto, el registro de lluvias históricas en el Norte Grande de Chile no puede ser de gran utilidad para reconstituir, como ha sido el caso en Chile central o en el norte de Perú, la intensidad de los eventos El Niño a partir de la intensidad de las lluvias.

6. CONCLUSIÓN

El fenómeno El Niño y su componente global denominado ENSO ("El Niño-Southern Oscillation") han sido reconocidos como la primera causa de la variabilidad climática interanual. La influencia del modo de circulación atmosférica que caracteriza la fase negativa de la Oscilación del Sur, o sea durante los eventos El Niño, es particularmente nítida en el oeste del continente sudamericano. Una de las regiones en la cual no se había examinado la relación que podría existir entre lluvias anómalas y eventos El Niño, en una perspectiva

histórica, era el Desierto de Atacama. Esto se debía a la gran escasez de datos pluviométricos en esta área inhóspita y despoblada hasta mediados del siglo XIX, y también al hecho que parecía no haber relaciones directas entre la alteración casi-cíclica del sistema climático y los aguaceros que caen esporádicamente y en áreas restringidas del más árido desierto del mundo.

La compilación de datos disponibles sobre las precipitaciones de los últimos dos siglos en el Norte Grande de Chile pone de manifiesto que las relaciones pluviometría-El Niño existen y son complejas. La gran mayoría de los episodios lluviosos en el Desierto de Atacama ocurrieron durante años El Niño. Pero no llueve sistemáticamente durante los eventos El Niño. En una serie de casos, estas lluvias se relacionan con excesos pluviométricos en el Norte Chico y, eventualmente, con excesos de lluvias en Chile central, pero no siempre. En casos excepcionales, se observa una extensión limitada hacia el norte (sur del Perú) de las anomalías de pluviometría. A diferencia de lo observado en Chile central y en la costa Norte del Perú, la intensidad de las lluvias no parece tener relación con la intensidad de los eventos El Niño.

Agradecimientos

Este trabajo fue efectuado en el marco de Convenios científicos ORSTOM-Universidad de Chile (Depto. de Geofísica), y ORSTOM-Universidad de Antofagasta (Facultad de Recursos del Mar) con financiamiento de UR 12 (programa AIMPACT) de ORSTOM. El autor agradece la ayuda técnica brindada por Nury Guzmán (Fac. de Recursos del Mar, Univ. de Antofagasta, Antofagasta) y Miriam Soto (IFEA, Lima).

Referencias citadas

- ACEITUNO, P., 1987 - On the interannual variability of South American climate and the Southern Oscillation. PhD thesis, University of Wisconsin, Madison, 128p.
- ALMEYDA, E., 1948 - *Pluviometría de las zonas del desierto y estepas cálidas de Chile*, 167p., Santiago (Chile): Editorial Universitaria S.A.
- BILLINGHURST, G.E., 1886 - *Estudio sobre la geografía de Tarapacá*, Santiago: Imprenta "El Progreso".
- BOLLAERT, W., 1860 - *Antiquarian, ethnological and other researches in New Granada, Ecuador, Perú and Chile, with observations on the pre-incarial, incarial and other monuments of Peruvian nations*, London: Trübner & Co.
- BOWMAN, I., 1924 - *Desert trails of Atacama*, 362p., American Geographical Society, Special Publication, 5.
- CHONG, G., PEREIRA, M., GONZÁLEZ, G. & WILKE, H., 1991 - Los fenómenos de remoción en masa ocurridos en la región de Antofagasta en junio de 1991. *Vertiente*, 7: 6-13.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, 1993 - *Crecidas súbitas y corrientes de detritos ocurridas el 18 de junio de 1991 en Antofagasta*, Santiago: Ministerio de Obras Públicas.
- GAETE, A.A., 1974 - Análisis estadístico del comportamiento de las precipitaciones en el altiplano de Arica, Provincia de Tarapacá (1932-1973). *Norte Grande*, 1(2): 169-181.
- GUZMAN, V., 1919 - La irrigación en Chile (Manuscrito inédito), Departamento de Riego, Santiago, (Citado por W. Kohn, 1972).
- HAMILTON, K. & GARCÍA, R.R., 1986 - El Niño-Southern Oscillation events and their associated midlatitude teleconnections, 1531-1841. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67: 1354-1361.
- HOCQUENGHEM, A.M. & ORTLIEB, L., 1990 - Pizarre n'est pas arrivé au Pérou durant une année El Niño. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 19(2): 327-334.

- HOCQUENGHEM, A.M. & ORTLIEB, L., 1992 - Eventos El Niño y lluvias anormales en la costa del Perú: siglos XVI-XIX. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 21(1): 197-278.
- KARZULOVIC, J., 1968 - *Estudio hidrogeológico de la región de Arica*. Dirección de Obras Sanitarias, Santiago, (Citado por W. Klohn, 1972).
- KILADIS, G.N. & van LOON, H., 1988 - The Southern Oscillation. Part VII: meteorological anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the oscillation. *Monthly Weather Review*, 116: 120-128.
- KLEINMAN, P. & TORRES, J., 1960 - El agua subterránea en el Valle de Azapa. Informe preliminar (manuscrito inédito). Dirección de Riego, Santiago, (Citado por W. Klohn, 1972).
- KLOHN, W., 1972 - *Hidrografía de las zonas desérticas de Chile*, 188p., Santiago: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
- LABARTHE, P.A., 1914 - Las avenidas extraordinarias en los ríos de la costa. *Informes y Memorias de la Sociedad de Ingenieros del Perú*, 16(11-12): 301-329.
- LARRAIN, H., 1974 - Análisis de las causas de despoblamiento entre las comunidades indígenas del Norte de Chile, con especial referencia a las hoyas hidrográficas de las quebradas Aroma y Tarapacá. *Norte Grande*, 1(1): 125-154.
- LECARPENTIER, C., 1973 - Géomorphologie et eaux souterraines : Présentation de la carte géomorphologique de la Pampa del Tamarugal (Désert nord-chilien). *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 11(2): 29-57.
- LOAYZA, A., 1994 - Caleta Buena, breve episodio del salitre. in: *Tarapacá, una aventura en el tiempo*: 49-50, Iquique: Edic. Camanchaca.
- MINAYA, N.A., 1994 - El Niño/Oscilación del Sur y las precipitaciones en la costa central y sur del Perú, 118p., Informe (inédito), Instituto Geofísico del Perú, mayo 1994.
- MONTERO, A., 1919 - Regadío de Huasco (Manuscrito inédito), Departamento de Riego, Santiago, (Citado por W. Klohn, 1972).
- MURPHY, R.C., 1926 - Fenómenos oceánicos y climáticos en la costa occidental de Sur-América durante el año 1925. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, t. XLIII: 87-125.
- NIEMEYER, H., 1967 - Estudio de la contaminación del río Loa (Manuscrito inédito). Dirección de Riego, Santiago, (Citado por W. Klohn, 1972).
- ORTLIEB, L., 1994 - Las mayores precipitaciones históricas en Chile Central y la cronología de eventos "ENSO" en los siglos XVI-XIX. *Revista Chilena de Historia Natural*, 67: 463-485.
- ORTLIEB, L., HOCQUENGHEM, A.M. & MINAYA, A., 1995 - Toward a revised historical chronology of El Niño events registered in western South-America. XIV International Congress of INQUA (Berlin, 1995). *Terra Nostra*, 2/95: 113.
- QUINN, W.H., 1993 - The large-scale ENSO event, the El Niño, and other important features. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 22(1): 13-34.
- QUINN, W.H. & NEAL, V.T., 1983 - Long-term variations in the Southern Oscillation, El Niño, and Chilean subtropical rainfall. *Fishery Bulletin*, 81(2): 363-374.
- QUINN, W.H., NEAL, V.T. & ANTÚNEZ de MAYOLO, S.E., 1987 - El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research*, 92(C13): 14449-14461.
- QUINTANA ARANA, J., 1990 - Indicadores meteorológicos de "El Niño" y su aplicación al litoral norte y central de Chile. *La Meteorología en el mundo iberoamericano*, 1: 11-20.
- ROMERO, H., 1985 - *Geografía de los climas*, 243p., Santiago: Instituto Geográfico Militar, t. XI.
- ROMERO, H. & GARRIDO, A.M., 1985 - Influencias genéticas del fenómeno El Niño sobre los patrones climáticos de Chile. *Investigación Pesquera*, 32: 19-35, Chile: Instituto de Fomento Pesquero.
- RUTLLANT, J., 1985 - Algunos aspectos de la influencia climática, a nivel mundial y regional, del fenómeno El Niño. *Investigación Pesquera*, 32: 9-17, Chile: Instituto de Fomento Pesquero.
- RUTLLANT, J. & FUENZALIDA, H., 1991 - Synoptic aspects of the Central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 11: 63-76.
- SCHWEIGGER, E.H., 1964 - *El litoral peruano*, 414p., Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, 2da ed.
- URRUTIA de HAZBUN, R. & LANZA LAZCANO, C., 1993 - *Catástrofes en Chile 1541-1992*, 440p. Santiago: Editorial la Noria.
- VICUÑA MACKENNA, B., 1877[1970] - *El clima de Chile*, 399p., Buenos Aires: Editorial Francisco de Aguirre.
- WHETTON, P.H. & RUTHERFURD, I., 1994 - Historical ENSO teleconnections in the eastern hemisphere. *Climatic Change*, 28: 221-253.

1995

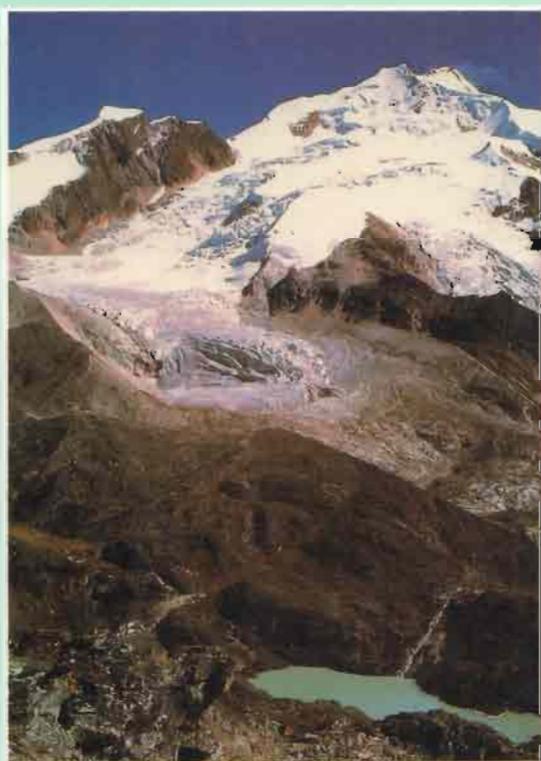
Tome 24
N° 3

LIMA - PÉROU

BULLETIN

de l'INSTITUT FRANÇAIS
d'ÉTUDES ANDINES

**EAUX, GLACIERS
& CHANGEMENTS CLIMATIQUES
DANS LES ANDES TROPICALES**



CRISTOM



IFEA

ÉDITEURS: P. RIBSTEIN, B. FRANCOU, A. COUDRAIN-
RIBSTEIN & P. MOURGUIART

Numéro thématique

**EAUX, GLACIERS
& CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES
ANDES TROPICALES**

**Institut Français d'Études Andines
Institut Français de Recherche Scientifique pour le
Développement en Coopération**

**Éditeurs : Pierre Ribstein, Bernard Francou, Anne
Coudrain-Ribstein, Philippe Mourguiart**