



Bulletin de l'Institut français d'études andines

ISSN: 0303-7495

secretariat@ifea.org.pe

Institut Français d'Études Andines

Organismo Internacional

Gutiérrez, Felipe; Piechota, Tom; Dracup, John
Conexiones entre caudales de algunos ríos de la Costa norte y central del Perú y 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=12627345>

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

redalyc.org

Scientific Information System

Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal

Non-profit academic project, developed under the open access initiative

CONEXIONES ENTRE CAUDALES DE ALGUNOS RÍOS DE LA COSTA NORTE Y CENTRAL DEL PERÚ Y EL NIÑO

*Felipe GUTIERREZ *, Tom PIECHOTA *, John DRACUP **

Resumen

Diferentes estudios han demostrado que existe una relación significativa entre El Niño – Corriente del Sur (ENSO) y los caudales de los ríos de países que se encuentran en la cuenca del Pacífico, e incluso en países que no pertenecen a esta cuenca. Esta relación es importante ya que puede ser usada para predecir caudales, los cuales pueden ser utilizados en la implementación de políticas de operación de embalses, para evitar pérdidas debido a inundaciones, etcétera.

En un estudio preliminar, el caudal de seis ríos peruanos (Chancay, Moche, De la Leche, Chillón, Zaña y Jequetepeque) es analizado y correlacionado con los diferentes índices utilizados para describir El Niño - Corriente del Sur: Índice de la Corriente del Sur (SOI) y las temperaturas oceánicas superficiales Niño 1, 2, Niño 3 y Niño 4. El caudal total anual y el caudal promedio en tres cuatrimestres son correlacionados con promedios trimestrales de los índices ENSO. Los tres cuatrimestres utilizados para las descargas son: enero-feb.-marzo-abril (JFMA por sus iniciales en inglés); mayo-junio-julio-agosto (MJJA); y sep.-oct.-nov.-dic. (SOND). Los períodos utilizados para promediar los ENSO indicadores son: dec.-nov.-oct. (OND), nov.-oct.-sep. (SON), oct.-sep.-ago. (ASO), y sep.-ago.-jul. (JAS) del año anterior.

Las mejores correlaciones encontradas corresponden a la descarga promedio del segundo cuatrimestre (mayo-junio-julio-agosto [MJJA]) con los valores de las temperaturas oceánicas superficiales Niño 1, 2 y Niño 3 para los ríos Moche y Jequetepeque. Estas relaciones indican que sería posible predecir el caudal promedio para el cuatrimestre MJJA con base en los valores de El Niño 1, 2 y El Niño 3 tan tempranos como el promedio del trimestre jul.-ago.-sep. del año anterior. Es decir, predicciones con un avance de hasta siete meses.

Palabras claves: *El Niño, ENSO, Perú, caudal, ríos, descargas y correlación.*

CONNEXIONS ENTRE LES DÉBITS DE CERTAINS COURS D'EAU DE LA CÔTE NORD ET CENTRALE DU PÉROU ET EL NIÑO-COURANT DU SUD

Résumé

Plusieurs études ont montré qu'il y avait une relation significative entre El Niño-Oscillation du Sud (ENSO) et les débits des bassins qui se trouvent ou non dans le Bassin du Pacifique. Cette relation est essentielle car on peut l'utiliser pour prédire des débits, qui serviront à la mise en place de politiques de gestion de barrages et pour éviter des pertes dues à des inondations, etc.

* Civil and Environmental Engineering Department, UCLA, 5731 Boelter Hall, Box 951593, Los Angeles, CA 90095-1593, Tel (310) 206-7245, Fax (310) 206-7245, felipe@seas.ucla.edu, piechota@seas.ucla.edu o dracup@seas.ucla.edu

Dans une étude préliminaire, les débits de six cours d'eau péruviens (Chancay, Moche, de la Leche, Chillón, Zaña et Jequetepeque) ont été analysés et corrélés avec les divers indices utilisés pour décrire El Niño-Oscillation du Sud : l'Indice d'Oscillation du Sud (SOI), et les températures de surface de l'océan Niño 1, 2, 3 et 4. Le débit total annuel et le débit moyen des trois quadrimestres ont été corrélés avec les moyennes trimestrielles des indices ENSO. Les trois quadrimestres utilisés pour les débits sont janvier-février-mars-avril (JFMA), mai-juin-juillet-août (MJJA) et septembre-octobre-novembre-décembre (SOND). Les périodes de calcul des indicateurs de l'ENSO sont octobre-novembre-décembre (OND), septembre-octobre-novembre (SON), août-septembre-octobre (ASO) et juillet-août-septembre (JAS) de l'année précédente.

Les meilleures corrélations correspondent au débit moyen du second quadrimestre (MJJA) avec les valeurs des températures de surface de l'océan Niño 1, 2 et 3 pour les rios Moche et Jequetepeque. Ces relations montrent qu'il serait possible de pronostiquer le débit moyen du quadrimestre MJJA à partir des valeurs des Niño 1, 2 et 3 dès le trimestre JAS de l'année antérieure, c'est à dire des prévisions sept mois à l'avance.

Mots-clés : *El Niño, ENSO, Pérou, débit, fleuves, corrélation de débits.*

LINKS BETWEEN SOME NORTH AND CENTRAL PERUVIAN COAST STREAMFLOWS AND EL NIÑO – SOUTHERN OSCILLATION

Abstract

Several studies have shown that there is a significant relationship between El Niño – Southern Oscillation (ENSO) and the streamflow of rivers of the Pacific Rim countries and even in countries that do not belong to the Pacific Rim. This relationship is very important because it can be used to predict streamflow that can be used to implement reservoir operation policies, as well as to avoid losses due to floods, etc.

In a preliminary study, the discharge of six Peruvian rivers (Chancay, Moche, De la Leche, Chillón, Zaña and Jequetepeque) is analysed and correlated with the different ENSO indicators. The ENSO indicators used are: the Southern Oscillation Index (SOI) and the sea surface temperatures Niño 1, 2, Niño 3 and Niño 4. The total annual discharge and the average discharges for three periods are correlated with four three months averages of the ENSO indicators. The three periods of four months used are: Jan.-Feb.-Mar.-Apr. (JFMA); May-Jun.-Jul.-Aug. (MJJA); and Sep.-Oct.-Nov.-Dec. (SOND). For the ENSO indicators, the periods used are Dec.-Nov.-Oct. (OND), Sep.-Oct.-Nov. (SON), Aug.-Sep.-Oct. (ASO), and Jul.-Aug.-Sep. (JAS) of the previous year.

The best correlations found are for the average discharge of the period May-Jun.-Jul.-Aug. with the sea surface temperatures Niño 1, 2 and Niño 3 for the Moche and Jequetepeque Rivers. This means that it is possible to predict the MJJA average discharge based on the average values of El Niño 1, 2 and/or El Niño 3 as early as the period Jul.-Aug.-Sep. of the previous year. This represents a lag period of seven months.

Key words: *El Niño, ENSO, Peru, Streamflow, Rivers, Discharge and Correlation.*

INTRODUCCIÓN

Varios investigadores han encontrado que existen una relación significativa entre la ocurrencia de El Niño - Oscilación del Sur (ENSO) y la hidrología de los países de la cuenca del océano Pacífico (Waylen & Caviedes, 1986; Ropelewski & Halpert, 1987; 1989; Quinn *et al.*, 1987; Aceituno, 1988; Hastenrath, 1990; Mechoso *et al.*, 1992; Dracup & Kahya, 1994; Kahya & Dracup, 1993; Marengo, 1995; 1998; Piechota *et al.*, 1994; 1996; Piechota, 1997, entre otros), y en particular con la precipitación.

Aunque la relación entre las descargas de los ríos y la precipitación no es absolutamente lineal, sí se puede esperar que eventos extremos en la precipitación estén correlacionados con otros similares en las descargas.

Debido a esta correlación entre la ocurrencia del ENSO y la descarga de los ríos, se puede pensar en la creación de un modelo para predecir el comportamiento del caudal, basado en los indicadores del ENSO. La importancia de este tipo de modelos es evidente para las políticas de operación de embalses, en la protección o manejo de crecientes, asignación de volúmenes de agua para proyectos multi-propósitos, etcétera.

El presente trabajo solamente cubre una pequeña parte de la investigación que actualmente se está adelantando en UCLA y, por lo tanto, debe considerarse como tal. Igualmente, debe entenderse que corresponde a las primeras etapas de la investigación en el área y que esta investigación es un proceso continuo. Comentarios, ideas o datos son bienvenidos.

En este trabajo se analizan la descargas de seis ríos peruanos, localizados en la costa norte y central del Perú y se correlacionan con los diferentes indicadores utilizados para describir eventos ENSO. Estos indicadores, universalmente utilizados, son: el Índice de la Oscilación del Sur (SOI) y las anomalías en la temperatura superficial oceánica dadas por los índices Niño 1, 2, Niño 3 y Niño 4. El SOI está dado por la diferencia de presión atmosférica entre Darwin (Australia) y Tahiti.

1. ÁREA Y DATOS UTILIZADOS

Para el presente estudio se utilizaron seis ríos: De la Leche, Zaña, Jequetepeque y Moche, localizados en la costa norte peruana y los ríos Chancay y Chillón, en la costa central peruana cerca de Lima. (Fig. 1).

La información de las series de caudales medios de estos ríos fue obtenida del Centro para Estudio de la Hidroclimatología de la Cuenca del Pacífico (CHPR por sus iniciales en inglés) que funciona en la Universidad de California en Los Angeles (UCLA). La fuente de estas series es el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) del Ministerio de Agricultura (Lima, Perú). Las series disponibles tienen las siguientes longitudes:

RÍO	ESTACIÓN	AÑO INICIAL	AÑO FINAL	AÑOS
De la Leche	Puchaca	1922	1993	72
Zaña	El Batán	1914	1992	79
Jequetepeque	Ventanillas	1927	1988	62
Moche	Quirihuac	1926	1990	65
Chancay	Santo Domingo	1926	1992	47
Chillón	Puente Magdalena	1939	1992	54



Fig. 1 - Localización de los ríos utilizados.

2. ESTUDIOS PREVIOS

Varios estudios se han ocupado de la influencia de El Niño-Oscilación del Sur en Suramérica, pero pocos realmente se han concentrado en las consecuencias en el Perú. Tal vez el más significativo es el trabajo presentado por Waylen & Caviedes (1986). Este trabajo estuvo motivado por la ocurrencia de devastadoras crecientes sufridas por el Perú en 1983, año en el cual se presentó uno de los eventos ENSO más fuertes.

Waylen y Caviedes utilizaron una distribución de probabilidad Gumbel mixta para las crecientes durante los años El Niño, años "normales" y años La Niña. Los resultados encontrados muestran que "las mayores crecientes anuales están dominadas, aunque no exclusivamente, por eventos en años ENSO. Contrariamente, las crecientes más pequeñas están dominadas por años La Niña".

3. METODOLOGÍA

Las descargas totales anuales y las descargas promedio en tres cuatrimestres son correlacionadas con los valores promedios en cuatro trimestres del año anterior. Los cuatrimestres utilizados en las descargas son: enero-abril (JFMA); mayo-agosto (MJJA) y septiembre-diciembre (SOND), mientras que los trimestres utilizados en los indicadores del ENSO son: julio-septiembre (JAS); agosto-octubre (ASO); septiembre-noviembre (SON) y octubre-diciembre (OND) del año inmediatamente anterior. Esquemáticamente los periodos de "ventaja" (*lag time*) en la predicción de caudales serían: (Fig. 2).

		Descarga 1965					
				J F M A	M J J A	S O N D	
E	1		OND	0	3	6	
N	9		SON	1	4	7	
S	6		ASO	2	5	8	
O	4	JAS		3	6	9	

Fig. 2 - Tiempos de rezago en las correlaciones en meses.

Sobre la base de las correlaciones obtenidas se pueden determinar los mejores indicadores predictores, al igual que los tiempos de rezago de la señal, parámetros que servirán de base para los posibles modelos de predicción de caudales.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados de las diferentes correlaciones están consignados en la Tabla 1. En ella se puede observar que las mejores correlaciones se presentaron en general para la descarga del periodo mayo-agosto y en particular para los ríos Moche y Jequetepeque. Igualmente, es evidente que los indicadores que más correlación presentan con esas descargas son las anomalías de temperatura oceánicas Niño 1, 2 y Niño 3. Sin embargo estos valores de correlación no son significativamente muy altos, como se esperaba. Esto puede observarse también si se mira el comportamiento de las descargas de los ríos durante los años con eventos El Niño, los años con eventos La Niña y años no ENSO. (ver Fig. 3). Las variaciones no son significativas y la variabilidad de cada subgrupo es importante.

En forma particular se presenta en la Fig. 4 el comportamiento histórico del río Moche, en el que se puede observar que solo tres de diez caudales máximos corresponden a años El Niño y uno a La Niña, comportamiento similar para las descargas mínimas. Una tendencia un poco más clara puede verse en las Fig. 5 y 6 para los ríos Jequetepeque y Moche con los valores respectivos de las temperaturas oceánicas Niño 1, 2 y Niño 3. En ambas figuras puede verse que las mayores descargas corresponden en general a mayores anomalías en la temperatura oceánica y viceversa.

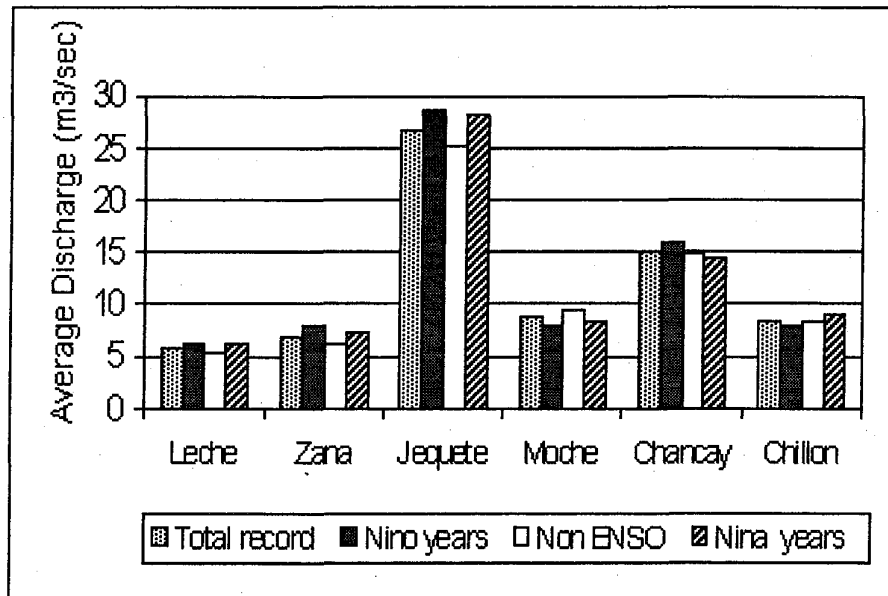


Fig. 3 - Comparación del caudal promedio mensual con los caudales promedios mensuales en los años con ocurrencia de eventos El Niño, La Niña y "normal".

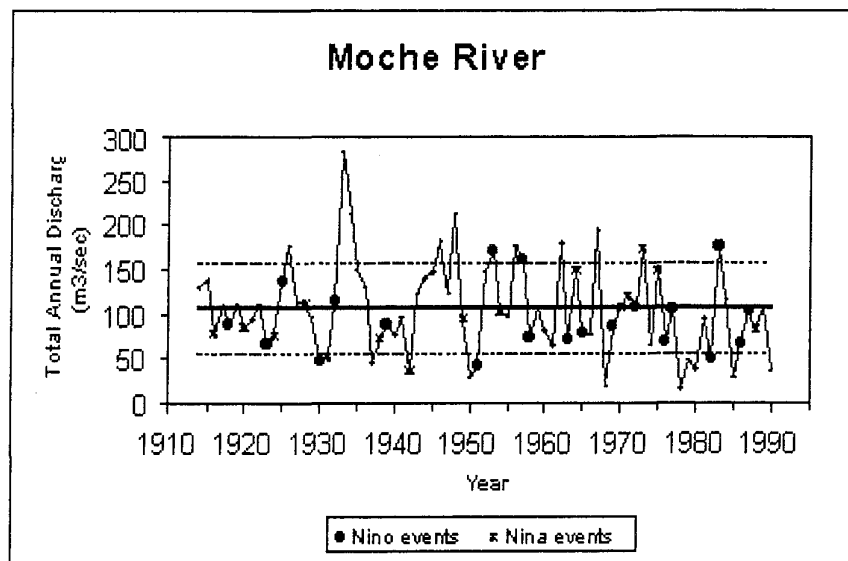


Fig. 4 - Comportamiento de la descarga total anual del río Moche durante años El Niño y La Niña. El caudal promedio es indicado al igual que \pm una desviación estándar (■ ■ ■ línea punteada).

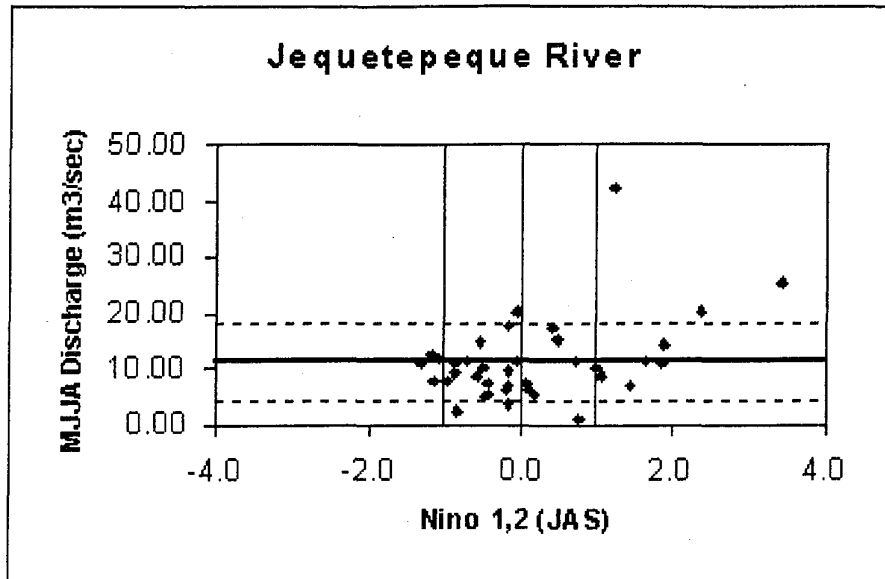


Fig. 5 - Comportamiento de la descarga del río Jequetepeque (mayo-agosto) vs Niño 1, 2 (julio-agosto). Líneas horizontales = caudal promedio y \pm una desviación estándar.

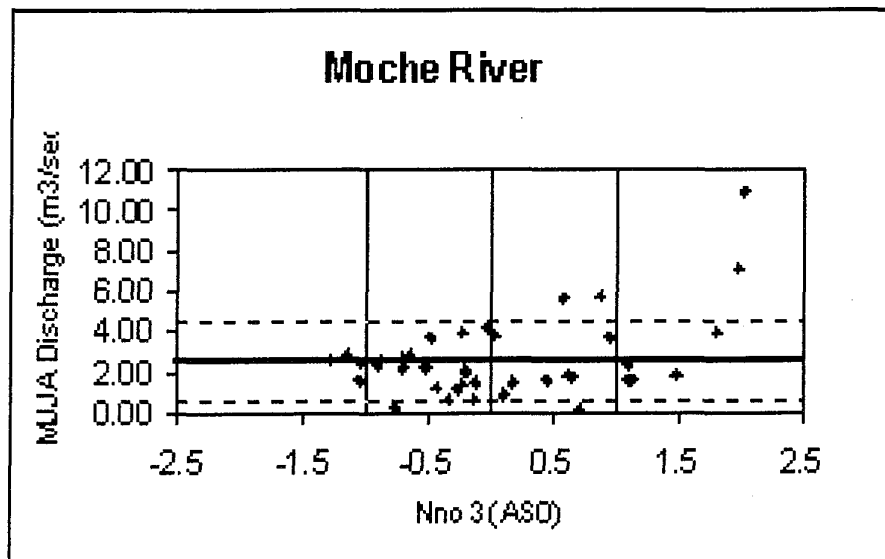


Fig. 6 - Comportamiento de la descarga del río Moche (mayo-agosto) vs Niño 3 (julio-agosto). Líneas horizontales = caudal promedio y \pm una desviación estándar.

Es interesante notar que los seis ríos presentan hidrogramas promedios anuales muy similares, en el sentido de que las máximas descargas se producen en los cuatro o cinco primeros meses del año (ver Fig. 7).

Actualmente se avanza en el establecimiento de otras correlaciones y en otros análisis, y se espera lograr el desarrollo de modelos de predicción de caudales como los modelos utilizados por Piechota (1997) en Australia y Nueva Zelandia.

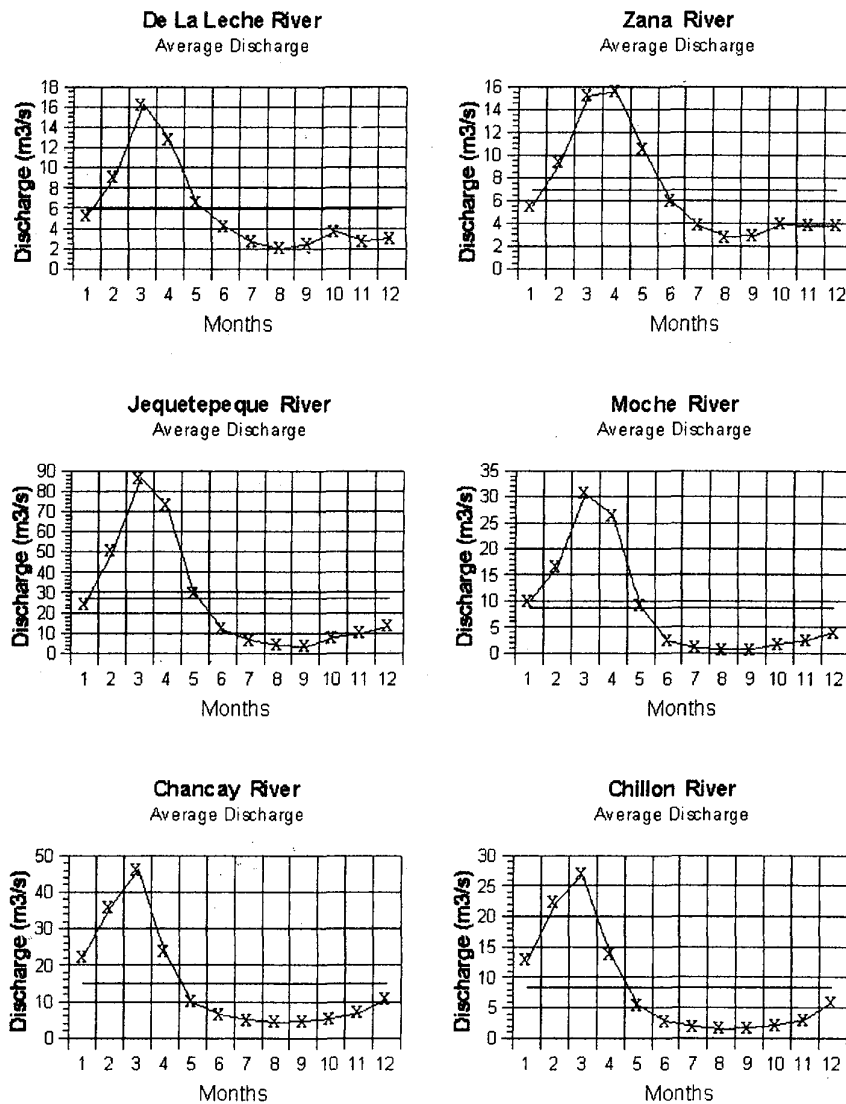


Fig. 7 - Ciclo anual de las descargas medias mensuales.

		Total Annual Discharge						JFMA						MJJA						SOND					
		OND	SON	ASO	JAS			OND	SON	ASO	JAS			OND	SON	ASO	JAS			OND	SON	ASO	JAS		
Streamflow vs SOI	Leche	0.03	0.07	0.06	0.03			0.03	0.08	0.09	0.05			-0.03	-0.04	-0.03	-0.05			0.11	0.13	0.05	0.04		
	Zaña	-0.02	-0.02	-0.01	-0.05			-0.04	-0.02	-0.02	-0.06			-0.04	-0.09	-0.06	-0.05			0.13	0.13	0.11	0.10		
	Jequete	0.05	0.05	0.02	-0.02			0.10	0.11	0.08	0.03			-0.18	-0.20	-0.19	-0.18			0.02	0.01	-0.05	-0.04		
	Moche	-0.04	-0.05	-0.06	-0.06			-0.01	-0.02	-0.02	-0.03			-0.18	-0.19	-0.18	-0.17			-0.03	0.00	-0.08	-0.05		
	Chancay	0.18	0.19	0.17	0.11			0.17	0.19	0.16	0.10			0.21	0.23	0.22	0.20			0.02	0.01	0.02	0.03		
	Chillón	0.30	0.27	0.26	0.22			0.35	0.32	0.31	0.26			0.06	0.05	0.07	0.08			0.03	0.00	-0.03	0.08		
Streamflow vs Niño 1,2	Leche	0.24	0.22	0.20	0.18			0.20	0.19	0.17	0.15			0.36	0.33	0.28	0.25			0.04	0.07	0.06	0.04		
	Zaña	0.22	0.27	0.24	0.20			0.30	0.25	0.21	0.16			0.37	0.33	0.32	0.29			0.00	0.02	0.04	0.03		
	Jequete	0.15	0.14	0.15	0.13			0.04	0.03	0.05	0.03			0.47	0.45	0.43	0.41			0.23	0.23	0.25	0.20		
	Moche	0.18	0.20	0.21	0.18			0.07	0.09	0.11	-0.09			0.48	0.47	0.47	0.45			0.24	0.25	0.23	0.19		
	Chancay	0.00	0.01	0.02	-0.01			-0.01	-0.01	-0.01	-0.04			-0.09	-0.08	-0.05	-0.03			0.12	0.14	0.21	0.17		
	Chillón	-0.13	-0.07	-0.03	-0.03			-0.19	-0.13	-0.09	-0.08			0.10	0.13	0.12	0.12			0.12	0.15	0.20	0.18		
Streamflow vs Niño 3	Leche	0.12	0.12	0.13	0.10			0.10	0.10	0.11	0.09			0.24	0.22	0.21	0.16			-0.06	-0.04	-0.03	-0.04		
	Zaña	0.21	0.20	0.20	0.16			0.20	0.19	0.18	0.15			0.30	0.27	0.27	0.24			-0.08	-0.05	-0.03	-0.04		
	Jequete	0.09	0.08	0.10	0.08			-0.01	-0.02	0.00	-0.01			0.38	0.36	0.37	0.35			0.21	0.22	0.23	0.19		
	Moche	0.16	0.13	0.16	0.17			0.07	0.03	0.06	0.07			0.47	0.42	0.46	0.45			0.20	0.24	0.25	0.23		
	Chancay	-0.12	-0.08	-0.05	-0.04			-0.12	-0.10	-0.08	-0.07			-0.25	-0.20	-0.15	-0.13			0.10	0.13	0.19	0.20		
	Chillón	-0.19	-0.17	-0.12	-0.09			-0.24	-0.23	-0.19	-0.16			0.02	0.09	0.10	0.12			0.12	0.16	0.19	0.21		
Streamflow vs Niño 4	Leche	-0.16	-0.17	-0.16	-0.16			-0.14	-0.16	-0.14	-0.14			-0.10	-0.12	-0.11	-0.12			-0.21	-0.22	-0.20	-0.19		
	Zaña	-0.06	-0.05	-0.02	0.01			-0.04	-0.04	0.00	0.01			0.03	0.03	0.04	0.07			-0.22	-0.20	-0.17	-0.13		
	Jequete	-0.10	-0.10	-0.06	-0.05			-0.16	-0.15	-0.11	-0.10			-0.12	0.11	0.14	0.16			0.07	0.06	0.07	0.06		
	Moche	0.02	0.02	0.06	0.09			-0.06	-0.05	-0.01	0.02			0.24	0.24	0.27	0.30			0.21	0.20	0.20	0.19		
	Chancay	-0.20	-0.19	-0.17	-0.15			-0.21	-0.19	-0.17	-0.14			0.36	0.31	-0.28	-0.23			0.12	0.06	0.03	-0.02		
	Chillón	-0.32	-0.30	-0.27	-0.26			-0.36	-0.35	-0.32	-0.32			-0.09	0.01	0.05	0.09			0.06	0.06	0.07	0.04		

0.5 more

0.4-0.5

0.0-0.3

Tabla 1 - Correlaciones de las descargas de los seis ríos estudiados con los indicadores ENSO. Los ríos están ordenados de norte a sur.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Centro para el Estudio de la Cuenca del Pacífico (University of California Pacific Rim Research Center), a la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation NSF) y al Centro de Recursos Hidráulicos de la Universidad de California (University of California Water Resources Center) por el apoyo financiero al trabajo que se adelanta en UCLA.

Referencias citadas

- ACEITUNO, P., 1988 - On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. *Monthly Weather Review*, **116**: 505-524.
- DIAZ, H. F. & MARKGRAF, V., 1992 - *El Niño - Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*, 476p., Cambridge University Press
- DRACUP, J. A. & KAHYA, E., 1994 - The Relationships between U.S. Streamflow and La Niña Events. *Water Resources Research*, **30**(7): 2133-2141.
- HASTENRATH, S., 1990 - Diagnostics and Prediction of Anomalous River Discharge in Northern South America. *Journal of Climate*, **3**: 1080-1096.
- KAHYA, E. & DRACUP, J. A., 1993 - US Streamflow Patterns in Relation to the El Niño/Southern Oscillation. *Water Resources Research*, **29**(8): 2491-2503.
- MARENGO, J. A., 1995 - Variations and Change in South American Streamflow. *Climatic Change*, **31**: 99-117.
- MARENGO, J. A., 1998 - Trends in Streamflow and Rainfall in Tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwestern Peru. *Journal of Geophysical Research*, **103**(D2): 1,775-1,783.
- MECHOSO, C. & PEREZ IRIBARREN, G. 1992 - Streamflow in Southeastern South America and the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, **5**: 1535-1539.
- PIECHOTA, T. C., 1997 - Long-Range Seasonal Streamflow Forecasting and the El Niño-Southern Oscillation, UCLA.
- PIECHOTA, T. C. & DRACUP, J. A., 1996 - Drought and Regional Hydrologic Variation in the United States: Associations with the El Niño - Southern Oscillation. *Water Resources Research*, **32**(5): 1359-1373.
- PIECHOTA, T. C., DRACUP, J. A. & BROWN, E., 1994 - South American Streamflow and the Extreme Phases of the Southern Oscillation. in: *Proceedings of the Eleventh Annual Pacific Climate (PACLIM)*: 85-92, Workshop, April.
- QUINN, W., NEAL, T. & ANTÚNEZ DE MAYOLO, S., 1987 - El Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries. *Journal of Geophysical Research*, **92**(C13): 14,449-14,461.
- ROPELEWSKI, C. F. & HALPERT, M. S., 1987 - Global and Regional Scale Precipitation PATTERNS Associated with the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, **115**: 1606-1626.
- ROPELEWSKI, C. F. & HALPERT, M. S., 1989 - Precipitation Patterns Associated with the High Index Phase of the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, **2**: 268-284.
- WAYLEN, P. R. & CAVIEDES, C., 1986 - El Niño and Annual Floods on the North Peruvian Littoral. *Journal of Hydrology*, **89**: 141-156.