

# UN ANÁLISIS ESTADÍSTICO BREVE DE LA LLUVIA ESTACIONAL EN EL NORTE DE PERÚ

por JORGE CHIRA LA ROSA

SENAMHI

Jr. Cahuide 786, Jesús María – Lima 11, Lima-Perú

Email: [jchira@senamhi.gob.pe](mailto:jchira@senamhi.gob.pe)

Telf. (511) 4704863

Fax. (511) 2658798

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es entender la variabilidad de la estación lluviosa en el norte de Perú. Se utilizó el Análisis de Componente Principal (ACP) para encontrar índices regionales de lluvia. Estos resultados se compararon con índices ENSO (El Niño-Oscilación del Sur), con varios meses de anticipación, para encontrar alguna relación que ayude a entender los mecanismos físicos que controlan la estación lluviosa en la región.

El norte de Perú es el primer lugar en ser afectado por el fenómeno El Niño, y es la región dónde se tiene el impacto más fuerte. Este fenómeno causa lluvias torrenciales y fuertes inundaciones, causando pérdidas a la industria agrícola y pesquera entre otros, así como algunas veces pérdidas de vidas humanas. Por consiguiente es muy importante saber cómo será la próxima estación lluviosa, para la prevención y mitigación de desastres naturales así como para la planificación agrícola y pesquera.

Se realizó un análisis estadístico (Análisis de Componente Principal y Análisis de Correlación - CA), para la estación lluviosa en el norte de Perú, con varios índices relacionados al fenómeno ENSO (Anomalías Estandarizadas de Temperatura Superficial de Agua de Mar Niño12 y Niño3 e Índice de la Oscilación Del Sur).

Con ACP se encontró dos índices regionales: R1 (Costa) y R2 (Región montañosa), para las siete estaciones de monitoreo en el periodo de 1973-1998. Se utilizaron datos de reanálisis del NCEP (National Center for Environmental Prediction) y Análisis de Correlación, para calcular áreas correlacionadas con éstos índices, utilizando varios parámetros atmosféricos y oceanográficos, incluyendo la Temperatura Superficial de Agua de Mar-TSM, Vientos (850 hPa) y Presión del Nivel del mar (SLP). Finalmente el CA fue usado para calcular la relación entre el índice regional e índices ENSO de NCEP. También se compararon las variaciones interanuales de R1 y R2, con los índices de la región Niño3 e IOS.

Los resultados muestran que el índice R1 para la región de la Costa es más predecible que el índice R2 para la región montañosa.

La predictabilidad de la precipitación para el norte de Perú, está altamente influenciada por la ocurrencia de los eventos ENSO.

## INTRODUCTION

La región de estudio esta localizada entre las latitudes 4S-6S y las longitudes 79-81 Fig. 1, esta área tiene aproximadamente 49,000 km<sup>2</sup>. El clima de este lugar varia entre Perárido a Subtropical en las llanuras costeras hasta templado y frió hacia las montañas. Las principales precipitaciones se dan entre los meses de Febrero a Abril (Fig. 2), en casi toda la región. La lluvia varia desde unos pocos milímetros en la costa hasta mas de 1000 mm en las montañas. Las altitudes varían desde 0 hasta mas de 3000 msnm.

Bajo condiciones normales el área costera esta marcada por la casi ausencia de lluvia, sin embargo, su patrón normal es alterado durante la fase calida del evento ENSO (Hamilton and Garcia, 1986).

Según la CAF (Corporación Andina de Fomento), el Perú ha tenido pérdidas por más de 6,000 millones de dólares americanos por efectos directos e indirectos relacionados al fenómeno El Niño, ocurrido en los años 1983 y 1998.

La variabilidad de la precipitación en la zona norte de Perú, ha sido estudiada en términos de eventos ENSO para escalas interanuales (Hamilton and Garcia 1986, Barnett 1984, Aceituno 1998), pero hay pocos estudios enfocados en la variabilidad intraestacional (Horel and Cornejo 1986), principalmente debido entre otros factores a la escasez de datos y a difícil evaluación de esta zona.

Según Satyamurty et al., 1999, los trópicos y subtrópicos sudamericanos sufren una gran influencia debido al El Niño y la Oscilación del Sur. Asimismo, Obregón y Nobre, 1990 explican que el principal mecanismo conducente a la compleja conducta de la precipitación interanual e interdecadal sobre los trópicos sudamericanos esta fuertemente modulada por las anomalías de la Temperatura Superficial de Agua de Mar (TSM), tanto para el Pacifico Tropical como para el Océano Atlántico.

Richman and Lamb (1985) encontraron que el Análisis de Componentes Principales puede ser usado en la investigación de independencia de datos en el análisis de de lluvia estacional. Ellos encontraron que la regionalización de la lluvia a través del ACP tiene particular utilidad dado que asegura el encapsulamiento de los patrones característicos de la variación estacional de la precipitación de verano.

El objetivo de este trabajo es el estudio de la variabilidad de la precipitación en el Norte de Perú y la circulación asociada por campos atmosféricos en el pacifico tropical, usando Análisis de Componentes Principales. De hecho los índices regionales de lluvia son calculados y correlacionados con índices ENSO, en una correlación simultanea y a intervalos a fin de identificar alguna relación entre anomalías de TSM, Presión Atmosférica a Nivel del Mar (PNM) y Viento, para entender la variabilidad de la precipitación estacional de la precipitación.

Este entendimiento es de particular importancia para el desarrollo de esquemas de predicción climática.



Tabla 1. Estaciones Meteorológicas

NUMERO	NOMBRE	LONG.	LAT.	ALT.(m)
110130	RICA PLAYA	80,27	3,48	29
110135	EL SALTO	80,19	3,26	3
110238	SAUSAL DE CULUCAN	79,46	4,45	980
110247	SAN MIGUEL	80,41	5,14	29
120208	MALLARES	80,44	4,51	45
120237	AYABACA	79,43	4,38	2700
130207	MIRAFLORES	80,37	5,10	30

#### Software

Software Estadístico SYSTAT version 10 from SPSS Inc.  
Win32 GrADS Version 1.7.Beta.9

#### Metodología

El método usado fue el Análisis de Componentes Principales (ACP) para realizar una regionalización de la precipitación al norte de Perú e identificar un índice regional de lluvia para ese lugar.

El ACP es una técnica estadística que sirve para descomponer una matriz de correlación o covarianza, con la que se estudia la correlación de un gran número de variables agrupándolas en "factores", así estas variables entre cada factor están más altamente correlacionadas.

El ACP y el Análisis de Correlación (AC) se utilizaron debido a la facilidad de su uso además otros estudios comparativos han probado su utilidad (Richman y Lamp 1985).

Se utilizaron los datos de reanálisis, para correlacionarlos con los índices regionales de precipitación. El reanálisis es un producto híbrido de información climática que involucra la interpolación de datos climáticos dentro de campos espacialmente consistentes, a través del uso de modelamiento climático y técnicas de asimilación (Kalnay et al. 1996).

Existen varios conjuntos de datos de reanálisis tales como el ECMWF o NASA/DAO, pero se utilizó los datos NCEP, debido a que son los más disponibles y fáciles de utilizar.

Para graficar las variables usamos el software GRADS. El Grid Analysis and Display System (GrADS) es una herramienta interactiva utilizada en el análisis y trazado de datos meteorológicos.

Se utilizó la siguiente metodología:

- 1) Se sumó los tres meses característicos de la estación lluviosa (Febrero, Marzo y Abril) de todos los años para obtener un único valor por cada año/estación. Se obtuvieron índices de precipitación expresados como desviaciones (salidas) normalizadas.
- 2) Se estandarizaron las anomalías de precipitación, luego se calcularon los componentes no rotados y rotados, utilizando la rotación VARIMAX. Con estos resultados se obtuvieron

dos índices regionales, R1 para la región cercana al mar y R2 para la zona alejada del mar.

3) Utilizando macros de GRADS y datos de reanálisis se calculo la correlación entre PNM y TSM con intervalos de 0, -1, -2, -3 (Febrero, Enero, Diciembre y Noviembre). De acuerdo a esto se seleccionó la mejor correlación para posteriormente compararlo con los índices regionales.

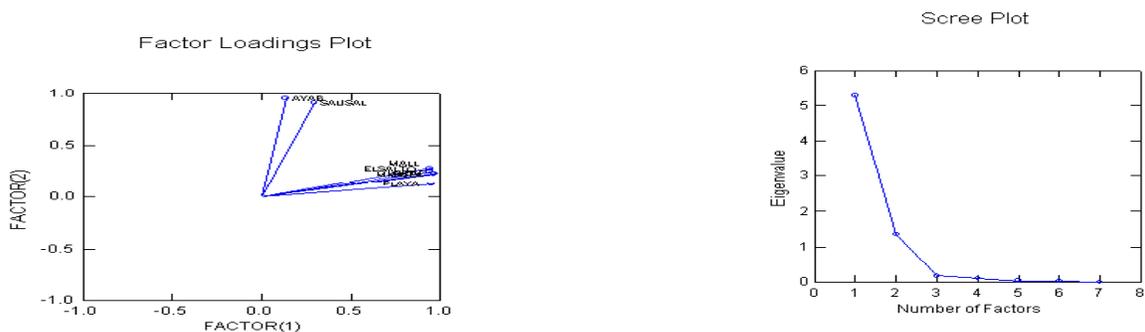
4) Con los índices regionales y anomalías estandarizadas de TSM (de Niño 12, Niño3) y IOS para intervalos de 0, -1, -2, -3 y se calcularon los coeficientes de correlación.

5) Finalmente, se compararon los coeficientes de correlación para la serie completa y para una serie sin incluir años Niño para conocer como es la influencia del fenómeno ENSO con los coeficientes de correlación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Fig. 2 muestra los dos factores encontrados a través de ACP. Estos dos factores agrupan a un conjunto de estaciones con una variabilidad común, lo que permitirá establecer un índice regional para cada grupo. Estos grupos denominadas Región 1, y Región 2, coinciden con su ubicación geográfica; la Región 1 se encuentra cercana al mar y la Región 2 se encuentra alejada del mar

Fig. 2. Dos factores rotados generados por ACP. El primer factor o Region 1, agrupa a las estaciones Mallares, El Salto, Miraflores y Rica Playa, mientras que el segundo factor o Region 2 agrupa a las estaciones Ayabaca y Sausal de Culucan



Se realizo un análisis correlación entre los datos de reanálisis (PNM, Viento y TSM), con los índices regionales calculados para cada región, usando intervalos de 0, -1, -2 y -3. Se observo que las correlaciones entre los datos de reanálisis con los índices regionales de precipitación, tenían mayor consistencia para las variables TSM y la PNM en el intervalo -1 (Enero).

Las áreas correlacionadas para la TSM y la PNM con los índices regionales se muestran en las Fig. 3 y Fig.4, aquí se observa que las mayores correlaciones se encuentran en la Región 1.

Se observa que las mayores correlaciones se encuentran asociadas a un incremento de temperatura en el Pacífico Este, así como a un incremento de presión en el pacifico Oeste y decrecimiento de la presión en el pacifico este, lo que significa que la temperatura y la presión sobre el Océano Pacífico tiene gran influencia en la variación estacional de la precipitación en esta región, explicado en el sentido que los incrementos térmicos del Océano Pacífico producen aumento de convección que conllevan a un incremento de la precipitación en esta zona.

Fig. 3 Correlación entre los índices regionales R1 y R2 respectivamente, versus anomalías estandarizadas de PNM (reanálisis NCEP) en Enero.

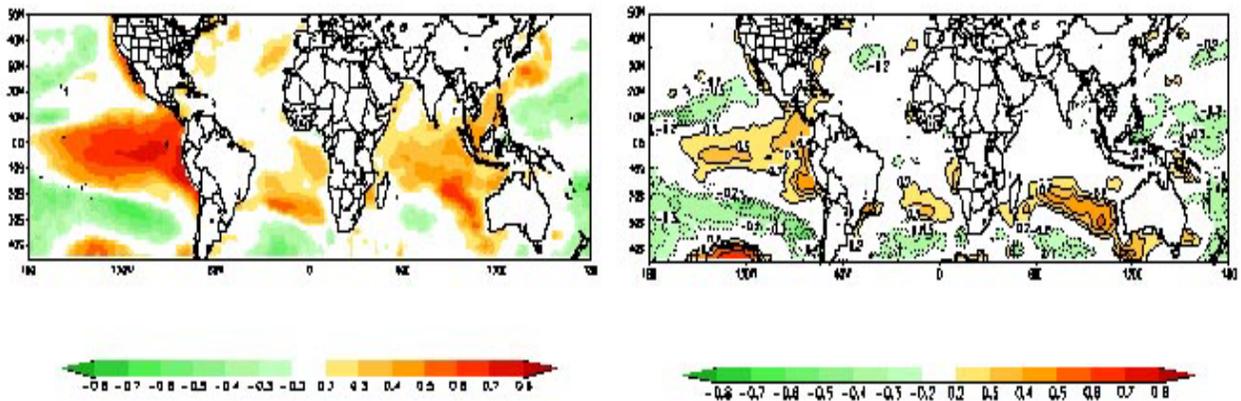
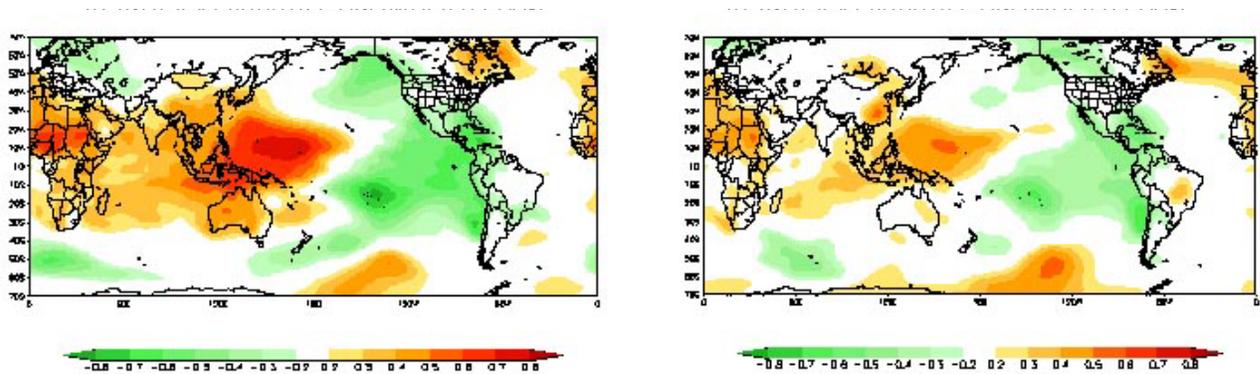


Fig. 4 Correlación entre los índices regionales R1 y R2 respectivamente, versus anomalías estandarizadas de PNM (reanálisis NCEP) en Enero.



De acuerdo a las correlaciones observadas entre la TSM y los índices de precipitaciones, se correlaciono el índice R1 con Anomalías Estandarizadas de TSM Niño 12 y Niño 3 y IOS, para la serie completa y sin eventos Niño extremos (1993 y 1998). Ver Fig. 5 y Fig. 6.

Se observo mejores correlaciones con la TSM Niño 12 y TSM Niño 3 con la serie completa, pero cuando se elimino los eventos Niño, solo el IOS siguió mostrando correlaciones aceptables.

La correlación encontrada entre el IOS en Enero con el índice R1 fue de  $-0.585$  sin incluir eventos ENSO, pero solo explica el 34% de la varianza, pero si se considera los eventos ENSO la correlación aumenta a  $-0.735$  con una varianza de 54%. Esto significa que el IOS podría ser un potencial predictor de lluvia, al igual que la TSM.

Fig 5. Comparación entre los coeficientes de correlación del índice R1 versus TSM Niño12, Niño3 y IOS, con la serie incluyendo los años 1983 y 1998.

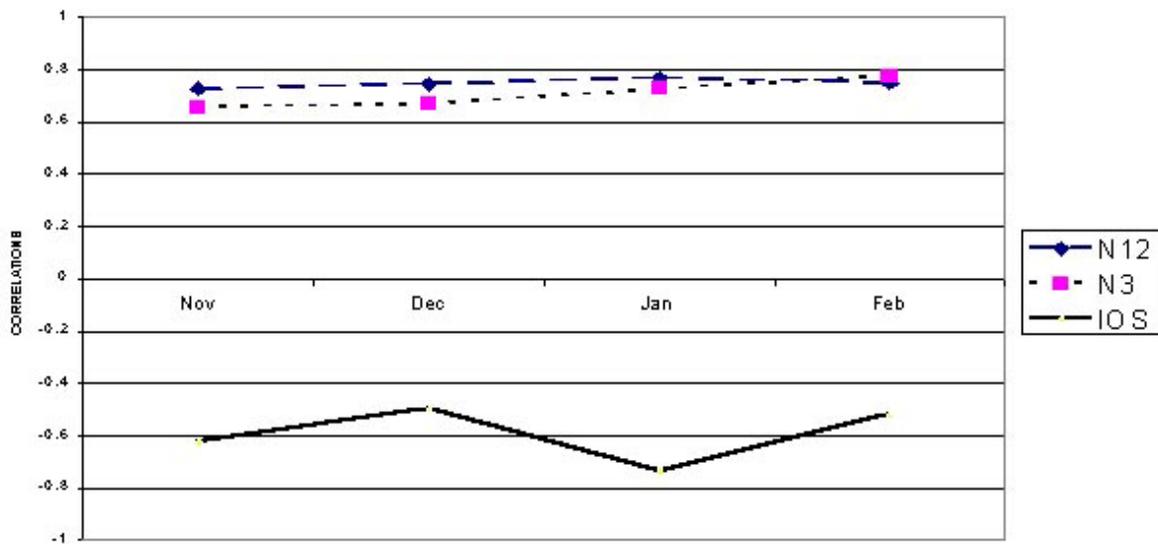
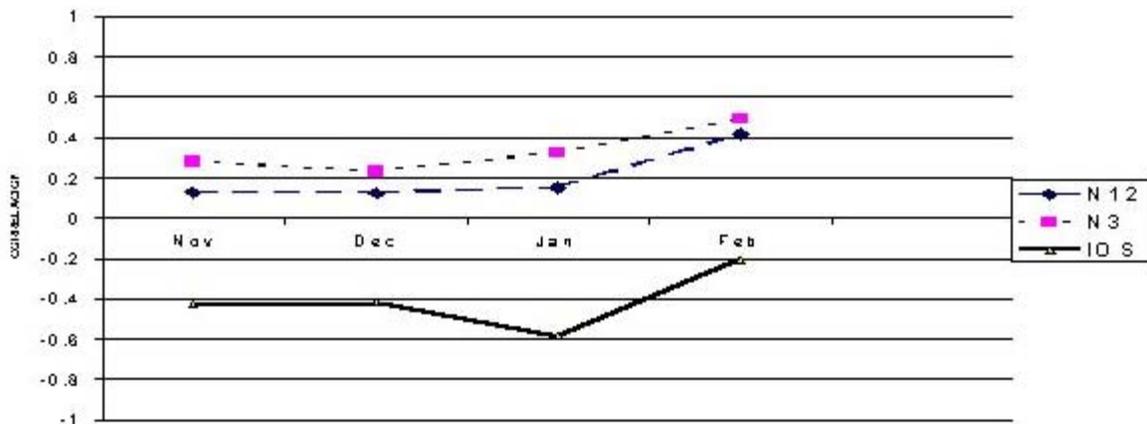


Fig 6. Comparación entre el coeficiente de correlación del índice R1 versus TSM Niño12, Niño3 y IOS, con la serie sin incluir los años 1983 y 1998.



Adicionalmente, se comparó las variaciones interanuales de los índices R1 y R2 con TSM Niño 3 y IOS como se muestra en la Fig.7 y Fig. 8. Los resultados de esa comparación muestran que el índice de lluvia R1 es decir la región costera, tiene mayor asociación con los índices ENSO que el índice de lluvia R2 para la región montañosa. También se observó que los índices R1 y R2 son muy sensibles a los extremos de la oscilación del sur, (evidenciada por TSM y IOS) durante los eventos extremos El Niño; en el resto del período analizado, no se observa un patrón consistente. La gran sensibilidad de la precipitación de esas dos regiones a las condiciones El Niño parece ser un indicador que la mejor predictabilidad está limitada a los años extremos, mientras que en situaciones normales la predictabilidad es relativamente baja, considerando las precipitaciones.

Fig. 7. Variación Interanual del índice R1 y TSM Niño 3 y IOS

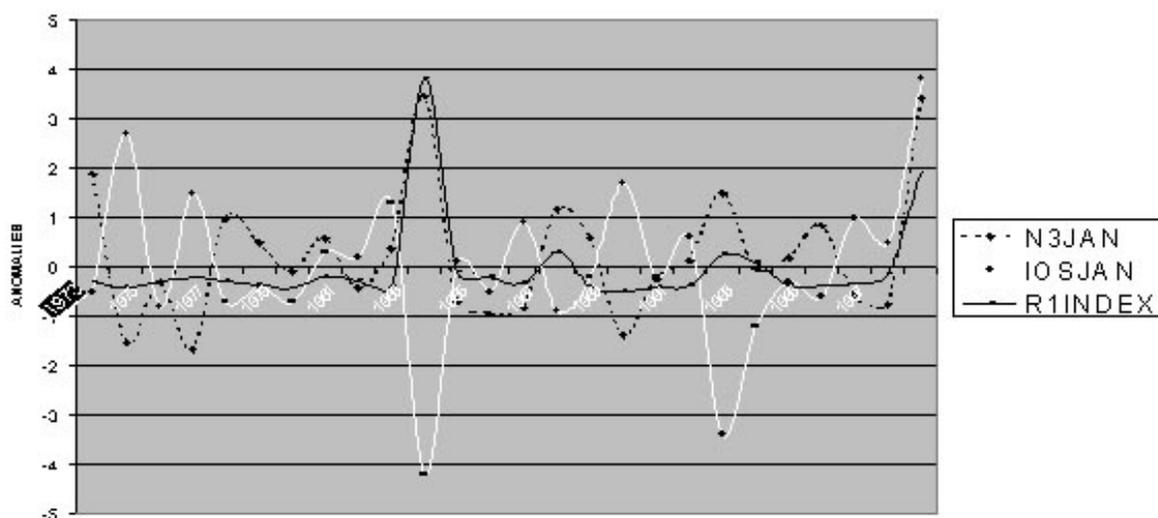
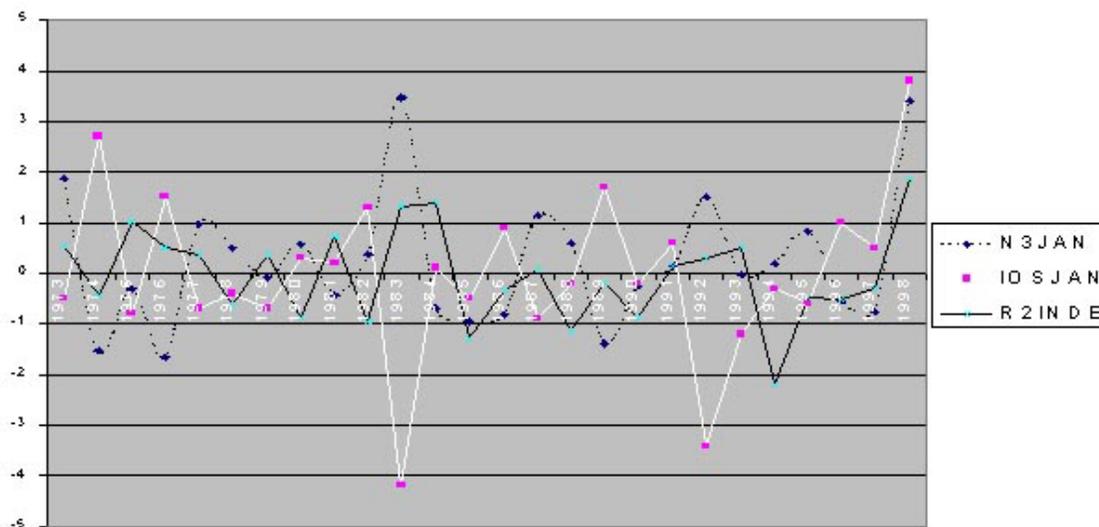


Fig. 8. Variación Interanual del índice R2 y TSM Niño 3 y IOS



## CONCLUSIONES

- El norte de Perú muestra dos regiones bien definidas para la precipitación estacional de verano: la región costera y la región montañosa. Las precipitaciones de la región costera muestra una gran influencia de la temperatura superficial de agua de mar de la cuenca del pacifico, especialmente durante eventos ENSO, mientras que la región montañosa no parece tener una influencia definida, quizás es afectado por disturbios intraestacionales provenientes de la flanco este de los andes (posiblemente la cuenca amazónica) que no pueden ser observados a escala mensual.
- Se obtuvieron altas correlaciones entre el índice regional costero y las anomalías de TSM, si se utiliza toda la serie que incluye los eventos ENSO, esto debido a que durante los eventos ENSO moderados a fuertes, la TSM es extremadamente alta, lo cual puede ser evidenciado si eliminamos los datos de los años Niño 1982-83 y 1997-98, dando una “falsa” predictibilidad maximizada por esos eventos.
- No se encontró correlaciones significativas con otras variables aparte de la TSM y la PNM, posiblemente debido a la poca resolución de los datos de reanálisis.
- La TSM (Niño 12 y 3) tiene una fuerte forzante en la precipitación de la región costera, solo durante años Niño, es decir tiene fuerte persistencia. Contrariamente durante años no Niño, la única forzante parece ser el IOS, lo que podría indicar que el IOS tiene una variación estacional.
- Este estudio resume brevemente el análisis estadístico de la lluvia estacional al norte de Perú, sin embargo éstos no deberían tomarse como concluyentes, debido a la escasez de datos encontrados; en este sentido, es necesario consolidar una mayor cantidad de datos, así como realizar análisis más extensivos.
- Se sugiere usar una mayor cantidad de estaciones meteorológicas así como un mayor periodo de registro. El uso de datos diarios reforzaría el análisis.
- Es necesario monitorear el IOS como un posible predictor de la estación lluviosa en la región costera Del norte de Perú.

## REFERENCIAS

- Aceituno, P 1988; On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I Surface Climate Monthly Weather Review 118 p. 512
- Hamilton and Garcia; El Nino/Southern Oscillations Events and Their Associated CAF (Corporación Andina de Fomento), 2000, Las lecciones de El Niño, Perú, Monitoreo del Fenómeno El Niño 1997-1998 Retos y Propuestas para la región andina, p 55.
- Midlatitude Teleconnections 1531-1841. Bulletin of American Meteorological Society, 1986. P 1355.
- Marengo, Jose. 2001; Course Notes of Third Workshop on Regional Climate Prediction and Applications, Oklahoma, USA.
- Horel and Cornejo. 1986 Convection Along the Coast of Northern Peru during 1983: Spatial and Temporal Variations and Clouds and Rainfall. Monthly weather Review 114 p. 2092.
- Phillander G. 1989; El Nino, La Nina, and the Southern Oscillation. International Geophysics Series p. 13-17.
- Systat 10 Reference Manual SPSS Inc. p I-327