

Servicio Nacional de  
Meteorología e Hidrología

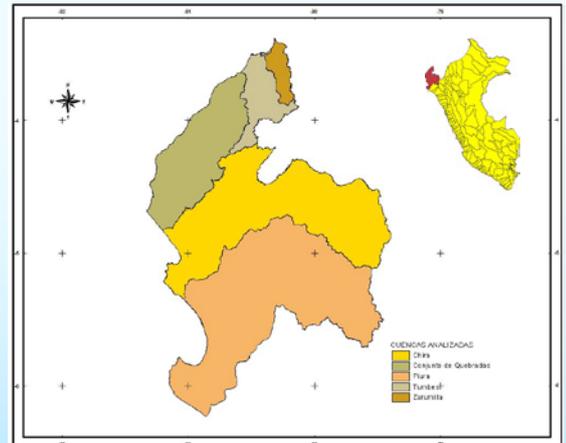
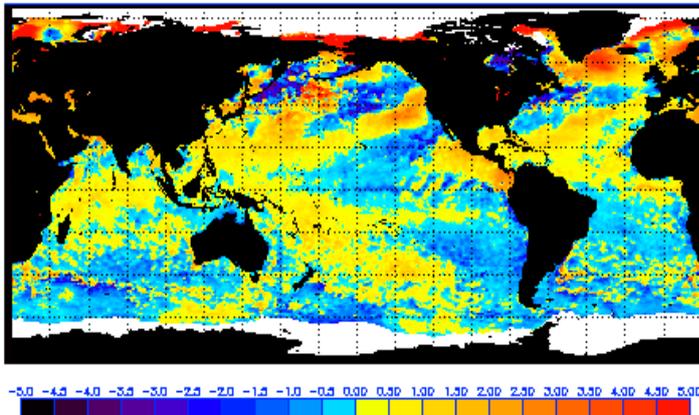


Dirección General de Hidrología  
y Recursos Hídricos

# IMPACTO HIDROLOGICO DE LOS EVENTOS EL NIÑO – LA NIÑA CUENCAS DE LOS RIOS PIURA, CHIRA, TUMBES Y ZARUMILLA

DGH-SENAMHI

NOAA SST Anomaly (degrees C), 7/9/2007  
(white regions indicate sea-ice)



ESTUDIO FINAL

LIMA-PERU

2007

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA**

**DIRECCION GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS**

**IMPACTO HIDROLOGICO DEL FENOMENO EL NIÑA – LA NIÑA  
CUENCAS DE LOS RIOS PIURA, CHIRA, TUMBES Y ZARUMILLA**

**PRESIDENTE EJECUTIVO DEL SENAMHI**

*Mayor General FAP ® WILAR GAMARRA MOLINA*

**DIRECTOR GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS**

*Ing° MSc. JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ*

**DIRECTOR DE HIDROLOGIA APLICADA**

*Ing° JORGE YERRÉN SUÁREZ*

**ELABORACION:**

*Ing° MSc. WALDO LAVADO CASIMIRO (wlavado@senamhi.gob.pe)*

**LIMA – PERU**

**2007**

**Citar este documento como:**

**Lavado Casimiro W.S., Yerren Suarez J. y Ordoñez Gálvez J.J. (2007), Impacto Hidrológico del Fenómeno El Niña-La Niña. Cuencas de los ríos Piura, Chira, Tumbes y Zarumilla. Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima-Perú.**

## RESUMEN

El presente trabajo sobre el Impacto Hidrológico del evento El Niño – La Niña, en las cuencas de los ríos Piura, Chira, Tumbes y Zarumilla, pretende evaluar a nivel espacial y temporal los regímenes pluviométricos y de descargas en la cuencas mencionadas, para lo cual se seleccionaron las estaciones más representativas, previo análisis de los datos de las estaciones, para tener la información consistenciada y homogeneizada; asimismo en estas estaciones se realizó un análisis de quiebres utilizando para ello técnicas estadísticas de quiebres de series hidrometeorológicas, contando como herramienta el software Khronostat.

Para el análisis de las precipitaciones se desarrolló una metodología empleada para estudios de sequías, en los cuales se utilizan índices de aridez, habiéndose seleccionado para su aplicación el Índice de precipitación normal (IPN) y el Índice de precipitación estandarizada (IPE), utilizando también para el análisis de caudales los respectivos Índice de caudal normal (IQN) y el Índice de caudal estandarizada (IQE).

En base a estos índices conoceremos el comportamiento pluviométrico de los años en cada una de las estaciones seleccionadas y su clasificación por los valores positivos o negativos que tome los índices, teniendo mayor énfasis en los eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y La Niña Oscilación del Sur (LNOS), para lo cual se seleccionaron los años 1972-73, 1982-83, 1986-87, 1991-92, 1997-98 y 2002-03 como eventos ENOS y los años 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1988-89 y 1998-99 como eventos LNOS.

Del análisis general de la información de caudales se comprueba la relación que existe entre las precipitaciones en las zonas cercanas al mar (cuencas bajas) y los índices de anomalía de temperatura superficial del mar (ATSM), utilizándose como patrón de comparación los valores de la ATSM en la zona 3+4. Del análisis de quiebres se comprueba la inexistencia de los mismos debido a los patrones secos que se presentan en las zonas costeras de las estaciones analizadas.

Del análisis de los IPN y los IPE se observa la fuerte influencia que tuvieron los eventos ENOS 1982-83 y 1997-98 sobre los excesos de humedad en la región analizada, y para los eventos LNOS se observa que el único evento que tuvo impacto de humedad extrema sobre el patrón de precipitaciones fue el evento LNOS 1998-99. Al analizar los registros de caudales de los ríos Chira y Tumbes, se observa el mismo comportamiento de las precipitaciones en los IQN y los IQE, pero siendo el río Tumbes el que presente mayor relación con los registros de ATSM.

---

## CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>8</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
2.1 Generales: .....	9
2.2 Específicos:.....	9
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>9</b>
3.1 Estudios de referencia relacionados a este trabajo .....	9
3.2 Marco teórico y conceptual .....	11
3.2.1 El fenómeno EL NIÑO.....	11
3.2.2 El Fenómeno La Niña.....	14
3.2.3 La Oscilación del Sur .....	16
3.2.4 Otros índices de El Niño.....	19
3.2.5 Clasificación de eventos El Niño y La Niña.....	20
3.2.6 El Niño en el Perú.....	22
3.2.7 Índice de Precipitación Normal (IPN).....	24
3.2.8 Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) .....	25
3.2.8 Análisis de quiebres o ruptura en las series anuales de precipitación .....	30
<b>IV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>35</b>
4.1 Cuenca del río Piura .....	35
4.1.1 Geología .....	36
4.1.2 Suelos .....	37

4.1.3	Clima .....	38
4.1.4	Hidrografía .....	38
4.2	Cuenca del río Chira .....	41
4.2.1	Geología .....	43
4.2.2	Suelos .....	45
4.2.3	Clima .....	48
4.2.4	Hidrografía .....	49
4.3	Cuenca del río Zarumilla .....	51
4.3.1	Geología .....	52
4.3.2	Suelos .....	52
4.3.3	Clima .....	53
4.3.4	Hidrografía .....	53
4.4	Cuenca del río Tumbes .....	55
4.4.1	Geología .....	55
4.4.2	Suelos .....	56
4.4.3	Clima .....	56
4.4.4	Hidrografía .....	57
<b>V.</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>59</b>
5.1	Datos disponibles.....	59
5.2	Softwares utilizados.....	61
<b>VI.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>61</b>
6.1	Análisis preliminar de la información .....	61
6.2	Índice de Precipitación Normal (IPN) .....	62

---

6.3 Índice de Precipitación Estandarizado (IPE).....	62
6.4 Correlaciones entre IPE y ATSM.....	62
6.5 Análisis de caudales.....	63
6.6 Correlaciones entre caudales y la ATSM .....	63
<b>VII. RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
7.2 Análisis de Precipitación .....	63
7.2.1 Análisis preliminar de la información .....	63
7.2.2 Índice de precipitación normal (IPN).....	66
7.2.3 Determinación de Índice de Precipitación Estándarizado (IPE) .....	68
7.2.4 Análisis de Correlación entre valores IPE y la ATSM.....	71
7.2.5 Determinación de Quiebres en las series anuales de precipitación .....	72
7.3 Análisis de caudales.....	73
7.3.1 Determinación del IQN .....	74
7.3.2 Determinación del IQE.....	75
7.3.3 Correlaciones entre el IQE y la ATSM .....	77
<b>VIII.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
8.1 Conclusiones.....	78
8.2 Recomendaciones .....	80
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....</b>	<b>81</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>85</b>

## RELACION DE TABLAS

Tabla 1 : Cronología de Eventos El Niña y La Niña .....	21
Tabla 2 : Cronología y clasificación de la intensidad de Eventos El Niño y La Niña .....	22
Tabla 3 : Cronología y clasificación de Eventos El Niño y La Niña según Diferentes Indices.....	23
Tabla 4 : Eventos ENOS y LNOS .....	24
Tabla 5 : Clasificación del Índice de Porcentaje Normal.....	25
Tabla 6 : Clasificación del IPE.....	27
Tabla 7 : Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Piura.....	40
Tabla 8 : Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Chira.....	51
Tabla 9 : Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Zarumilla.....	54
Tabla 10 : Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Tumbes .....	58
Tabla 11 : Red de estaciones hidrometeorológica utilizada .....	60
Tabla 12 : Valores de correlaciones entre $I_p$ y la ATSM .....	63
Tabla 13 : Valores de correlaciones entre $I_q$ y la ATSM .....	66
Tabla 38 : Precipitación media areal por diferentes métodos.....	73

## RELACION DE FIGURAS

Figura 1 : Representación esquemática de El Niño.....	14
Figura 2 : Anomalía de la TSM durante El Niño 97/98 .....	14
Figura 3 : Impactos climáticos globales de El Niño 97/98.....	15
Figura 4 : Representación esquemática del Evento La Niña.....	16
Figura 5 : Anomalía de la TSM durante “La Niña” .....	17
Figura 6 : Regiones Niño.....	18
Figura 7 : Evolución de las anomalías de TSM y el IOS en diferentes regiones El Niño.....	19
Figura 8 : Correlación entre la TSM y el IOS a escala global.....	19
Figura 9 : Serie histórica del Índice Multivariado ENSO .....	20
Figura 10 : Serie histórica del Índice Oceánico ONI.....	21
Figura 11 : Ejemplo de equiprobabilidad transformada de una función gamma ajustada a una distribución normal standar .....	28
Figura 12 : Distribución normal estándar que representa el SPI con media “ 0” y varianza “1” .....	28
Figura 13 : Ubicación de las cuencas de estudio.....	36
Figura 14 : Esquema hidraulico del Proyecto Chira Piura .....	41
Figura 15 : Curva Hipsométrica de la cuenca del río Piura.....	42
Figura 16 : Mapa de clasificación climática del Perú.....	43
Figura 17 : Curva Hipsométrica de la cuenca del río Chira .....	52
Figura 18 : Curva Hipsométrica de la cuenca del río Zarumilla .....	55
Figura 19 : Curva Hipsométrica de la cuenca del río Tumbes .....	59
Figura 20 : Ubicación de la red hidrometeorológica. ....	60
Figura 21 : Valores del $I_p$ y de los valores de anomalía de TSM y del IOS.....	65
Figura 22 : Valores de correlación entre la precipitación y las anomalías de TSM y el IOS escala anual .....	65
Figura 23 : Valores del $I_q$ sobre los ríos Tumbes y Chira.....	67
Figura 229a : Isoyetas de Precipitación anual durante El Niño 82/83.....	74
Figura 229b : Isoyetas de Precipitación anual durante El Niño 97/98.....	74

## ANEXOS

### ANEXO 1 Tablas de Resultados

Tabla 14 : Valores IPN-EFM por estación. Eventos ENOS .....	88
Tabla 15 : Valores IPN-Anual por estación. Eventos ENOS .....	89
Tabla 16 : Valores IPN-EFM por estación. Eventos LNOS .....	90
Tabla 17 : Valores IPN-Anual por estación. Eventos LNOS .....	91
Tabla 18 : Valores IPE-3 por estación y para el Año hidrológico. Eventos ENOS..	92
Tabla 19 : Valores IPE-6 por estación y para el Año hidrológico. Eventos ENOS..	93
Tabla 20 : Valores IPE-12 por estación y para el Año hidrológico. Eventos ENOS..	94
Tabla 21 : Valores IPE-24 por estación y para el Año hidrológico. Eventos ENOS..	95
Tabla 22 : Valores IPE-3 por estación y para el Año hidrológico. Eventos LNOS..	96
Tabla 23 : Valores IPE-6 por estación y para el Año hidrológico. Eventos LNOS..	97
Tabla 24 : Valores IPE-12 por estación y para el Año hidrológico. Eventos LNOS..	98
Tabla 25 : Valores IPE-24 por estación y para el Año hidrológico. Eventos LNOS..	99
Tabla 26 : Valores del IPE-3 promedio por estación eventos ENOS.....	100
Tabla 27 : Valores del IPE-6 promedio por estación eventos ENOS.....	101
Tabla 28 : Valores del IPE-12 promedio por estación eventos ENOS.....	102
Tabla 29 : Valores del IPE-24 promedio por estación eventos ENOS.....	103
Tabla 30 : Valores del IPE-3 promedio por estación eventos LNOS.....	104
Tabla 31 : Valores del IPE-6 promedio por estación eventos LNOS.....	105
Tabla 32 : Valores del IPE-12 promedio por estación eventos LNOS.....	106
Tabla 33 : Valores del IPE-24 promedio por estación eventos LNOS.....	107
Tabla 34 : Correlaciones entre el IPE y la ATSM con toda la serie	
Histórica.....	108
Tabla 35 : Correlaciones entre el IPE y la ATSM durante	
Eventos ENOS .....	109
Tabla 36 : Correlaciones entre el IPE y la ATSM durante	
Eventos LNOS .....	110
Tabla 37 : Quiebres en las series anuales de Precipitación.....	111
Tabla 39 : Valores IQN-EFM por estación. Eventos ENOS .....	112
Tabla 40 : Valores IQN-Anual por estación. Eventos ENOS .....	112
Tabla 41 : Valores IQN-EFM por estación. Eventos LNOS .....	112

Tabla 42 : Valores IQN-Anual por estación. Eventos LNOS .....	112
Tabla 43 : Valores IQE del río Tumbes. Eventos ENOS .....	113
Tabla 44 : Valores IQE del río Tumbes. Eventos LNOS .....	113
Tabla 45 : Valores IQE del río Chira. Eventos ENOS.....	113
Tabla 46 : Valores IQE del río Chira. Eventos LNOS.....	113
Tabla 47 : Valores IQE y para meses ENOS. Río Tumbes .....	114
Tabla 48 : Valores IQE y para meses LNOS Tumbes .....	114
Tabla 49 : Valores IQE para meses ENOS. Río Chira .....	114
Tabla 50 : Valores IQE para meses LNOS. Río Chira .....	114
Tabla 51 : Correlaciones entre IQE y la ATSM con toda la serie histórica .....	115
Tabla 52 : Correlaciones entre IQE y la ATSM con serie Eventos ENOS .....	115
Tabla 53 : Correlaciones entre IQE y la ATSM con serie Eventos LNOS .....	115
<b>Anexo 2 : Figuras de IPN trimestral y Anual por estación</b>	
Figura desde 24 al 85.....	116
<b>Anexo 3 : Figuras de valores IPE a escala de 3,6,12 y 24 meses</b>	
Figuras desde 86 al 174.....	138
<b>Anexo 4 : Correlaciones entre IPE y la ATSM a escala de 3,6,12 y 24 meses</b>	
Figuras desde 175 al 189.....	204
<b>Anexo 5 : Figuras de valores de los tests de quiebres (Khronostat)</b>	
Figuras desde 190 al 228.....	213
<b>Anexo 6 : Figuras de valores de IQN</b>	
Figuras desde 230 al 231.....	253
<b>Anexo 7 : Figuras de valores de IQE a escalas de 3,6,12 y 24 meses</b>	
Figuras desde 232 al 233.....	255
<b>Anexo 8 : Correlaciones entre IQE y la ATSM escalas de 3,6,12 y 24 meses</b>	
Figuras desde 234 al 239.....	258

## I. INTRODUCCION

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) a través de la Dirección General de Hidrología viene realizando durante los últimos años estudios sobre el impacto hidrológico del fenómeno “El Niño” y “La Niña” sobre distintas zonas del territorio nacional, introduciendo nuevas metodologías de análisis en la evaluación de las variables climáticas e hidrológicas, identificando y caracterizando cada evento particular y estableciendo asociaciones con Índices climáticos globales. En esta orientación ya se han concluido casi todas los estudios de las cuencas de la vertiente del Pacífico desde la región Tacna hasta la región Lambayeque, faltando el estudio de la región Ica, Piura y Tumbes.

El presente estudio, siguiendo el esquema metodológico de los anteriores, trata de evaluar el impacto hidrológico del Fenómeno “El Niño” y “La Niña” en las cuencas de los ríos Piura, Chira, Zarumilla y Tumbes (Regiones Piura y Tumbes). Se evalúa los eventos cálidos llamados El Niño Oscilación del Sur (ENOS), y los eventos fríos llamados La Niña Oscilación del sur (LNOS), a partir de una cronología establecida sobre la presencia de estos eventos ENOS y LNOS. Se utiliza índices de precipitación para caracterizar periodos húmedos y secos en las series cronológicas de datos de Precipitación y se tratará de asociarlos a las fases alternantes ENOS y LNOS, ambos eventos asociados a una componente atmosférica y oceánica.

El impactos de los eventos ENOS y LNOS sobre el territorio peruano, presenta diferente comportamiento en cuanto a sus efectos sobre cada una de las regiones del territorio peruano, las mismas que están documentadas en estudios ya elaborados por la Dirección General de hidrología del SENAMHI, pero es conocido ya mediante las observaciones y estudios realizados, que la parte norte de la costa peruana es la mas susceptible a los efectos ocasionados por los eventos ENOS y LNOS, si bien es cierto es conocida su relación directa sobre los comportamientos hidrometeorológicos sobre esta parte del territorio peruano, su impacto exacto en cuanto a magnitudes, ciclos, relación con los indicadores, etc. esta ligado solo algunas estaciones de estas cuencas, el SENAMHI por ser el ente rector de la Hidrometeorología en territorio peruano tiene la mayor base de datos de información hidrometeorológica sobre estas cuencas, lo cual convierte a estos estudios sobre los eventos ENOS y LNOS en los mas detallados en cuanto a información y resultados obtenidos.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Generales:

Evaluar el comportamiento espacial y temporal del régimen de precipitaciones en las cuencas de los ríos Piura, Chira, Zarumilla y Tumbes, y su respuesta ante la ocurrencia de los Eventos ENOS y LNOS, mediante la utilización de índices estadístico-climáticos que permitirán caracterizar las series históricas en función de su variabilidad temporal.

### 2.2 Específicos:

- Definir la cronología de los años ENOS y LNOS mediante la utilización de un consenso de índices que clasifican estos eventos.
- Determinar del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) a escala temporal de 3, 6, 12 y 24 meses en cada una de las estaciones seleccionadas de las cuencas del estudio.
- Determinar el Índice de Precipitación Normal (IPN), a escala trimestral y anual en cada una de las estaciones seleccionadas de las cuencas en estudio.
- Caracterizar y representar el comportamiento espacial y temporal del régimen de precipitaciones, respecto a la ocurrencia de los eventos ENOS y LNOS en las cuencas de los ríos Chira, Piura, Zarumilla y Tumbes.
- Realizar el análisis comparativo de los registros de precipitación de las cuencas en estudio durante la ocurrencia de Eventos ENOS y LNOS.
- Establecer asociaciones entre el IPE con Índices climáticos globales como la Temperatura Superficial del Mar (TSM) durante los eventos ENOS y LNOS.

## III. REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1 Estudios de referencia relacionados a este trabajo

Para el desarrollo del presente estudio se revisaron algunos trabajos desarrollados por diferentes investigadores que vienen evaluando y monitoreando las influencias e impactos del fenómeno “El Niño” en el ciclo hidrológico y el clima global, entre éstos mencionamos a los siguientes:

**Miranda** (1998), realiza un estudio sobre la influencia del fenómeno El Niño y del Índice de Oscilación del Sur en las precipitaciones de Cochabamba, Bolivia; donde se aplicaron técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo. Con la aplicación de “Series de Tiempo” se determinó el año hidrológico y las anomalías de las precipitaciones. Ajustándose a un promedio móvil de 4 años para las estaciones que reciben la influencia remanente de los frentes del sur y de la Zona de Convergencia Intra tropical

- ZCIT y de 5 años para el resto de las estaciones. Concluyéndose que la influencia del fenómeno El Niño se da más en las precipitaciones registradas en Cochabamba y en menor incidencia en las precipitaciones registradas en Arani. La influencia del IOS (Índice de Oscilación del Sur) se da más en las precipitaciones de Arani y en menor proporción en las precipitaciones en Cochabamba. Lo que implica que la influencia del fenómeno El Niño y del Índice de Oscilación del Sur (IOS), se da en la distribución espacio-temporal de las precipitaciones registradas en los valles de Cochabamba. Esta anomalía afecta directamente a la agricultura y de forma indirecta al incremento de los problemas socioeconómicos en el departamento de Cochabamba.

**Rome – Gaspaldy** et al (1998), realiza un estudio de la precipitación a nivel mensual para la zona de la sierra y selva del Perú, donde analiza la información de 21 estaciones durante las fases ENOS (El Niño Oscilación del Sur) y LNOS (La Niña Oscilación del Sur). Las lluvias de Piura, en el norte de la Costa, son las únicas que presentan excesos significativos (test de Kolgomorov-Smirnov) durante la fase de ENOS.

**Scian, Beatriz**(1999), Analiza las relaciones entre las anomalías de lluvias y la Oscilación Austral en la región Semiárida Pampeana Argentina, tanto a escala mensual como trimestral. Para ello emplea el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) para escalas de tiempo de 1 y 3 meses y lo relaciona con el Índice de Oscilación del Sur (IOS) para la misma escala de tiempo. Encuentra que las altas correlaciones con el IOS se presentan durante más de 5 meses, en particular en las anomalías de lluvias de diciembre. Utiliza las diferentes fases del IOS como predictor de las anomalías de lluvias futuras.

**Cardenas** (2001), desarrolla una primera aproximación al desarrollo de un modelo estadístico para el pronóstico de las precipitaciones sobre la Cuenca Chancay – Huaral, haciendo uso de las correlaciones lineales simples y análisis de regresión múltiple con algunos Índices climáticos globales como son la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región Niño 1+2 y Niño 3, Índice de oscilación del Sur (IOS) y Radiación neta en Onda Larga (ROL).

**Suarez** (2001), realiza un estudio sobre la variabilidad pluviométrica a escala anual en las vertientes peruanas del Atlántico y Titicaca, donde analiza los valores centrados reducidos (VCR) de las precipitaciones con los valores del Índice de Oscilación del Sur (IOS), llegando a la conclusión que la influencia del “El Niño” 1982-83 en las precipitaciones en la cuenca del Titicaca fueron bajas especialmente en la zona Sur de Puno, mientras que en la vertiente del Atlántico las precipitaciones son variables; por otro lado durante “El Niño” 1997-98 las precipitaciones en la vertiente del Titicaca son bajas mientras que en la Vertiente del Atlántico las precipitaciones son altas.

**Lavado** (2003), realizó el estudio del Impacto Hidrológico del Fenómeno “El Niño” en las vertientes del Atlántico y del Titicaca, utilizando para su estudio índices de sequía como el IPN (Índice de precipitación normal) y el IPE (Índice de precipitación estandarizada) para caracterizar el impacto de los eventos ENOS sobre las series estadísticas de precipitación y de caudales y/o niveles de la vertientes en estudio, encontrando que los regímenes de precipitaciones fueron extremadamente húmedos para la vertiente del Atlántico durante los eventos “El Niño” a excepción del evento

1991-92; y la vertiente del Titicaca se caracterizó por presentar condiciones secas durante los eventos “El Niño” a excepción del evento 1997-98.

**Lavado y Ordóñez (2004)**, realizaron el estudio del Impacto Hidrológico del Fenómeno “El Niño y La Niña” en los departamentos de Tacna, Moquegua y Arequipa, utilizando para su estudio índices de sequía como el IPN (Índice de precipitación normal) y el IPE (Índice de precipitación estandarizada) para caracterizar el impacto de los eventos ENOS y LNOS sobre las series estadísticas de precipitación, encontrando que los regímenes de precipitaciones fueron variables en estas zonas respecto a la altitud, es así que las zonas ubicadas cerca al litoral son las que presentan mayor influencia de los eventos ENOS y LNOS, siendo baja la influencia de los eventos ENOS y LNOS sobre las zonas altoandinas.

**BCEOM – ORSTOM (1999)**, desarrollan un extenso estudio hidrometeorológico en toda la vertiente peruana del Océano Pacífico, llegando a determinar 9 zonas de régimen pluviométrico homogéneo, utilizando la metodología del Vector Regional de Índices pluviométricos. En base a esta zonificación se establecen correlaciones entre los vectores representativos de cada zona con índices climáticos globales como Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región Niño 1+2 y Niño 3, y el Índice de oscilación del Sur (IOS). Una conclusión interesante del estudio es reconocer que todos los años Niños o Niñas son diferentes, tienen duraciones variadas, ocurren en periodos diferentes y sus centros de influencia varían, etc.

## 3.2 Marco teórico y conceptual

### 3.2.1 El fenómeno EL NIÑO

Fenómeno a escala planetaria que se manifiesta como un calentamiento anómalo de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial y que está asociado a una amplia fluctuación de la presión atmosférica; también algunos cambios generales del tiempo están ligados a esas anomalías ecuatoriales.

Se trata de un fenómeno natural recurrente con ciclos más o menos regulares (en promedio cada cuatro o cinco años). *El Niño afecta al Pacífico desde Perú hasta Indonesia*. El calentamiento local del océano más grande del mundo también produce repercusiones en la circulación atmosférica mundial de los vientos y las corrientes. Aunque algunos de sus efectos puedan ser benéficos, el fenómeno es más conocido por los estragos que es capaz de causar; pueden perderse las cosechas, reducirse la pesca y peligrar los ecosistemas oceánicos, lo que constituye una amenaza para la seguridad alimentaria en muchas regiones. La perturbación puede producir sequías en el sur de África, en partes de la India, en Indonesia, Australia y en ciertas regiones del continente americano, inundaciones en Kenya, Argentina y en los Estados Unidos, monzones erráticos en el sur de Asia y temperaturas en extremo elevado en Japón y en algunas regiones de Canadá. Aunque el calentamiento del agua puede durar de 12 meses a 5 años, un desfase entre el fenómeno mismo y muchas de sus consecuencias climáticas más importantes significa que las repercusiones son a largo plazo. El Niño 1982-83 devastó a más de 15 países.

Los investigadores de “El Niño” han concordado que durante la ocurrencia de este fenómeno se presentan las siguientes condiciones anómalas:

- El fenómeno El Niño se desarrolla cuando la fase negativa de la Oscilación del Sur alcanza niveles significativos y se prolonga por varios meses.
- Aumento de presión a nivel del mar en la región de Oceanía y disminución de la presión a nivel del mar en el Pacífico tropical y subtropical junto a las costas de América del Sur y América Central. Esto contribuye a disminuir o a anular la diferencia de presión a nivel del mar entre ambos extremos del Pacífico ecuatorial.
- La disminución de la diferencia de presión entre la costa de América del Sur y Oceanía contribuye al debilitamiento de los vientos alisios, que en los casos más extremos invierten su dirección. La menor intensidad de los alisios hace que disminuya la eficiencia de la surgencia de aguas profundas (relativamente más frías) a lo largo del Pacífico ecuatorial, lo que se traduce en un aumento de la temperatura superficial del mar en esta región
- El debilitamiento de los vientos alisios, lleva asociado un menor efecto de arrastre sobre la superficie del océano lo que contribuye a que disminuya la diferencia de nivel del mar entre ambos extremos del Pacífico ecuatorial, con un aumento de éste en las costas de América del Sur y una disminución en el sector de Oceanía. En la Figura 1, se aprecia el cambio registrado en el nivel del mar en una estación en las islas Galápagos, localizadas a unos 1000 km. frente a las costas de Ecuador, durante el gran evento El Niño de 1997
- El efecto más notorio de la presencia de un fenómeno El Niño es el aumento de la temperatura superficial del Mar en el Pacífico ecuatorial, que en los casos más extremos puede superar en 4°C el valor medio climatológico en algunas regiones específicas. Los principales factores que contribuyen a este aumento es el transporte hacia el Este de las aguas relativamente cálidas que se localizan frente a Oceanía y la menor surgencia de aguas profundas relativamente más frías a lo largo del Ecuador como resultado del debilitamiento de los vientos alisios. En la Figura 2, se advierte la evolución de la anomalía térmica positiva (diferencia de temperatura con respecto al valor medio) en la región comprendida entre 5° N y 5° S y 120° E y 80° W, durante el extraordinario evento de 1997-98.
- En la región cercana a Oceanía al oeste de 180° de longitud, donde la temperatura de la superficie del mar es más alta, se desarrolla gran nubosidad y precipitación. El desplazamiento hacia el Este de las aguas más calientes durante los fenómenos El Niño contribuye a un desplazamiento en esa dirección del núcleo de nubosidad y precipitación más intensa, lo cual provoca graves sequías en Indonesia y el norte de Australia (Ver Figura 3).
- Para el presente trabajo el fenómeno “El Niño”, se denomina ENOS.

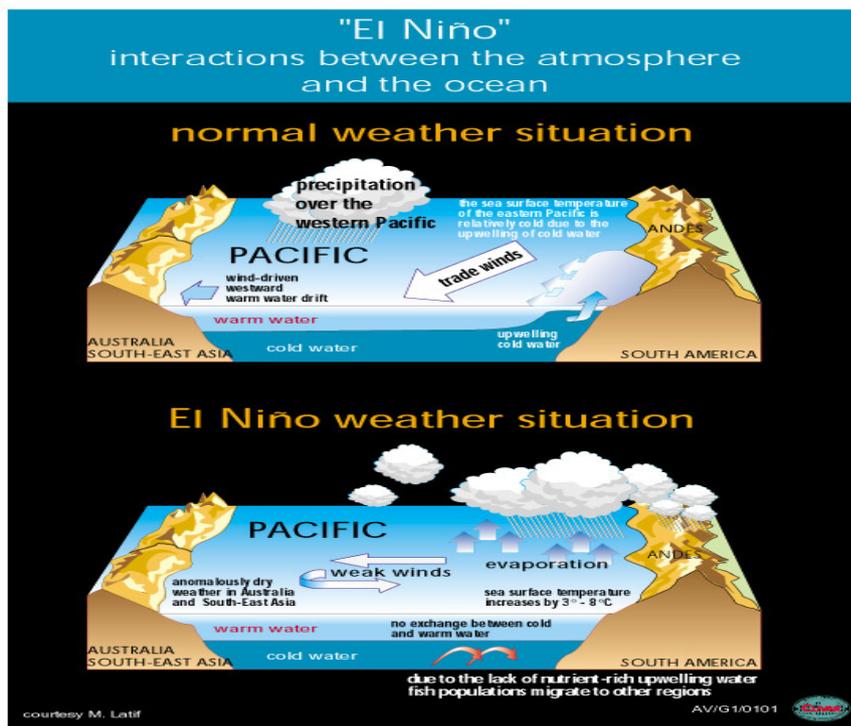


Figura 1: Representación esquemática de "El Niño"  
Fuente: CLIVAR

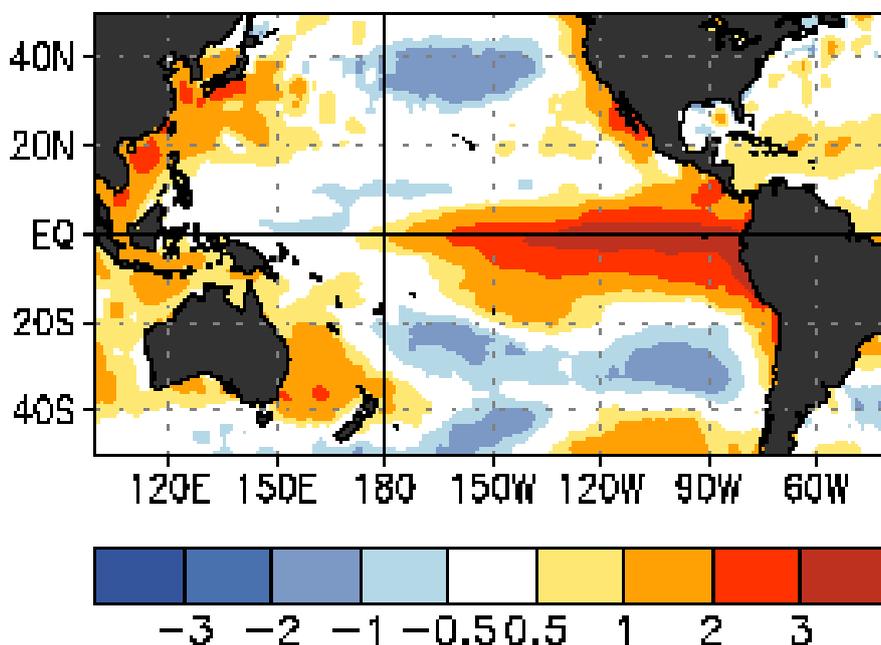


Figura 2: Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar -TSM durante "El Niño" 97/98  
Fuente: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml)

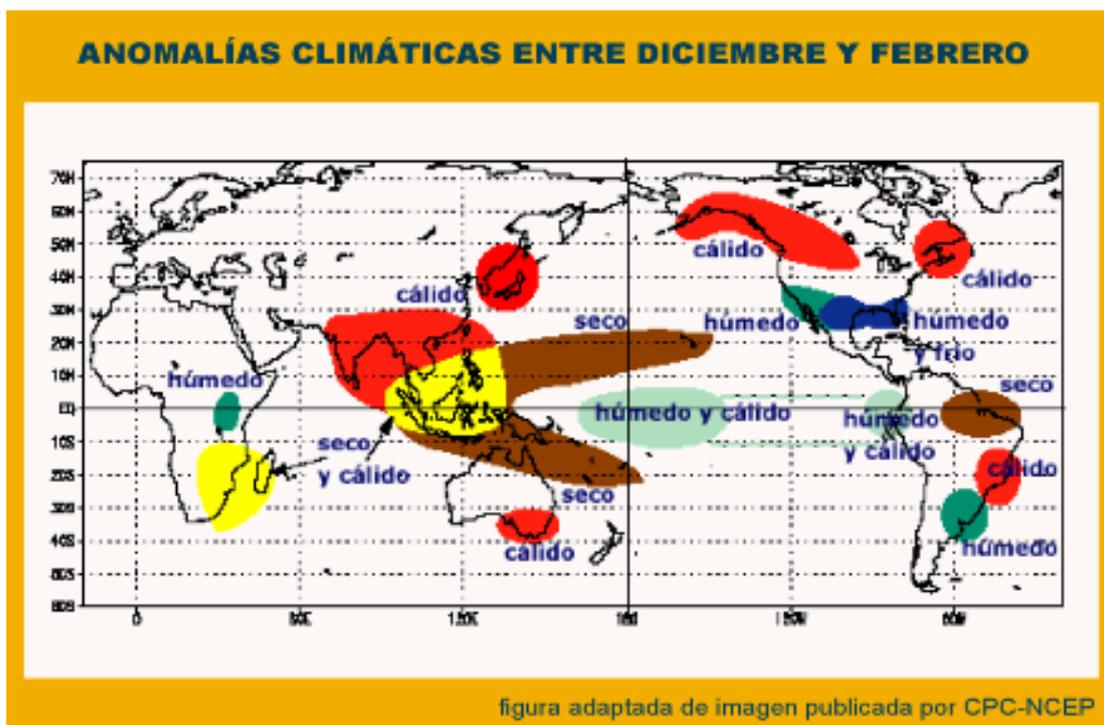


Figura 3: Impactos climáticos globales del Niño 97/98  
Fuente: <http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/nino8.htm>

### 3.2.2 El Fenómeno La Niña

Está caracterizada por inusuales temperaturas bajas en el océano Pacífico Ecuatorial". El "ENOS fase fría" ("La Niña") por lo general se presenta inmediatamente después del "ENOS-fase caliente" ("El Niño"). El calor incrementado durante la fase caliente es liberado hacia la atmósfera principalmente en la forma de incremento de la evaporación, enfriándose el océano y retornando a sus temperaturas normales. Por lo tanto Cálido / El Niño y Frío / La Niña, cuando finaliza un evento El Niño, no necesariamente se debe esperar que se desarrolle un episodio de La Niña, sin embargo en la mayoría de las veces esta transición tiene lugar.

En general la ocurrencia de un Evento "La Niña" está asociada a la presencia de las siguientes condiciones anómalas (Ver Figura 4):

- Disminución de la presión a nivel del mar en la región de Oceanía y aumento de la misma en el Pacífico tropical y subtropical junto a las costas de América del Sur y América Central. Esto contribuye a aumentar la diferencia de presión que existe entre ambos extremos del Pacífico ecuatorial.
- El aumento de la diferencia de presión entre la costa de América del Sur y Oceanía hace que los vientos alisios se intensifiquen, lo cual a su vez aumenta la eficiencia del proceso de surgencia de aguas profundas relativamente más frías a lo largo del Pacífico ecuatorial

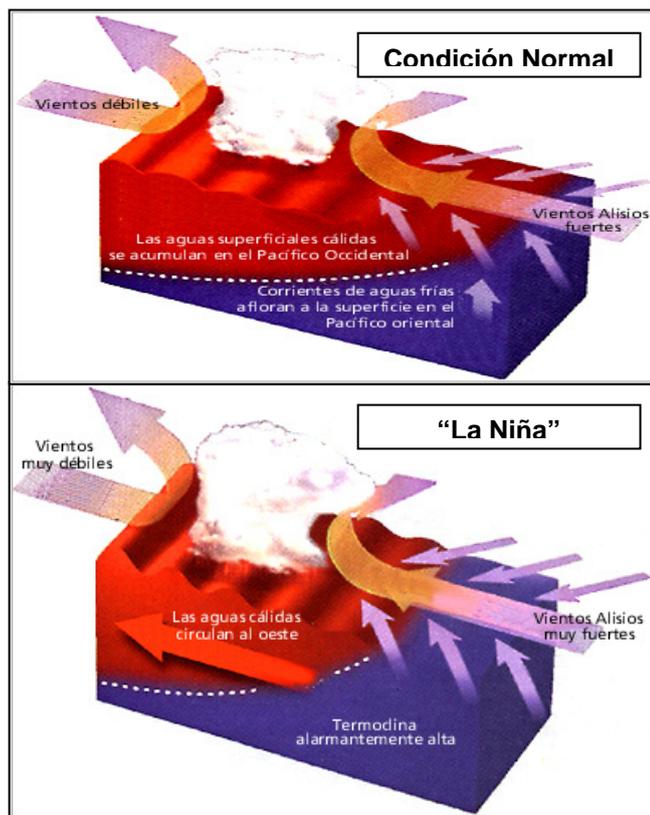


Figura 4 Representación esquemática del Evento “La Niña”

Fuente: [http://www.puc.cl/sw\\_educ/geo\\_mar/](http://www.puc.cl/sw_educ/geo_mar/)

- Los vientos alisios anormalmente intensos ejercen un mayor efecto de arrastre sobre la superficie del océano aumentando la diferencia de nivel del mar entre ambos extremos del Pacífico ecuatorial. De este modo el nivel del mar disminuye en las costas de Colombia, Ecuador, Perú y norte de Chile y aumenta en Oceanía.
- Como resultado de la intensificación de la surgencia de aguas relativamente frías a lo largo del Ecuador, la temperatura superficial del mar disminuye por debajo del valor medio climatológico. La presencia de aguas relativamente más frías en este sector constituye la evidencia más directa de la presencia del fenómeno La Niña. En general las máximas anomalías térmicas negativas son de una magnitud inferior a las que se registran durante los episodios El Niño.
- Durante los eventos La Niña las aguas calientes en el Pacífico ecuatorial se concentran en la región junto a Oceanía y es sobre esta región donde se desarrolla la nubosidad y la precipitación más intensa (Ver Figura 5).
- Para el presente trabajo el fenómeno “La Niña” se denomina LNOS.

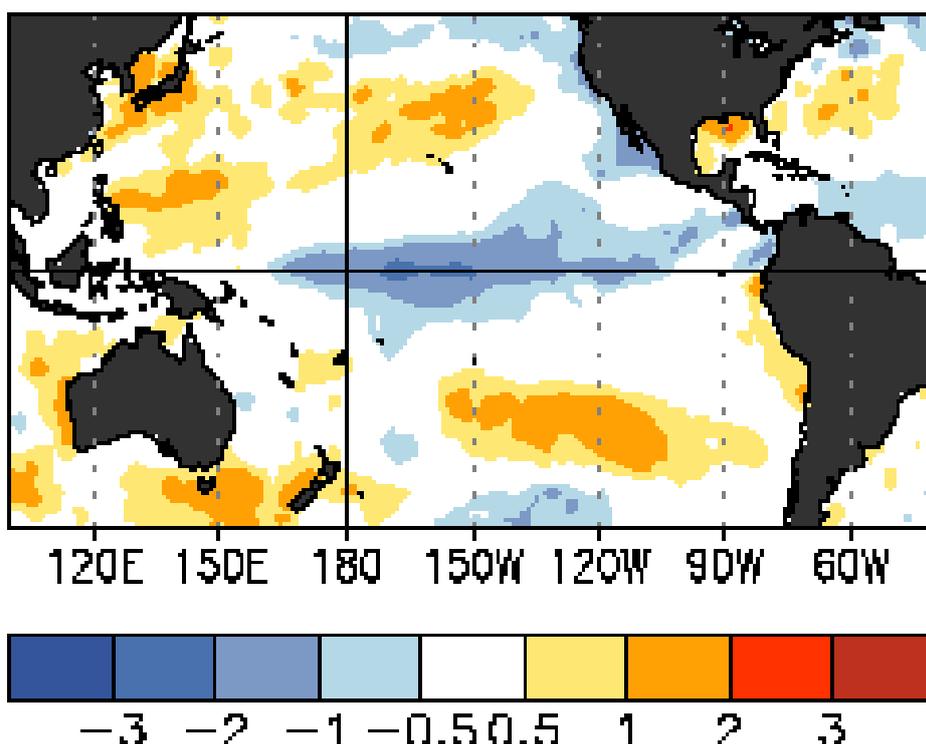


Figura 5: Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar -TSM durante "La Niña"

Fuente: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml)

### 3.2.3 La Oscilación del Sur

El sistema constituido por la atmósfera y el océano en el Pacífico tropical experimenta continuamente cambios en su estructura en una forma oscilatoria, que tiene un periodo variable de recurrencia entre 3 y 7 años.

Se han definido diversos índices tanto atmosféricos como oceánicos, para caracterizar la evolución de este proceso detectado en la década de 1930 por un investigador inglés (Sir. Gilber Walker) quién lo denominó Oscilación del Sur (OS).

Uno de los más utilizados es el Índice de Oscilación del Sur (IOS) definida como la diferencia estandarizada de presión atmosférica a nivel del mar entre Tahiti, localizado en el medio del océano Pacífico (18°S, 150°W) y Darwin, en la costa norte de Australia (12°S, 130°E).

La isla de Tahití se utiliza como punto representativo del comportamiento de la presión atmosférica en la parte oriental-central del Océano Pacífico Tropical; por su parte, Darwin se utiliza como el punto representativo de la presión atmosférica de la parte occidental del mismo océano. En otras palabras, el IOS es una medida comparativa de cómo cambia la presión atmosférica en dos grandes regiones (occidental y central-oriental) del Océano Pacífico Tropical.

El índice es positivo cuando la diferencia entre la Alta presión del Pacífico subtropical (isla de Pascua) y la Baja Presión de Indonesia es intensa, hay mayor diferencia de

presión y se denomina Período estable. En este caso, los vientos alisios y la corriente ecuatorial del sur son intensos, hay un aumento del nivel del mar en el borde occidental del Pacífico mientras que en el borde oriental el nivel del mar es más bajo y se presentan aguas frías por surgencias.

Los conocidos fenómenos **ENOS** (El Niño Oscilación del Sur) y **LNOS** (La Niña Oscilación del Sur) forman parte del mismo sistema, siendo así que uno de los principales parámetros para integrarlos son las temperaturas superficiales del agua de mar. El océano interactúa de diversas formas con la atmósfera, por ende, es de esperar que además de las temperaturas del océano, se estudien los fenómenos atmosféricos involucrados que afectan la distribución normal, entre otras cosas, de las precipitaciones y las temperaturas del aire, tanto sobre el ecuador como en otras regiones del planeta.

Debido a la gran extensión del Océano Pacífico, la comunidad científica internacional lo dividió, en cuatro regiones: NIÑO 1.2, NIÑO 3, NIÑO 4 y NIÑO 3.4 para fines de estudio y vigilancia del ENOS (Ver Figura 6).

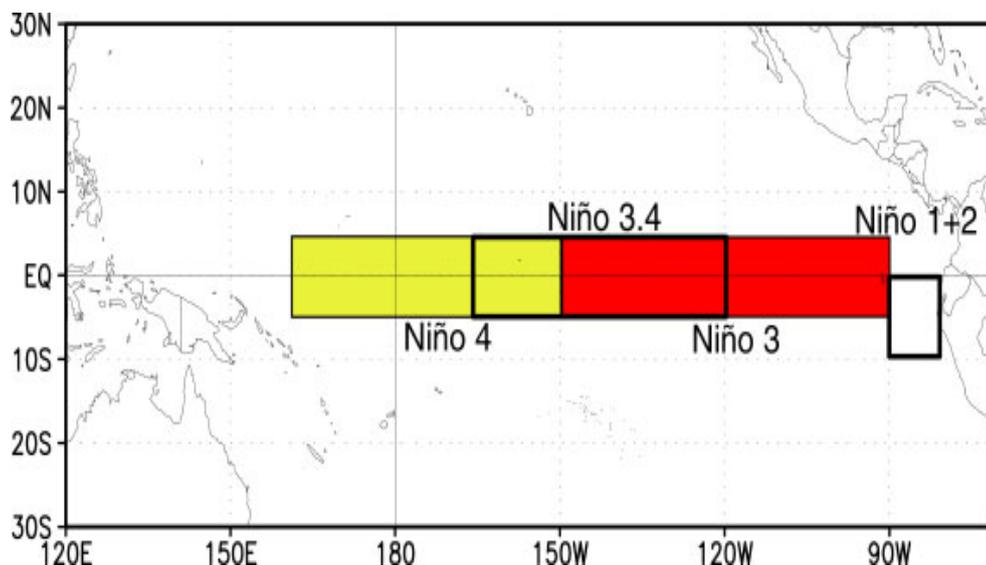


Figura 6: Regiones Niño  
Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>

Niño 1 + 2	(0-10°S) (90°O-80°O)	Niño 3	(5°N-5°S) (150°O-90°O)
Niño 4	(5°N-5°S) (160°E-150°O)	Niño 3.4	(5°N-5°S) (170°O-120°O)

Por otro lado numerosas investigaciones se ha realizado para correlacionar los valores de la TSM y el IOS según se indica en las Figuras 7 y 8.

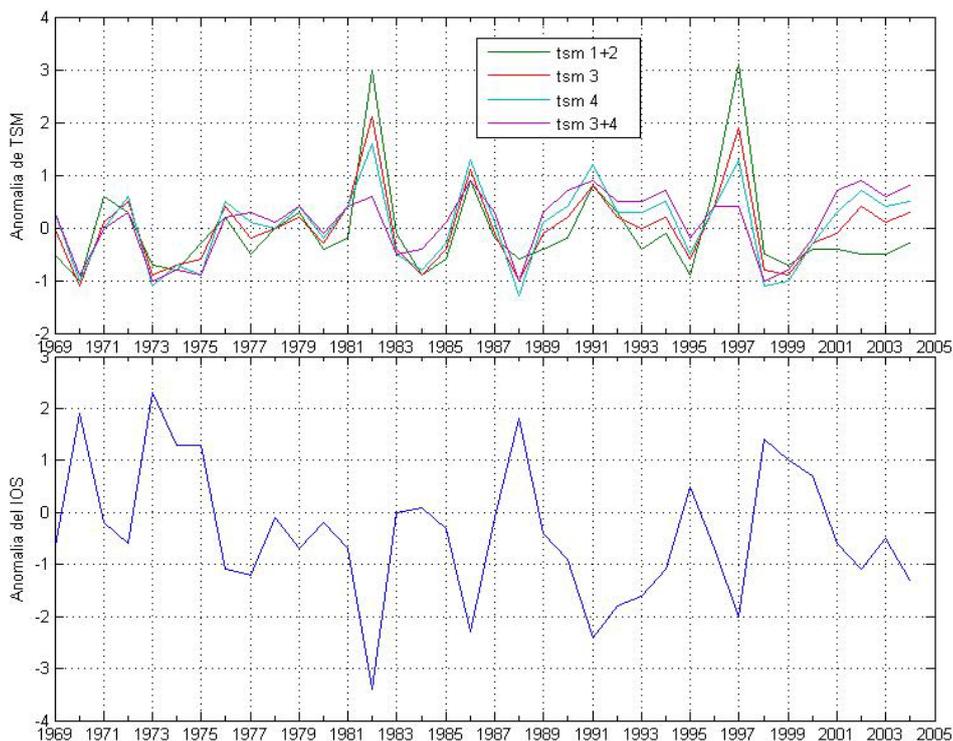


Figura 7: Evolución de las anomalías de TSM y el IOS en diferentes regiones Niño

Fuente: Elaboración propia

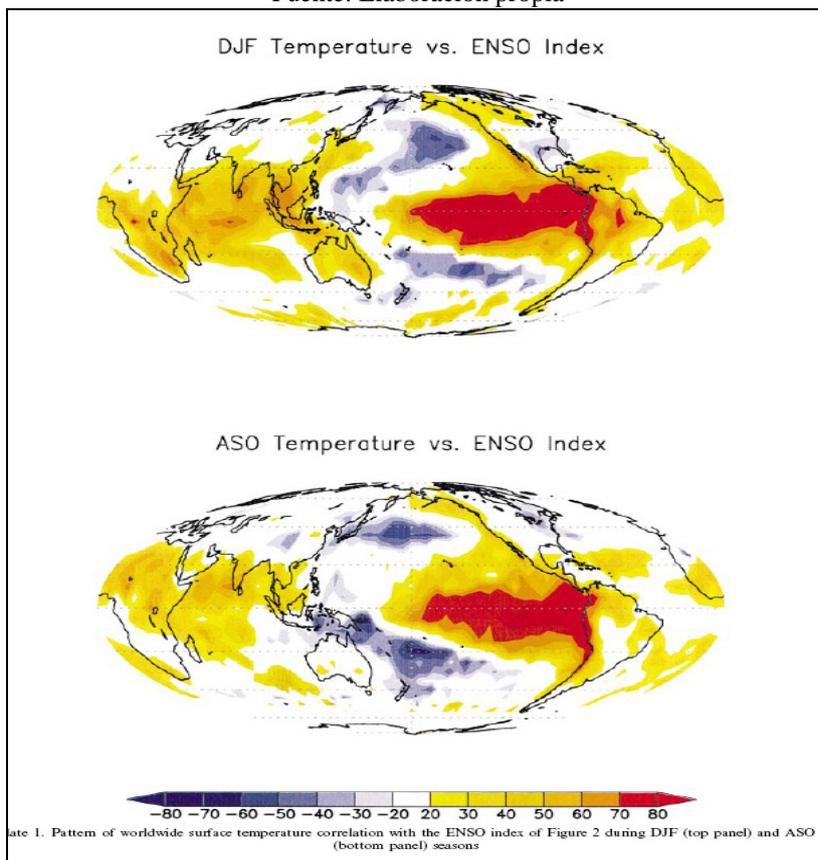


Figura 8: Correlación entre TSM y el IOS a escala global

Fuente: Jhon Wilev (2001)

### 3.2.4 Otros índices de El Niño

Los principales centros internacionales de Predicción Climática han creado diferentes Índices para el monitoreo de “El Niño” y “La Niña”, pero los más utilizados son el IOS, MEI y el ONI los cuales se actualizan mensualmente y están disponibles libres en Internet.

➤ Índice Multivariado ENOS

Otros índices fueron creados por autores, con el fin de caracterizar los eventos El Niño y La Niña, como por ejemplo el índice MEI (Multivariate ENSO Index), que es el resultado de una ponderación entre varios parámetros climáticos: gradientes de presión este-oeste (como el sencillo SOI), gradientes de presión norte-sur, anomalías de temperatura superficial del océano en varios compartimientos de este, anomalías de velocidad del viento y, eventualmente otros variables del medio ambiente (Ver Figura 9).

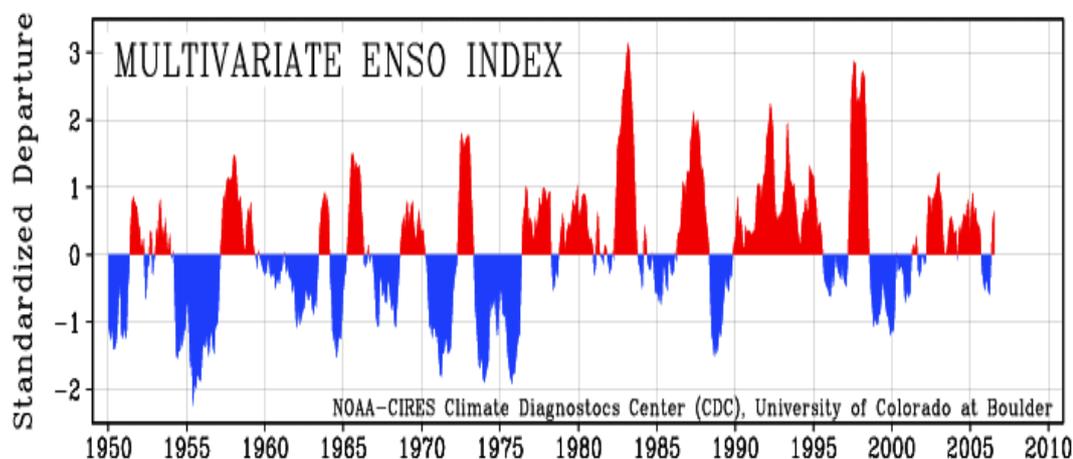


Figura 9: Serie histórica del Índice Multivariado ENSO

Fuente: <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/#discussion>

➤ Índice Oceánico ONI

Es un Índice que la NOAA utiliza para con fines operacionales para el monitoreo de las fases cálidas y frías del ENSO (El Niño Oscilación del Sur) en el Pacífico tropical. Este se define como el promedio de la anomalía de tres meses consecutivos de la TSM en la región Niño 3.4. Un evento cálido se produce cuando durante 5 meses consecutivos la TSM presenta una anomalía mayor o igual que +0.5 ° y un evento frío cuando durante 5 meses consecutivos la TSM presenta una anomalía menor o igual que -0.5° (Ver Figura 10).

Sí	0,5 < ONI < 0,9	Niño Débil
Sí	1,0 < ONI < 1,4	Niño Moderado
	ONI > 1,4	Niño fuerte

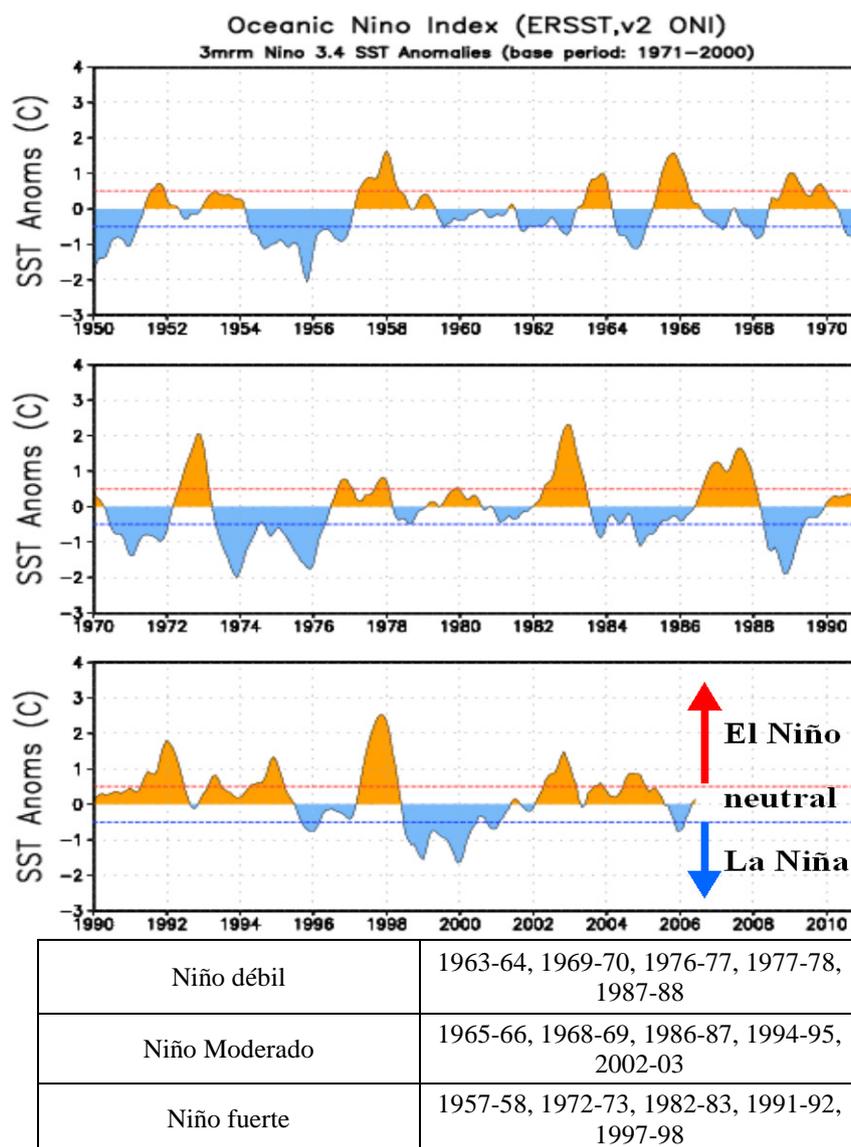


Figura 10: Serie histórica del Índice Oceánico ONI y clasificación de Intensidad de El Niño

Fuente: [http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/lanina/](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/)

### 3.2.5 Clasificación de eventos El Niño y La Niña

No existe un criterio estandarizado para la clasificación de estos eventos, la literatura especializada reporta diversas clasificaciones incluso muchas de ellas son altamente discrepantes, puesto son producto de criterios subjetivos de evaluación y cuantificación por lo tanto se encuentran diferencias entre las cronologías propuestas. Existen esfuerzos importantes por la reconstrucción de estos eventos como los presentados por Quinn (1993) sobre la base de estudios paleoclimáticos, sus análisis se remontan hacia 1525. En base a Quinn, Santiago Antunez de Mayolo elabora una cronología desde 1913 analizando el comportamiento de los caudales de los ríos de la vertiente peruana del Océano Pacífico.

No es el objetivo de este trabajo discutir las metodologías utilizadas por diferentes autores para establecer sus cronologías de El Niño y la Niña, pero se destacan algunas

trabajos a fin de contrastar sus resultados con los obtenidos en este estudio (Ver Tabla 1, 2 y 3).

Tabla 1: Cronología de Eventos El niño y La Niña

<b>EVENTOS EL NIÑO</b>		
<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Duración (meses)</b>
Ago 1951	Feb 1952	7
Mar 1953	Nov 1953	9
Abr 1957	Ene 1958	15
Jun 1963	Feb 1964	9
May 1965	Jun 1966	14
Sep 1968	Mar 1970	19
Abr 1972	Mar 1973	12
Ago 1976	Mar 1977	8
Jul 1977	Ene 1978	7
Oct 1979	Abr 1980	7
Abr 1982	Jul 1983	16
Ago 1986	Feb 1988	19
Mar 1991	Jul 1992	17
Feb 1993	Sep 1993	8
Jun 1994	Mar 1995	10
Mar 1997	Mar 1998	12
<b>EVENTOS LA NIÑA</b>		
<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>	<b>Duración (meses)</b>
Mar 1950	Feb 1951	12
Jun 1954	Mar 1956	22
Mat 1956	Nov 1956	7
May 1964	Ene 1965	9
Jul 1970	Ene 1972	19
Jun 1973	Jun 1974	13
Sep 1974	Abr 1976	20
Sep 1984	Jun 1985	10
May 1988	Jun 1989	14
Sep 1995	Mar 1996	7
Jul 1998	Jun 2000	23
Dic 2000	May 2001	5

Fuente: Kevin E. Trenberth - <http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/nino4.htm>

Tabla 2: Cronología y clasificación de la intensidad de Eventos El Niño y la Niña

EVENTO	ONSET & END	DUR.	PEAK(°)	PEAK MON.	SSTA INT.	SYN. INT.	ONSET TYPE
EL NIÑO	1951.06 - 1952.01	8	1	11	W	W	E
	1953.04 - 1953.11	8	0.9	9	V W	W	E
	1957.04 - 1958.07	16	1.4	1	S	M	E
	1963.70 - 1964.01	7	0.8	10	W	W	E
	1965.05 - 1966.03	11	1.3	12	M	M	E
	1968.10 - 1970.01	16	1.1	5	M	M	C
	1972.04 - 1973.02	11	1.9	12	S	S	E
	1976.07 - 1977.01	7	0.9	10	W	W	E
	1979.09 - 1980.02	6	0.9	9	V W	V W	E
	1982.05 - 1983.09	17	2.5	12	V S	V S	C
	1986.09 - 1988.01	17	1.6	9	V S	V S	C
	1991.05 - 1992.07	15	1.4	4	S	S	C
	1993.03 - 1993.11	9	1.1	5	W	M	C
	1994.09 - 1995.02	6	1.2	12	W	W	C
1997.04 - 1998.05	14	2.8	12	V S	V S	E	
LA NIÑA	1954.04 - 1956.04	25	-1.7	11	V S	V S	E
	1956.07 - 1956.12	6	-0.7	9	V W	W	C
	1964.03 - 1965.01	11	-1.1	12	M	W	E
	1967.08 - 1968.05	10	-0.7	2	W	V W	E
	1970.06 - 1971.12	19	-1.4	12	S	S	E
	1973.06 - 1974.05	12	-1.4	12	M	S	E
	1974.09 - 1976.03	19	-1.5	12	S	V S	C
	1984.10 - 1985.10	13	-0.9	12	M	W	E
	1988.04 - 1989.05	14	-1.6	12	S	S	E
	1995.09 - 1996.04	8	-0.5	11	V W	V W	E
	1998.10 - 2000.03	18	-1.3	1	S	S	C

Fuente: <http://ncc.cma.gov.cn/apn/history/class.htm>

VS: muy fuerte, VW: muy débil, S: fuerte, W: débil, M: moderado

### 3.2.6 El Niño en el Perú

El Fenómeno El Niño, generalmente cuando es muy acentuado, tiene una indudable influencia sobre la Vertiente del Pacífico del Perú. Pero esta influencia es compleja, varía de Norte a Sur, según la altura y según los años. Para comprender esta influencia, se necesita comprender cómo el Fenómeno El Niño influye sobre los mecanismos climáticos regionales y locales que provocarían finalmente las precipitaciones y éstos aún no han sido explicados satisfactoriamente por la comunidad científica.

En el Norte del Perú y el Sur de Ecuador, la influencia de “El Niño” se manifiesta por un aumento de las temperaturas del aire y del océano, lo que provoca variaciones de los recursos biológicos (en particular de la pesca), del nivel del mar, modificación de los vientos y de las corrientes marinas y generalmente por un crecimiento considerable de las precipitaciones en las zonas bajas y medias de sus cuencas.

Tabla 3: Cronología y clasificación de eventos El Niño y La Niña según diferentes Índices

AÑO HIDROLOGICO	INDICES				Clasificación
	WRCC	CDC	CPC	MEI	de consenso
1950-51	C+	C	C	C	La Niña
1951-52	W+		W-		
1953-54	W		W-		
1954-55			C	C-	
1955-56	C+		C+	C	Strong La Niña
1956-57	C		C-	C-	Weak La Niña
1957-58	W	W	W+	W	El Niño
1958-59			W+	W-	
1961-62				C-	
1962-63				C-	
1963-64	W		W-		
1964-65	C		C	C-	La Niña
1965-66	W+	W	W	W	El Niño
1966-67				C-	
1967-68				C-	
1968-69			W	W-	
1969-70	W		W		
1970-71	C		C	C	La Niña
1971-72	C		C-	C-	Weak La Niña
1972-73	W+	W	W+	W	Strong El Niño
1973-74	C+	C	C+	C+	Strong La Niña
1974-75	C		C-	C-	Weak La Niña
1975-76	C+	C	C+	C	Strong La Niña
1976-77	W		W-		
1977-78	W+		W-	W-	El Niño
1978-79					
1979-80			W-	W-	
1982-83	W+	W	W+	W+	Strong El Niño
1983-84			C-		
1984-85			C-	C-	
1986-87			W	W	
1987-88	W+	W-	W	W-	El Niño
1988-89	C+	C-	C+	C	Strong La Niña
1990-91			W+		
1991-92	W	W	W+	W+	Strong El Niño
1992-93	W		W+	W-	El Niño
1993-94	W+		W		
1994-95	W+		W	W-	El Niño
1995-96			C-	C-	
1997-98	W+	W	W+	W+	Strong El Niño
1998-99	C+		C	C-	La Niña
1999-00			C	C	
2000-01	C	C	C-	C-	La Niña
2002-03	W	W	W	W	El Niño

Fuente: <http://ggweather.com/enso/years.htm>

W: evento cálido

C: evento frío

En base a los trabajos de Quinn, otros autores han logrado establecer una cronología de los Eventos “El Niño” desde 1535, mediante el análisis de una serie de elementos históricos (fuentes paleontológicas, arqueológicas, escritas) descubiertas en Sudamérica y particularmente en Perú. Según esta cronología durante este periodo a la fecha se han registrado 67 eventos de intensidad moderada, 45 de intensidad fuerte y 10 de intensidad muy fuerte.

Se ha logrado identificar que los diez eventos “El Niño” que tuvieron impactos severos en Perú se produjeron durante **1578 - 79, 1720, 1728, 1791, 1828, 1877 - 78, 1891, 1925 - 26, 1982 - 83, y 1997 - 98.**

De éstos sólo en los siglos XVIII y XX se han presentado eventos muy fuertes con 15 o menos años de diferencia.

Para fines del presente trabajo, y en consenso con los índices anteriormente mencionados, se tomaron los siguientes periodos como eventos ENOS y LNOS para el presente estudio, tal como se muestra en el Tabla 4.

Tabla 4 Eventos ENOS y LNOS (años hidrológicos)

ENOS	LNOS
1972-1973	1970-1971
1982-1983	1973-1974
1986-1987	1975-1976
1991-1992	1988-1989
1997-1998	1998-1999
2002-2003	

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.7 Índice de Precipitación Normal (IPN)

Se calcula dividiendo la precipitación real por la precipitación normal considerada típicamente como el promedio de 30 años - y multiplicado por 100. Este índice se puede calcular para una variedad de escalas de tiempo, desde un solo mes a un conjunto de meses que representan una estación particular, a un año hidrológico. La precipitación normal para una lugar específico se considera como 100%.

$$IPN(\%) = \frac{PP_{MES, ESTACION O AÑO}}{PP_{NORMAL DEL MES, ESTACION O AÑO}} \times 100 \quad (1)$$

En la tabla 5, se muestra una clasificación del índice del porcentaje normal de la precipitación, de acuerdo a Hurtado (1996).

Tabla 5: Clasificación del Índice de Porcentaje Normal (IPN)

% de Disminución de Lluvia respecto al Promedio Histórico	Clasificación		% de Aumento de Lluvia respecto al Promedio Histórico	Clasificación	
< - 60 %	Déficit Extremo	- 3	Entre 20 y 40 %	Exceso Moderado	+ 1
- 40 y - 60 %	Déficit Intenso	- 2	Entre 40 y 60%	Exceso Intenso	+ 2
- 40 y - 20 %	Déficit Moderado	- 1	Mayor de 60%	Exceso Extremo	+ 3
- 20 y - 20 %	Período Normal	0			

Fuente: Hurtado (1996)

### 3.2.8 Índice de Precipitación Estandarizado (IPE)

Más conocido como SPI por su acrónimo en inglés (Standardized Precipitation Index) fue desarrollado por McKee *et al.* (1993) para conseguir una adecuada identificación de los periodos anormalmente secos y húmedos de forma más precisa que el índice Palmer, ya que este último presenta una serie de limitaciones importantes. Guttman (1998) comparó las características espectrales del PDSI y el SPI, y recomienda utilizar el SPI como índice de sequía, debido a su mayor simplicidad y a que es estadísticamente invariante. El PDSI es más complejo, difícil de interpretar y tiene una escala temporal fija entre 9 y 12 meses además, Guttman (1999) señala que es un índice con “memoria” que podría ser de más de 4 años.

Mientras el PDSI se comporta como un proceso autorregresivo (que caracteriza un índice con memoria), el SPI se comporta como un proceso de media móvil, lo que supone una mayor robustez para la realización de comparaciones espaciales (Guttman, 1998). El SPI es válido para todas las estaciones del año y los factores topográficos no influyen en los resultados, al contrario de lo que ocurre con el PDSI (Lana *et al.*, 2002).

Keyantash y Dracup (2002) han testado la bondad de 18 índices de sequía, señalando que el SPI es el mejor índice climático para la estimación de la severidad, duración y extensión superficial de las sequías.

En general, los trabajos desarrollados hasta el momento muestran las ventajas que presenta el SPI en el reconocimiento de los periodos secos (Guttman, 1999 y Hayes *et al.*, 1999). Numerosos organismos públicos norteamericanos están llevando a cabo un seguimiento de las sequías con fines preventivos mediante el uso del SPI (NDMC, 2003; C.C. Col., 2002; WRCC, 2002), lo que apoya la utilización del índice. McKee *et al.* (1993) señalan que el SPI es el más robusto y simple indicador para determinar los patrones espacio-temporales de las sequías. Las ventajas son múltiples, ya que se puede computar a diferentes escalas temporales, es muy adecuado para el seguimiento espacial de las sequías en tiempo real y determina la intensidad con la que la sequía está teniendo lugar.

Una de las principales características de las sequías es el cambio en su frecuencia a diferentes escalas temporales de análisis (Komuscu, 1999); y una de las ventajas del SPI es que permite identificar los periodos secos y húmedos con un amplio espectro de

escalas temporales que van desde 1 a 72 meses (Edwards y McKee, 1997). A escalas temporales largas los periodos secos son menos frecuentes pero más duraderos. A escalas temporales cortas (3 meses) la frecuencia de estos periodos se incrementa, pero su duración desciende. El SPI responde rápidamente en cortas escalas a un mes muy seco o muy húmedo, lo que significa que cada nuevo mes tiene una larga influencia en el periodo en el que se suma la precipitación. No obstante, cuando la escala temporal se incrementa el índice responde lentamente, indicado pocos fenómenos de sequía pero de larga duración.

Además, el SPI permite determinar el inicio y final de las sequías. En virtud de que se puede usar para diferentes escalas de tiempo, permite analizar diferentes tipos de sequía. Por ejemplo la sequía agrícola tiene en general una escala de tiempo mucho más corta que la sequía hidrológica. Otras investigaciones reportan que la escorrentía en los flujos de agua ha sido bien descrita por medio del SPI a escalas de 2 a 6 meses; del mismo modo, se han encontrado fuertes relaciones entre el SPI a escalas de 6 a 24 meses y la variación del nivel de la napa freática, mientras que la sequía agronómica ha podido ser bien representada por el SPI a escalas de 2 y 3 meses.

En este trabajo se ha orientado el cálculo de SPI a escala anual (que cubre el año hidrológico setiembre - agosto) puesto que esta escala permite visualizar en retrospectiva el comportamiento de la lluvia a largo plazo y en general muestran una tendencia de lluvia más definida, es decir, con periodos recurrentes y más persistentes en cuanto a abundancia o escasez y de alguna manera evaluar el impacto sobre los recursos hídricos superficiales de las cuencas de estudio, lo que será abordado en un próximo trabajo.

La fuente de información básica para obtener el SPI debe ser una serie homogénea de precipitaciones mensuales de al menos 30 años de duración (Wu *et al.*, 2001). El hecho de que la serie presente un control de calidad previo y que los datos hayan sido homogeneizados se justifica porque los valores posteriores del índice serán tan buenos como lo sean los datos de partida; malos datos producirán malos índices.

El cálculo del SPI comprende primeramente el ajuste a la fdp (función densidad de probabilidad) gamma del registro de precipitación para cada estación meteorológica. Posteriormente los valores ajustados se transforman a la fdp normal, con media cero y varianza uno, que representa el valor del SPI. Esta estandarización de la variable aleatoria se basa en el principio de equiprobabilidad, el cual establece que el valor de la función de distribución probabilidad para un valor dado de la variable aleatoria es el mismo para la variable original que para la transformada. El método se observa en las Figuras 11 y 12.

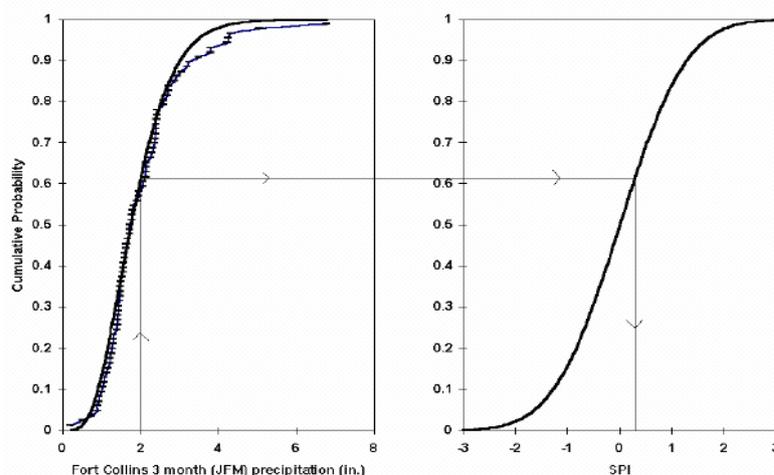


Figura 11: Ejemplo de equiprobabilidad transformada de una función gamma ajustada a una distribución normal standar

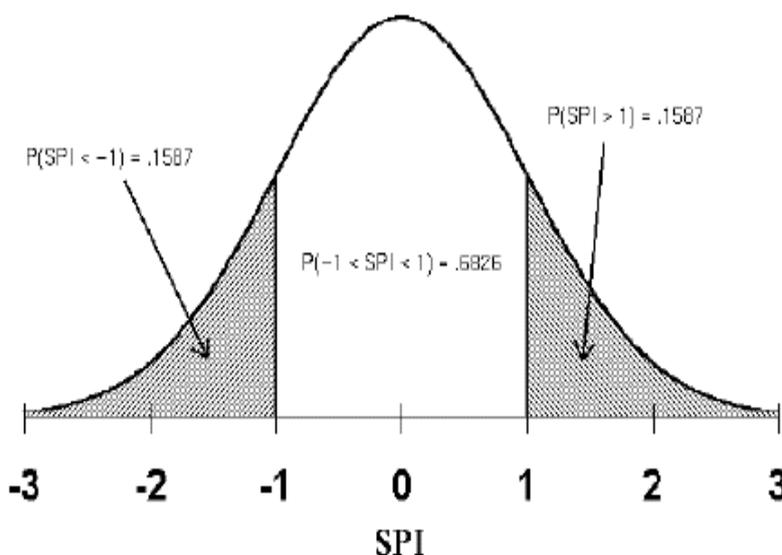


Figura 12: Distribución normal estándar que representa el SPI con media “0” y varianza “1”

Para fines de este estudio se ha utilizado la clasificación de SPI que se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6: Clasificación de valores de IPE y su correspondiente probabilidad de ocurrencia

VALOR IPE	CATEGORIA DE LA SEQUIA	OCURENCIA
2 A MAS	EXTREMADAMENTE HUMEDO	2.3%
1.5 A 1.99	MUY HUMEDO	4.4%
1 A 1.49	MODERADAMENTE HUMEDO	9.2%
-0.99 A 0.99	NORMAL	68.2%
-1.00 A -1.49	MODERADAMENTE SECO	9.2%
-1.5 A -1.99	SEVERAMENTE SECO	4.4%
-2 A MENOS	EXTREMADAMENTE SECO	2.3%

Fuente: Adaptado de Hayes, 1999

En general, con respecto a las escalas de IPE más utilizadas se puede considerar lo siguiente:

- **IPE escala 1 mes (IPE1)**

En esta escala el IPE es directamente el desvío de la lluvia mensual estandarizada. Refleja las condiciones en tiempo inmediato de la precipitación, su aplicación se relaciona estrechamente con la humedad en el suelo y el stress vegetativo.

- **IPE escala 3 meses (IPE3):**

El IPE3 brinda una comparación de la precipitación acumulada sobre un período específico de 3 meses con el total de precipitación de esos tres mismos meses para todo el record de datos históricos.

El IPE3 refleja las condiciones de humedad a mediano y corto plazo y provee una estimación estacional de las lluvias. Puede ser mejor indicador de las condiciones de humedad disponible que el Índice de Palmer (ISP), (Palmer, 1965; Donnari y Scian, 1993) que tiene una respuesta más lenta.

- **IPE escala 6 meses (IPE6) :**

El IPE6 compara la precipitación para ese período con los registros históricos para esos mismos meses e indica las tendencias en la precipitación. Se lo considera más sensible a esta escala que el Índice de Palmer (ISP). Puede ser muy efectivo para mostrar la precipitación sobre distintas estaciones del año.

- **IPE 12 meses (IPE12) :**

La escala de 12 meses del IPE corresponde a la comparación de 12 meses consecutivos, acumulados de precipitación respecto al promedio para ese mismo lapso pero durante todos los períodos anteriores de datos disponibles. Se entiende que cuanto mayor sea el tiempo en meses de la escala, más pequeñas serán las anomalías y resulta que a mayores escalas el IPE tenderá a cero, a menos que se trate de una región donde se experimente alguna tendencia en la precipitación

Es importante comparar el IPE3 con escalas de tiempo mayores. Un período de 3 meses relativamente normal puede ocurrir dentro de una sequía de largo período que solo se puede ver en escalas de tiempo mayores.

Una descripción detallada del algoritmo de cálculo del SPI es presentada por el Centro Climático del Departamento de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Colorado en la siguiente dirección electrónica <http://ccc.atmos.colostate.edu/spi.pdf> y del cual se ha extraído lo siguiente:

La función de distribución gamma con dos parámetros está definida por la función densidad de probabilidad,

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha} \cdot \frac{x^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \cdot e^{-x/\beta}, (\alpha > 0, \beta > 0, x > 0) \quad (2)$$

Donde:  $x$  es la cantidad de precipitación;  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de forma y escala respectivamente;  $\Gamma$  es la función gamma.

Los parámetros de la función densidad de probabilidad gamma pueden ser estimados de los datos muestrales por medio del método de máxima verosimilitud para cada estación, para cada escala de tiempo y para cada mes del año. De este modo, obtenemos:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4 \cdot A} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot A}{3}} \right), \quad \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (3)$$

Donde :

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{n} \cdot \sum \ln(x_i) \quad (4)$$

Aquí  $n$  es el número de observaciones en el cual alguna precipitación ha ocurrido. En adición  $\bar{x}$ , dado un mes particular, es la media de las precipitaciones cumulativas calculadas sobre todos los mismos meses en el registro.

Los parámetros resultantes son usados entonces para encontrar la probabilidad cumulativa de la precipitación para el mes dado y la escala de tiempo y estación considerada. La probabilidad cumulativa, haciendo  $t = x/\beta$ , se convierte en la función gamma incompleta:

$$F(x) = \int_0^x f(x) \cdot dx = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \cdot \int_0^x t^{\alpha-1} \cdot e^{-t} \cdot dt \quad (5)$$

Dado que la función de distribución gamma no está definida para  $x = 0$  y una distribución de precipitación puede contener ceros, se tiene que emplear una función mixta compuesta de la probabilidad del valor nulo " $q$ " y  $p = 1 - q$ .

Luego, la función de distribución cumulativa se convierte en:

$$H(x) = q + (1 - q) \cdot F(x) \quad (6)$$

Donde  $q$  es la probabilidad de precipitación cero. Si  $m$  es el número de ceros en una serie de tiempo de precipitación, Thom (1966) establece que  $q$  puede estimarse mediante:

$$q = \frac{m}{n} \quad (7)$$

La función cumulativa,  $H(x)$  es luego transformada a una variable normal estándar  $Z \sim N(0,1)$ , el cual es el valor del IPE. Se utilizó la siguiente aproximación analítica (Abramowitz y Stegun, 1965):

$$Z = IPE = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 \cdot t + c_2 \cdot t^2}{1 + d_1 \cdot t + d_2 \cdot t^2 + d_3 \cdot t^3} \right) \text{ para } 0 \leq H(x) \leq 0.5 \quad (8)$$

$$Z = IPE = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 \cdot t + c_2 \cdot t^2}{1 + d_1 \cdot t + d_2 \cdot t^2 + d_3 \cdot t^3} \right) \text{ para } 0.5 < H(x) < 1$$

$$t = \sqrt{\text{Ln} \left[ \frac{1}{(H(x))^2} \right]} \text{ para } 0 < H(x) \leq 0.5 \quad (9)$$

$$t = \sqrt{\text{Ln} \left[ \frac{1}{(1.0 - H(x))^2} \right]} \text{ para } 0.5 < H(x) \leq 1.0$$

y  $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$  son las siguientes constantes:

$$\begin{array}{ll} c_0 = 2,515517 & d_1 = 1,432788 \\ c_1 = 0,802583 & d_2 = 0,189269 \\ c_2 = 0,010328 & d_3 = 0,001308 \end{array} \quad (10)$$

### 3.2.8 Análisis de quiebres o ruptura en las series anuales de precipitación

Un quiebre puede generalmente ser definido como un cambio en la ley de probabilidad de las series de tiempo en un instante dado, el punto desconocido mas seguido.

Pruebas estadísticas de ruptura o quiebres de las series. A fin de evaluar la estacionalidad de las series anuales de Precipitación se realizarán unas pruebas estadísticas (test de ruptura o quiebres).

Los Test que se presentan a continuación son particularmente adaptados para la detección de quiebres en series de tiempo y están incluidos en diferentes programas estadísticos, entre ellos tenemos los test siguientes:

➤ **Test de Mann-Whitney**

Las series estudiadas son divididas en dos submuestras de tamaños  $m$  y  $n$  respectivamente. Los valores de las dos muestras son reagrupados y clasificados por orden creciente. La suma de los rangos de los elementos de cada submuestra del total de la muestra es luego calculada. Un estadístico es definido a partir de dos sumas ya determinadas, y probadas sobre la hipótesis nula de pertenencia de las dos submuestras a la misma población. Este test fue modificado por Pettitt (Pettitt, 1979):

La hipótesis nula de este test es la ausencia de rupturas en la serie. Sea  $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$  con  $\text{sgn}(x) = 1$  si  $x > 0$ ,  $0$  si  $x = 0$ ,  $-1$  si  $x < 0$ .

Nosotros consideramos la variable  $U_{t,N}$  tal que:

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij} \quad (11)$$

Sea  $K_N$  la variable definida para el máximo valor absoluto de  $U_{t,N}$  para  $t$  variando de 1 a  $N-1$ .

Si  $k$  es el valor de  $K_N$  tomado en la serie estudiada, sobre la hipótesis nula, la probabilidad de tener un valor alto que esta dado aproximadamente por:

$$\text{Prob}(K_N > k) \approx 2 \exp(-6k^2 / (N^3 + N^2)) \quad (12)$$

Para un riesgo  $\alpha$  tipo I dado si  $\text{Prob}(K_N > k)$  es inferior  $\alpha$ , la hipótesis nula es rechazada. Este test es conocido por su robustez.

➤ **Estadístico U de Buishand**

El test presentado aquí es de tipo Bayesiano y esta basado en un modelo simple que supone un cambio en la media de las series:

$$x_i = \begin{cases} \mu + \varepsilon & i = 1, \dots, m \\ \mu + \Delta + \varepsilon & i = m + 1, \dots, n \end{cases} \quad (13)$$

Los  $\varepsilon_i$  son variables aleatorias normales de medio cero y de variancia desconocida  $\sigma^2$ . El punto de ruptura  $m$  y los parámetros  $\mu$  y  $\Delta$  son también desconocidos.

Sea la variable:

$$S_o^* = 0, S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) \quad (14)$$

para  $k = 1, \dots, N$

Donde  $\bar{x}$  es la media de los valores de  $x_1, x_2, \dots, x_N$ .

$S_k^*$  es tal que :

$$\begin{aligned} E(S_k^*) &= -k(N-k)N^{-1}\Delta, \quad k = 0, \dots, m \\ E(S_k^*) &= -m(N-k)N^{-1}\Delta, \quad k = m+1, \dots, N \\ \text{var}(S_k^*) &= k(N-k)N^{-1}\sigma^2, \quad k = 0, \dots, N \end{aligned}$$

Sobre la hipótesis nula, la variable  $S_k^*$  sigue una distribución normal de media nula y de variancia  $\text{var}(S_k^*) = k(N-k)N^{-1}\sigma^2$ ,  $k = 0, \dots, N$ .  $\sigma^2$  desconocida es reemplazada por su estimador a partir de la serie estudiada. El resultado es que la variable  $S_k^*$  sigue una distribución normal de media cero y de variancia aproximada igual a:

$K(N-k)(N-1)^{-1}D_x^2$ ,  $k = 0, \dots, N$  con:

$$D_x^2 = N^{-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (15)$$

Suponiendo una distribución a priori uniforme para la posición del punto de ruptura  $m$ , nosotros definimos el estadístico  $U$  por:

$$U = [N(N+1)]^{-1} \sum_{k=1}^{N-1} (S_k^* / D_x)^2 \quad (16)$$

Los valores críticos del estadístico  $U$  están dados por Buishand (1982) a partir de un método de Monte Carlo. Para cualquier cambio de la media que ocurriera, el estadístico  $U$  da buenos resultados. El estadístico  $U$  es igualmente robusto para funciones de probabilidad no normales.

### ➤ Método Bayesiano

El modelo de base del presente método es el siguiente (Kotz et al, 1981):

$$x_i = \begin{cases} \mu + \varepsilon_i & i = 1, \dots, \tau \\ \mu + \delta + \varepsilon_i, & i = \tau + 1, \dots, N \end{cases} \quad (17)$$

Los  $\varepsilon_i$  son independientes y normalmente distribuidos, de media cero y de variancia  $\sigma^2$ .  $t, \mu, \delta$  y  $\sigma$  son parámetros desconocidos,

$1 \leq \tau \leq N - 1, -\infty < \mu < \infty, -\infty < \delta < \infty, \sigma > 0$  .  $\tau, \mu, \delta$  y  $\sigma$  son independientes.  $\tau$  y  $\delta$  representan respectivamente la posición en el tiempo y la amplitud de un cambio eventual de la media.

La proximidad bayesiana presentada esta fundada sobre las distribuciones marginales a posteriori de  $\tau$  y  $\delta$  (Lee and Heghinian, 1977).

Las distribuciones a priori de  $\tau$  y  $\delta$  son:

$$p(\tau) = 1/(N-1), \quad \tau = 1, 2, \dots, N-1$$

$p(\delta)$  es normal de media cero y de variancia  $\sigma_\delta^2$ .

La distribución a posteriori de  $\tau$  es definida por:

$$p(\tau | x) \propto [N / (\tau(N - \tau))]^{1/2} [R(\tau)]^{-(N-2)/2}, 0 \leq \tau \leq N - 1 \text{ con}$$

$$\begin{aligned} R(\tau) &= H(\tau) / \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_N)^2 \\ &= \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (x_i - \bar{x}_\tau)^2 + \sum_{i=\tau+1}^N (x_i - \bar{x}_N - \tau)^2 \right] / \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_N)^2 \end{aligned} \quad (18)$$

$$\bar{x}_N = 1/N \sum_{i=1}^N x_i \quad \bar{x}_\tau = 1/\tau \sum_{i=1}^{\tau} x_i \quad \bar{x}_{N-\tau} = 1/(N - \tau) \sum_{i=\tau+1}^N x_i$$

Nosotros sabemos que:

$$p(\delta | x) = \sum_{\tau=1}^{N-1} p(\delta | \tau, x) p(\tau | x) \quad (19)$$

La distribución condicional a posteriori de  $\delta$  con respecto a  $\tau$ ,  $p(\delta | \tau, x)$ , es una distribución Student de media  $\delta_\tau = \bar{x}_N - \tau - \bar{x}_\tau$  y de variancia  $\sigma_{\delta|\tau}^2 = NH(\tau) / [(N - 2)(\tau(N - \tau))]$  con  $v = N-2$  grados de libertad. Su función de densidad de probabilidad se escribe:

$$P(\delta | \tau, x) = \frac{v^{v/2} \Gamma((v+1)/2)}{\Gamma(1/2) \Gamma(v/2) (\sigma_{\delta|\tau}^2)^{1/2}} \frac{1}{(v + (\delta - \delta_\tau)^2 / \sigma_{\delta|\tau}^2)^{(v+1)/2}} \quad (20)$$

La posición en el tiempo y la amplitud de un eventual cambio de la media son definidas por los modos de las distribuciones a posteriori de  $\tau$  y  $\delta$ . A estos modos están asociadas las probabilidades.

➤ **Método de segmentación de series Hidrometeorológicas**

Un procedimiento de segmentación de series hidrometeorológicas fue presentado por Hubert et al. (1989).

Lo principal de este procedimiento es la “separación” de la serie en  $m$  segmentos ( $m > 1$ ) de manera que la media calculada sobre todo el segmento sea significativamente diferente de la media del (o de los) segmentos vecinos. Un método tal que es apropiado al análisis de múltiples cambios de la media.

La segmentación esta definida de la forma siguiente.

Toda serie  $x_i$ ,  $i = i_1, i_2$  con  $i_1 \geq 1$  e  $i_2 \leq N$  donde ( $i_1 < i_2$ ) constituye un segmento de la serie inicial de los ( $x_i$ ),  $i = 1, \dots, N$ .

Toda partición de la serie inicial en  $m$  segmentos es una segmentación de orden  $m$  de esta serie. A partir de una segmentación particular de orden  $m$  realizada sobre la serie inicial, nosotros definimos:

$$i_k, k = 1, 2, \dots, m; \quad n_k = i_k - i_{k-1}, ;$$

$$\bar{x}_k = \frac{\sum_{i=i_{k-1}+1}^{i=i_k} x_i}{n_k}; \quad D_m = \sum_{k=1}^{k=m} d_k \text{ con } d_k = \sum_{i=i_{k-1}+1}^{i=i_k} (x_i - \bar{x}_k)^2$$

La segmentación deducida debe ser tal que para un orden  $m$  de segmentación dada, la desviación cuadrática  $D_m$  sea mínima. Esta condición es necesaria pero no suficiente para la determinación de la segmentación óptima. Uno debe agregar la condición que indica que las medias de los dos segmentos contiguos deben ser significativamente diferentes. Esta condición es resuelta aplicando la prueba de Scheffé (Dagnélie, 1970).

Según los autores, (Hubert et el al., 1989), este procedimiento de segmentación puede ser interpretado como un test de estacionalidad, “la serie estudiada es estacionaria” constituye la hipótesis nula de este test. Si el procedimiento no produce segmentación aceptable de orden superior o igual a 2, la hipótesis nula es aceptada. No se ha atribuido ningún nivel de significancia a esta prueba.

#### IV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La descripción de la zona de estudio fue tomada de los estudios realizados por Acuña et al. (2006a) y Acuña et al. (2006b).

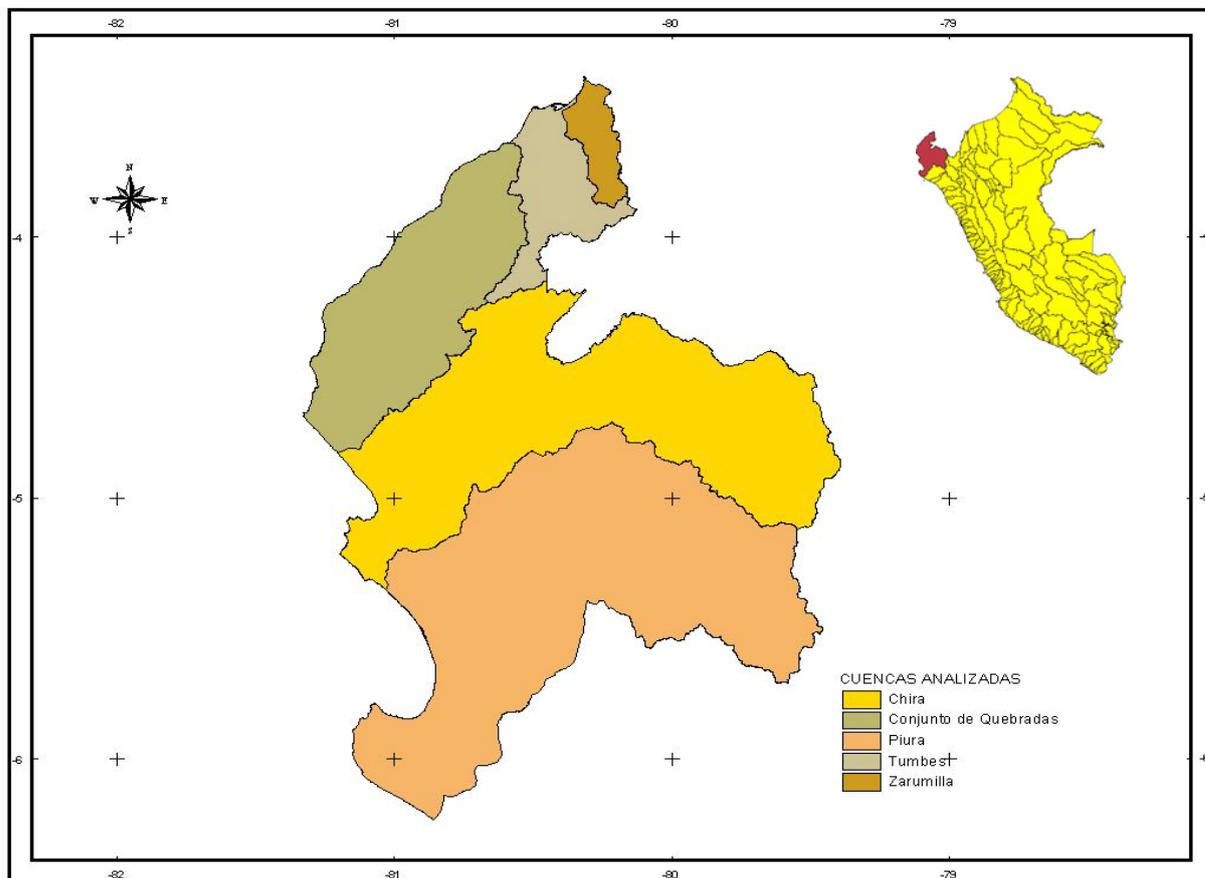


Figura 13: Ubicación de las cuencas Piura, Chira, Zarumilla y Tumbes

##### 4.1 Cuenca del río Piura

La cuenca del río Piura está ubicada en la costa norte del Perú y geográficamente se encuentra entre los paralelos 4°42' y 5°45' de latitud sur y los meridianos 79°29' y 81° de longitud oeste. Tiene un área total de 12,220.70 km<sup>2</sup> hasta la desembocadura en el océano Pacífico, por el Estuario de Virrilá (Ver Figura 13).

Limites: por el norte con la cuenca del río Huancabamba; por el sur con la cuenca de los ríos Ñaupe, Santa Rosa, Quebrada Piedra Blanca; por el este con las Lagunas Ramón, Ñapique y el Desierto de Sechura y por el oeste con la cuenca del río Chira y el océano Pacífico.

La cuenca del río Piura comprende dos áreas fisiográficas plenamente identificadas; la primera zona forma parte del llamado Desierto de Sechura, constituido por terrenos topográficamente planos con ondulaciones de hasta 275 metros sobre el nivel del mar (msnm) en sus partes más altas, surcado por el valle del mismo nombre. Por otro lado destacan en esta planicie los Cerros de Asperrería que al igual que los Macizos de Paita se alcanzan abruptamente hasta alturas de 390 msnm; la segunda zona está constituida por

la parte oriental de la cuenca se caracteriza por presentar una topografía que se hace abrupta apareciendo al inicio de los Promontorios que constituyen los flancos de la Cordillera Occidental con alturas de 200 msnm, que ascienden posteriormente conformando el macizo de la Cordillera Occidental con altitudes de hasta 4000 msnm.

#### 4.1.1 Geología

Geológicamente esta región se divide en dos zonas: 1) las partes altas en que predominan las rocas jurásicas (rocas volcánicas tipo lavas, tufos y calizas orgánicas fosilíferas) y rocas cretáceas y más probablemente terciarias (rocas intrusivas tipos diorita y granito); y 2) las partes bajas donde predominan las rocas terciarias (arcillas, conglomerados, areniscas, etc) y rocas cuaternarias que corresponden a la terraza submarina, con conchas, arena y grava o a depósitos aluviales recientes de gravas, arena, etc.

En la proximidad de los valles sobre estas formaciones geológicas se observan en una gran extensión, fuertes deposiciones eólicas, en forma de medianos y dunas en la zona Oeste y en forma de “loes” o deposiciones más finas en la zona Este.

El aspecto geológico en la cuenca del río Piura se describe en base al estudio realizado por el INADE y la caracteriza en dos zonas como son:

##### ➤ Cuenca del Alto Piura

TAHAL ASCOSES (1988), señala que las unidades estratigráficas identificadas en el Alto Piura son las siguientes: i) Terrazas Bajas y Lecho de Ríos, ii) Terrazas intermedias curso río, iii) Terrazas altas, iv) Formación Porculla, v) Formación Llama, vi) Formación Chignia, viii) Grupo Goyllarisquizga, ix) Formación Río Seco, x) Grupo Salas y xi) Complejo de Olmos.

En el Alto Piura la composición litológica Regional es la siguiente: i) Depósitos fluviales y fluvioaluviales, ii) Tobas, andesíticas y riolíticas en bancos masivos, brechas y lavas andesíticas, iii) Brechas piroclásticas andesíticas, tobas ácidas y sedimentos lacustres, iv) Granitos, tonalitos, cineritas, calizas arenáceas, areniscas ignimbritas, esquistos y dolomitas y v) Cuarzitas, filitas lustrosas, esquistos pelíticos, etc.

##### ➤ Cuenca del Medio y Bajo Piura

COLOMBI-MENDIVIL (1969) menciona que la geología del Medio y Bajo Piura están formadas por aluviones cuaternarios conformados por arena fina, limo, arcilla y algo de grava. Dichos depósitos aluviales están sustentados por arena, limo y arcilla de origen marino (formación Zapayal mioceno).

Las dunas de los terrenos áridos del Desierto de Sechura que son de origen eólico, penetran en el Valle Bajo Piura por acción de los vientos del Sur y del Sur-Este. Es por esta razón que en muchos casos se observa dunas dentro del Valle Bajo Piura.

#### 4.1.2 Suelos

En la cuenca del río Piura no existe información actualizada con respecto a suelos, más si en los estudios de Irrigación del Alto Piura y los estudios de Rehabilitación del Bajo Piura.

##### ➤ Clasificación de Suelos Valle Alto Piura

TAHAL-ASCOSESA (1988), señala que de acuerdo al sistema de clasificación y mapas de suelos en el Perú (ONERN-1972), los suelos identificados en el Alto Piura pertenecen al orden de suelos azonales. Estos suelos azonales incluyen todos los suelos aluviales y no presenta diferenciación genética del perfil debido a su edad reciente y carecen de horizontes genéticamente desarrollados.

La clasificación de las unidades de suelo identificadas en el área del Proyecto Alto Piura se ha hecho a nivel de serie de suelos. La serie de suelos es la unidad taxonómica más detallada del sistema de clasificación. Los suelos definidos dentro de una serie, presentan una sucesión idéntica de horizontes genéticos y son desarrollados sobre materiales originarios de naturaleza idéntica.

En la zona del Alto Piura se han identificado once (11) series de suelo:

Nueve series de suelo originado de materiales aluviales: Series Bigote, Charanal, Campana, Yaptera, Alto Piura, Carrasquillo, Batanes, Pabur y Talandracas.

Una serie de suelo originado de materiales aluviales eólicos Serie Ñomala.

Una serie de suelos originados de materiales aluviales-Series Barrios.

##### ➤ Clasificación de Suelos – Valle Bajo Piura

De acuerdo al Estudio realizado por la Asociación de Consultores del Proyecto Chira-Piura realizado en 1978, la información agrológica disponible proveniente de los Estudios de Colombi-Mendivil (1969), la cual ha sido consolidada y actualizada en 1976.

Concluyen que el origen de los suelos está constituido por un substrato de origen marino (Zapayal), sobre el cual se han acumulado los materiales aluviales sedimentados por el río Piura, y depósitos provenientes del Desierto de Sechura, transportados estos últimos desde el sur por los vientos alisios, presentando el perfil característico de los suelos azonales. Su profundidad y textura variable no ofrece limitaciones para la labranza o riego.

La conductividad hidráulica de los suelos es buena, 80% del área se mantiene en rangos de 1,5 m/día a más de 6,0 m/día, y sólo el 4% del área se encuentra en rangos de 0,025 a 0,5 m/día. La clasificación agrológica actualizada a 1978 arrojaba una área total de 53,483 has de las cuales 40,846 has constituían área agrícola bruta de las clases 2, 3, 4 y 5, que a su vez originaba una área agrícola neta de 34,721 ha. La clasificación

de los suelos por aptitud para la irrigación muestra que un 15% de las tierras pertenecían a las clases 2, 30% a la clase 3, 32% a la clase 4 y 23% a la clase 5.

La clasificación de los suelos está estrechamente vinculada con la presencia de la salinidad dentro de los límites aceptables: el 33% eran salinos y el 59% eran alcalinos. En general, el 92% de las áreas presentaban problemas de salinidad.

Por otro lado el valle se caracteriza por presentar territorio árido, desierto, bosque seco degradado, de escasas pendientes y de amplias pampas y cerros aislados, cubierto de pastos esporádicos, de algarrobos, zapotes, faiques, palo verde.

### **4.1.3 Clima**

El clima de la cuenca del río Piura, corresponde al de una zona sub-tropical según la clasificación de Koppen y al tipo de clima semi-tropical costero de Pettersen; caracterizados por pluviosidad moderada y altas temperaturas, con pequeñas oscilaciones estacionales.

En la parte baja y media de la cuenca, el clima es cálido y seco, típico de la Costa Norte del Perú varían desde muy seco y semicálido a seco-cálido. Recibe influencia de las variaciones de la Faja Ecuatorial y los cambios de dirección en sentido Este-Oeste de las corrientes marinas de aguas frías (Humbolt) y caliente (Ecuatorial).

Estas características ocasionan altas temperaturas ambientales con escasez de precipitaciones, salvo durante períodos cortos y esporádicos de ingresos al hemisferio sur de la corriente marina de aguas calientes (El Niño), y otros como los ocurridos en 1982-83 y 1997-98 de características extraordinarias.

En la parte alta de la cuenca el clima es temperado, semi húmedo a muy húmedo con frío acentuado, de topografía muy accidentada, de empinadas pendientes, característica particular de la sierra norte de la vertiente del Pacífico, motivada por la vecindad con la Línea Ecuatorial y la Cordillera Occidental Andina. En esta zona se producen precipitaciones pluviales generalmente en los cuatro primeros meses del año. Sin embargo, cada cierto número de años se presentan períodos con lluvias de gran intensidad, ocasionadas por nubes provenientes del Atlántico que al vencer la barrera de los Andes se enfrían y precipitan (Ver figura 16).

### **4.1.4 Hidrografía**

El río Piura nace en la cordillera de Huarmaca cerca del origen del río Huancabamba de la hoya del Atlántico a 3,600 msnm; inicia su recorrido cruzando las provincias de Morropón y Piura. Desde sus nacientes el río adopta el nombre de Piura el que conserva hasta su desembocadura en el océano Pacífico, contando con una longitud total de aproximadamente 280 km y tiene una dirección de sur a norte, con curvatura desde la Quebrada San Francisco hasta la caída de Curumuy, luego en dirección sur-oeste hasta llegar a su desembocadura al océano Pacífico a través del Estuario de Virrilá.

La cuenca del río Piura abarca parte de las provincias de Piura, Morropón, Huancabamba, Ayabaca y Paita. Su cuenca se extiende desde el nivel del mar por el lado occidental hasta los contrafuertes andinos por el oriental, caracterizándose por presentar la planicie costera más extensa del Perú, con un ancho promedio de 100 Km.

El río Piura es muy irregular y caprichoso, por lo que ha recibido el nombre de "Río Loco". El curso desde su nacimiento hasta su desembocadura, es bastante sinuoso, en un primer tramo, desde su nacimiento hasta la altura de la localidad de Ooto Bajo, corre de sureste a noroeste, para después adoptar una dirección final de noroeste a suroeste hasta su desembocadura. Asimismo la pendiente promedio del río Piura entre la Laguna Ramón y la ciudad de Piura es de 0,03%, entre Piura y Tambogrande 0,08%, entre Tambogrande y Malacasí 0,13%, y entre Malacasí y el punto de confluencia del río Piura y San Martín 0,35%. Sus afluentes a partir de la cota 300 msnm, tienen pendiente promedio del 10%, llegando en las partes altas hasta 15%.

Los afluentes del río Piura son de corto recorrido y de carácter torrencial, nacen en las faldas occidentales de los Andes y después de discurrir por cauces generalmente estrechos y de pronunciadas pendientes, descargan en el océano Pacífico. Estos ríos son de carácter estacional que producen grandes escurrimientos entre los meses de verano (ene-abr), así como también estiajes en el resto del año. Los principales afluentes del río Piura por la margen derecha son los ríos San Martín, Pusalca, Río Sancor, San Jorge, Pusalca Seco, Bigote, Corral del Medio, La Gallega, Charanal y Yapatera y por su margen izquierda los ríos Seco y Chignia.

Sin embargo, en su tramo final las aguas del río en años normales desaguan en las lagunas Ramón y sólo en épocas de crecientes extraordinarias se desbordan de las lagunas Ramón a la laguna Ñapique Chico, desaguando finalmente por el cauce antiguo que toma los nombres de río Tronadera, Bazán, Piura y Sechura, hasta desembocar en la Bocana de San Pedro (litoral de Sechura). Por otro lado, el cauce del río Piura en la zona baja, es variable por la escasa pendiente, existiendo zonas propensas a la inundación en años de presencia del Fenómeno del Niño y zonas secas en años con escasez de lluvias.

El río Piura en su curso inferior forma dos valles interiores muy importantes. El primero es el Alto Piura, el cual cuenta con una vasta producción de frutales y limones; y el Bajo Piura, lugar donde se extiende la ciudad de Piura. Aquí se ha construido un sistema de canales secundarios para la distribución del agua. Esta zona se caracteriza por su gran producción de algodón pima, arroz, mangos y limones. La cuenca del río Piura consta de grandes áreas de terreno cultivable en la parte baja y media del valle, las cuales no se explotaban completamente debido a la escasa disponibilidad del recurso hídrico. Hoy en día esa deficiencia se ha logrado superar gracias al Proyecto Chira – Piura que fue concebido para efectuar explotación racional de los recursos agua y tierra del Departamento de Piura.

En la Figura 14 podemos apreciar un esquema de funcionamiento del Proyecto Chira – Piura, cabe mencionar que partir de este proyecto de irrigación, la cuenca del río Piura comenzó a recibir las aguas de la cuenca del río Chira mediante la ejecución de las dos primeras etapas de ese Proyecto de Irrigación (con el embalse en la represa de Pochos

de mil millones de m<sup>3</sup>), hoy el cauce del río Piura dispone de agua permanente desde las alturas de Curumuy hasta su desembocadura, los parámetros fisiográficos de la cuenca se aprecian en la Tabla 7, y la curva hipsométrica de la cuenca en la Figura 15.

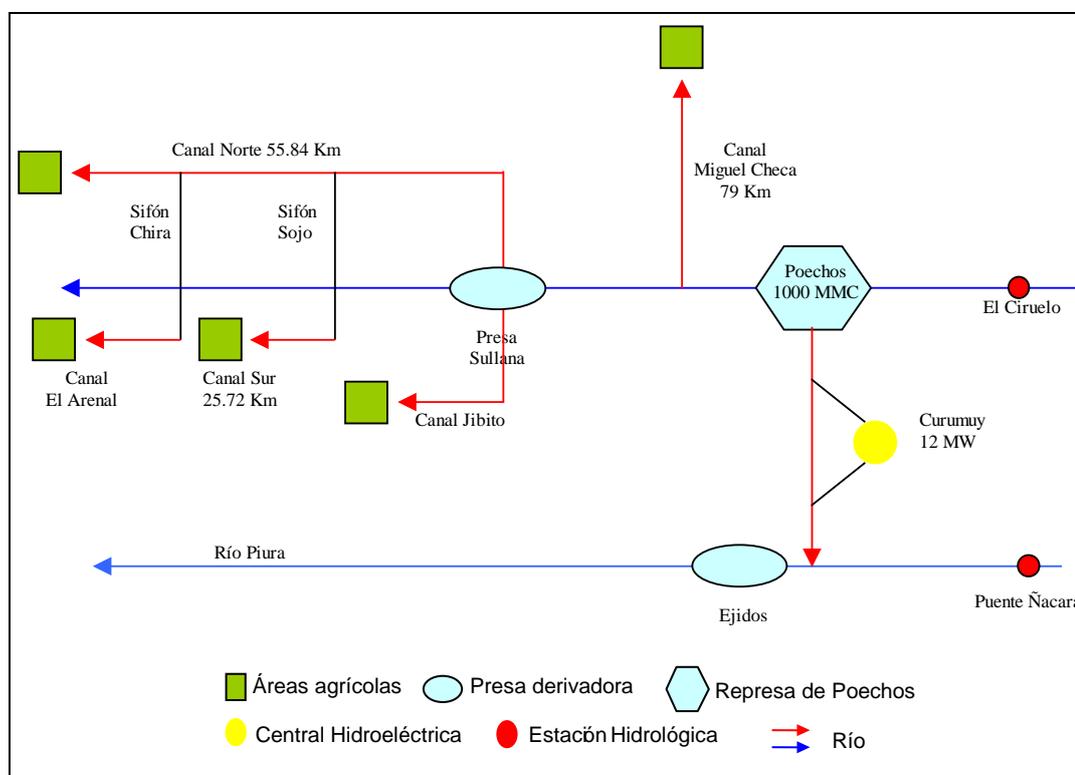


Figura 14 Esquema hidráulico del Proyecto Chira-Piura  
Fuente: Acuña et al. (2007a)

Tabla 7 Parámetros geomorfológico de la cuenca del río Piura

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
AREA DE LA CUENCA	Km <sup>2</sup>	12 220.7
PERIMETRO DE LA CUENCA	Km.	795.4
INDICE DE COMPACIDAD	Adimensional	2.0
INDICE DE PENDIENTE DE LA CUENCA	Adimensional	0.07
ALTURA MEDIA DE LA CUENCA	Mts.	477.8
COEFICIENTE DE MASIVIDAD	M/Km <sup>2</sup>	0.04
COEFICIENTE OROGRAFICO	M <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	18.7
FRECUENCIA O DENSIDAD DE RIOS	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.16
DENSIDAD DE DRENAJE	Km/Km <sup>2</sup>	0.33
EXTENSION MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Km <sup>2</sup> /Km	0.75
INDICE DE TORRENCIALIDAD	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.08
PENDIENTE MEDIA DEL RIO PRINCIPAL	%	0.82
PENDIENTE EQUIVALENTE	%	0.17
LONGITUD DEL RIO PRINCIPAL	Km	292.49

Fuente: Adaptado de Acuña et al. (2007a).

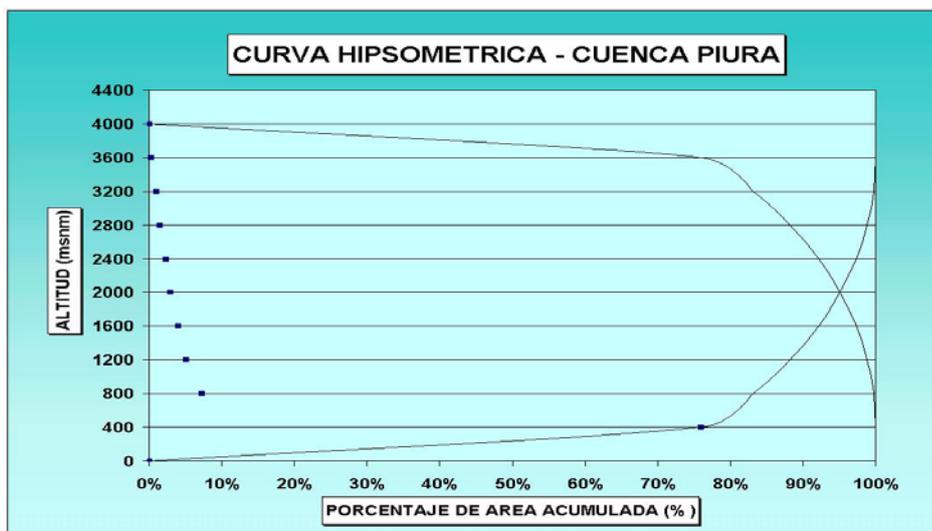


Figura 15 Curva Hipsométrica de la cuenca del río Piura  
Fuente: Acuña et al. (2007a)

## 4.2 Cuenca del río Chira

La cuenca del río Chira, geográficamente está ubicada entre los paralelos 03°40'28" y 05°07'06" de la latitud sur, y los meridianos 80°46'11" y 79°07'52" de longitud oeste.

Limita por el Norte con la cuenca del río Puyango, por el Sur con las cuencas de los ríos Piura y Huancabamba, por el Este con las cuencas de Zamora y Chinchipe (Ecuador) y por el Oeste con el Océano Pacífico. (Ver Figura 13)

La topografía de la cuenca es abrupta con niveles de altitud que van desde el nivel del mar hasta los 3 600 msnm; existen serios problemas de erosión a causa de la accidentada orografía del terreno y de una extendida deforestación, lo cual se traduce en graves problemas de erosión en la cuenca alta y de sedimentación en la cuenca baja.

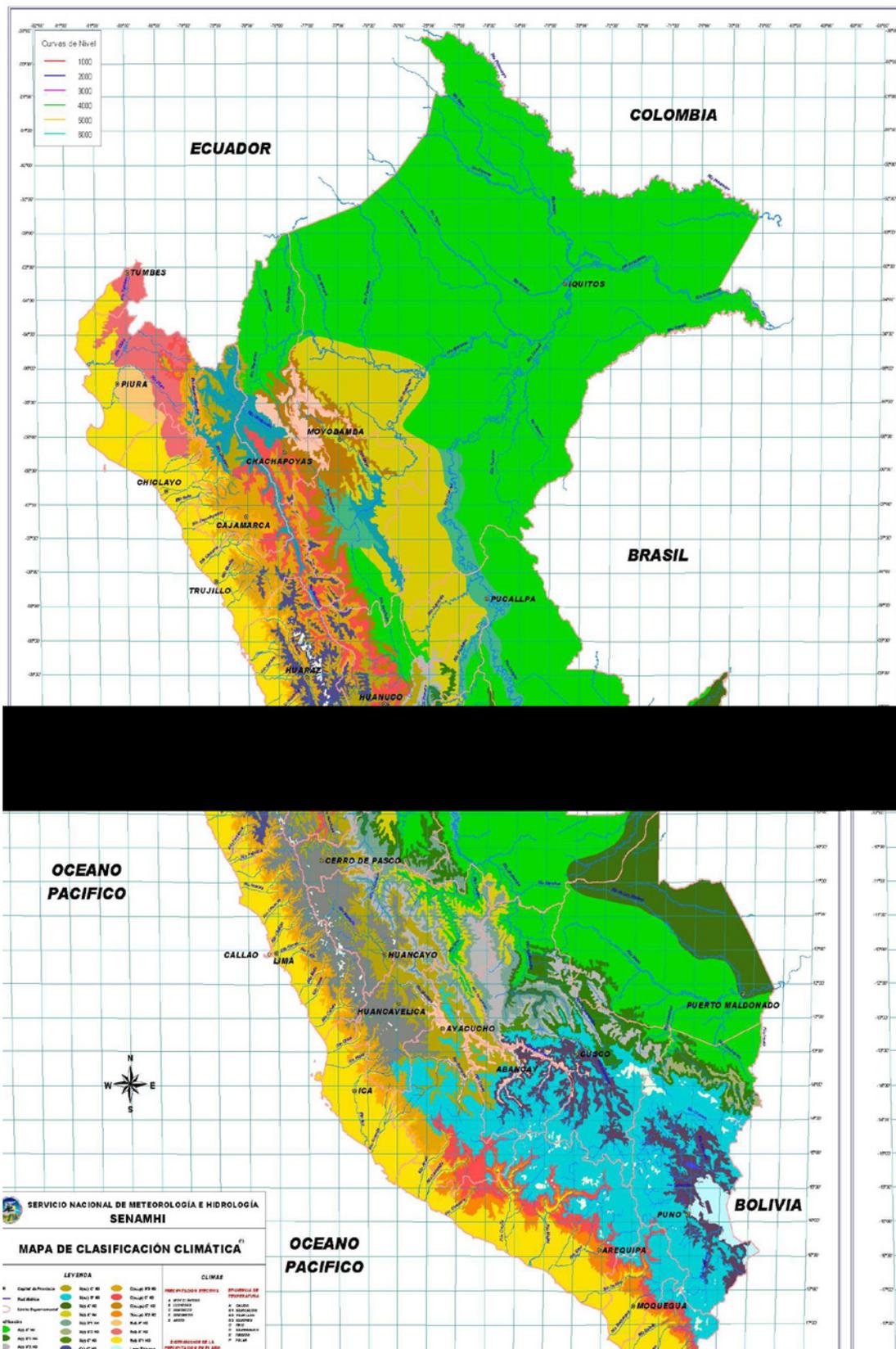


Figura 16 Mapa de clasificación climática del Perú  
Fuente: SENAMHI

### 4.2.1 Geología

Las características geológicas en la cuenca del río Chira se describirán zonificándolo en Alto Chira y Bajo Chira.

#### ➤ Cuenca Alto Chira

En esta parte de la cuenca se presentan como unidades geológicas y unidades litológicas las que a continuación se detallan:

APODESA (1994) clasificó las unidades geológicas identificadas en la cuenca alta del río Chira, referenciado desde Poechos hasta los límites con el Ecuador en:

- i) Complejo de Olmos. Esto es una secuencia de esquistos, de naturaleza predominantemente pelítica. También consiste en sedimentos argiláceos, en los cuales dominan los esquistos, pelíticos o cuarzosos, así como anfibolitas de las facies de esquistos verdes.
- ii) Grupo Salas. Está constituido por filitas argiláceas gris marrones a gris violáceas, intercaladas con cineritas verdes palidaso gris brunáceas, intercalándose con cuarcitas de grano fino, blancogrisáceas.
- iii) Grupo San Pedro. La parte superior es predominantemente chértica, consistente en capas finamente bandeadas con coloraciones negras a gris blanquecinas, muy duras, que exhiben estructuras sedimentarias de microplegamientos y convolutas. Hacia el tope se tiene lodolitas gris oscuras a negras con nódulos de limonita, intercalándose con capas delgadas de chert bandeado, color blanco.
- iv) Volcánico la Bocana. El nivel superior lo componen generalmente brechas andesíticas o aglomerados con cemento microbrechoide, intercalados con calizas tobáceas, blanquecinas a veces carbonozas y fosilíferas, y con limolitas o lodolitas calcáreas y arcillitas.
- v) Volcánico Lancones. Consiste de brechas piroclásticas andesíticas, masivas cuyos litoclastos tienen dimensiones considerables.
- vi) Formación Huasimal. La Unidad preponderante está constituida por lodolitas negras, frágiles y deleznales; a veces lodolitas calcáreas oscuras, fracturadas, areniscas gris violáceas, de grano fino o areniscas limosas duras.
- vii) Formación Jahuay Negro. Esta Unidad se caracteriza por la presencia de areniscas feldespática, de grano fino a medio y grauvacas, grises o gris verdosas y se diferencia por contener concreciones calcáreas esféricas.
- viii) Formación Encuentros. La parte superior presenta una intercalación, casi rítmica, de limonitas lodolitas negras, en capas delgadas y en paquetes, con areniscas feldespática, gris amarillenta y algunos niveles de microconglomerados y microbrechas.
- ix) Formación Tablones. Está compuesto por conglomerados, gris plonizos o blanco amarillentos, con rodados de cuarcitas, filitas, esquistos, granitos, en una matriz arcósica. En la parte inferior se presenta areniscas, de grano grueso a medio, con microconglomerados lenticulares.

- x) Formación Yapatera. Está dada por una secuencia de conglomerados diagenizados intercalados con areniscas tobáceas, que conforman bancos densos.
- xi) Formación Verdún. Está compuesta por areniscas bioclásticas, blanco amarillentas, de grano fino a grueso con granos angulosos de cuarzo, feldspatos y materiales orgánicos.
- xii) Volcánica Llama. Esta Unidad está conformada por bancos gruesos de brechas piroclásticas andesitas, gris violáceas a moradas, intercalados con niveles de tobas ácidas, blanco-verdosas, ocasionalmente presenta conglomerados volcánicos.
- xiii) Volcánica Porculla. Está constituido mayormente por tobas andesitas y riolíticas, gris blanquecinas, en bancos masivos, presenta intercalaciones de brechas piroclásticas andesitas así como lavas de esta misma composición.
- xiv) Volcánica Shimbe. Son andesitas lávicas o meta-andesitas, gris verdosa con chispas de pirita, presentándose en bancos masivos, en algunos casos presentan tobas de composición andesítica.
- xv) Volcánico Huaypirá. Está constituido por andesitas piroclásticas, gris violáceas, en algunos sectores son grises azulinas a moradas, con textura porfirítica; los fenos lo conforman cristales de plagioclasa y en menor proporción augita o minerales opacos.
- xvi) Depósitos Aluviales. Los materiales depositados son conglomerados y flangomerados piolimíticos, poco consolidados, con una matriz arenosa o limoarcillosa.
- xvii) Depósito Glaciares. Están constituidos por brechas inconsolidadas en matriz microbechosa o arenácea.
- xviii) Depósitos Fluviales. Está constituido por conglomerados inconsolidados, arenas sueltas y materiales limo-arcillosos.

### ➤ **Cuenca Bajo Chira**

ENERGOPROJECKT (1983) menciona que en el valle del Bajo Chira, la estructura del terreno consta de formaciones de distinta antigüedad; de acuerdo a los restos fósiles y otros, se han constatado los miembros estratigráficos de: eoceno, mioceno y cuaternario.

Eoceno, medio y superior. Consta de las formaciones Chira y Verdún (denominaciones locales).

- Formación Chira: En la zona estrecha del valle, presenta cuatro facies, a saber:
  - Facies de areniscas, margen derecha del Medio Chira
  - Facies de areniscas y arcillas margosas, margen derecha
  - Facies lutitas Chira, en sector vertiente del Chira hasta Vichayal y en vertiente izquierda el área de Arenal
  - Facies conglomerado Chira, este facie se extiende sobre la anterior.

- Formación Verdún: Pareciera que ambas facies de Verdún se hundan bajo la formación Chira; sin embargo, en la zona de su contacto (cerca a Vichayal), aparecen fallas a lo largo de las cuales ha podido realizarse también el contacto tectónico. En la zona que estrictamente pertenece al valle, aguas abajo de Vichayal, tiene dos facies a saber: a) Facies lutita bituminosa; en el sector Vichayal y b) Facies conglomerado Verdún; entre Vichayal y Miramar.

Mioceno Medio y Superior – Formación Zapallal (ZAP). Esta formación estructura la vertiente izquierda del Valle del Bajo Chira, desde Sullana hasta Viviate. La formación consta de: arenisca, piedra arcillosa y limosa, localmente con bentonita, pobremente cementada, de color café a gris, en capas, banquetas y conglomerados pobremente cementados. En el poblado de Miraflores, se observa que el horizonte superior de esta formación contiene también lentes de arenisca caliza. La roca es de partículas finas, de color blancuzco y relativamente dura. Gravas conglomeráticas pobremente cementados, cubren el horizonte de lentes, su espesor es de 20 m aproximadamente y se presenta en un área de varios km<sup>2</sup>. Estas gravas pertenecen probablemente al plioceno.

El Cuaternario. Presenta sedimentos de terrazas, de ladera (deluviales y proluviales), aluviales y eólicas: ellos recubren la mayor parte de terreno del Valle del Chira. Las terrazas t<sub>3</sub> y t<sub>2</sub> presentan por lo general estructura gravosa y arenoso – limosa cuyo espesor se evalúa en 5 – 10 m. Los sedimentos limosos y arenosos de partículas finas, arcilla y lodo forman la terraza t<sub>1</sub> su espesor asciende hasta 40 m.

Los depósitos fluviales y de quebradas contienen sedimentos mencionados, localmente con arena y grava de tamaño mediano. Los sedimentos eólicos están representados por la arena.

#### 4.2.2 Suelos

En la cuenca del río Chira también existe dos estudios realizados por APODESA en la cuenca Alta y por Energoprojekt para la rehabilitación del Valle Chira e indican:

##### ➤ Clasificación de Suelos Valle Alto Chira

La información previa a los referidos estudios antes mencionados está constituida por el Inventario y Evaluación de los recursos naturales de la Cuenca del Río Quiroz y Margen Izquierda del Río Macará (ONERN 1978) y la unidad taxonómica utilizada en el referido estudio ha sido el Gran Grupo de Suelos y la unidad cartográfica, las asociaciones de suelos y grupos no edáficos; las extensiones de las asociaciones de suelo se presenta a continuación.

En el estudio Plan Manejo de las cuencas del Reservorio existe una descripción detallada de las asociaciones de suelos identificadas en la zona alta de la cuenca del Chira. A continuación se hace una breve descripción de las asociaciones de suelos identificadas en la zona de estudio:

- a) Asociación Guineo (G). Los suelos integrantes de esta asociación pertenecen al Gran Grupo Cambortid y cubren una superficie aproximada de 63,818 has (10.07%). Se encuentra distribuida en un ambiente árido y semiárido sobre

- lomas y colina con una topografía con pendientes menores de 30%. Presenta fases de pendientes. Apta para pastoreo extensivo, temporal y protección.
- b) Asociación Quiroz (Q). Esta asociación edáfica se halla integrada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Torrifluent y cubre una superficie de 11,302 ha (1.78%). Se hallan ocupando las planicies aluviales en un ambiente árido y presentan una topografía casi a nivel. Presentan fase por pendiente y apta para cultivos en limpio bajo riego.
  - c) Asociación Vilca (V). Esta unidad edáfica se halla conformada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Ustifluent y cubren una superficie aproximada de 2,237 ha (0.35%). Se halla ocupando las geoformas aluviales en un ambiente sub-húmedo a húmedo. La topografía es casi a nivel y presenta fases por pendiente. Apta para cultivos en limpio pero complementada con riego.
  - d) Asociación Carrizo (C). Esta asociación edáfica se halla conformado por suelos pertenecientes al Gran Grupo Torriortent y abarca una superficie aproximada de 94,062 ha (14.85%). Se desarrollan sobre materiales aluvio-coluviales, ocupando lomadas y colinas, con una topografía moderadamente empinada a empinada. Presenta fases por pendiente. Apta para el pastoreo extensivo, temporal y protección.
  - e) Asociación Limón (li). Esta asociación edáfica se halla conformada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Ustortent y abarca una superficie aproximada de 231,908 ha (36.61%). Se halla ocupando las partes altas de la cuenca, en un ambiente húmedo a sub-húmedo y sobre las laderas de montañas. Presenta fases por pendiente. Apta para pastoreo extensivo, temporal, producción forestal y protección.
  - f) Asociación Shimbe (S). Esta unidad edáfica se halla conformada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Haplumbrept y cubre una superficie aproximada de 2,000 ha (0.32%). Se encuentran distribuidas en las partes altas de la cuenca, en un ambiente frío y muy húmedo, con topografía fuertemente inclinada. Presenta fases por pendientes. Apta para pastoreo extensivo, temporal, producción forestal y protección.
  - g) Asociación Montero (M). Se halla conformado principalmente por suelos pertenecientes al Gran Grupo Haplustol y cubre una superficie de 47,435 ha (7.49%). Se encuentran distribuidas en un ambiente semiárido hasta húmedo, sobre depósitos coluviónicos, con topografía fuertemente inclinada a empinada. Presenta fases por pendiente. Apta para pastoreo extensivo y temporal y protección.
  - h) Asociación Jabonillo (J). Esta unidad edáfica se halla conformada principalmente por suelos pertenecientes al Gran Grupo Torrtent y abarca una superficie aproximada de 2,096 ha (0.33%). Se halla ocupando las zonas de lomadas y colinas en un ambiente árido a semiárido con topografía casi a nivel. Presenta fases por pendiente. Apta para cultivos en limpio bajo riego y pastoreo extensivo y temporal.
  - i) Asociación La Solana (S). Esta asociación edáfica está conformada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Torriortent subgrupo Torriortent Lítico, cubriendo una superficie aproximada de 8,253 ha (1.30%).

Se presenta en las partes bajas de la cuenca, en zonas climáticas áridas y cálidas ocupando las áreas de lomadas; apta para pastoreo temporal y protección.

- j) Asociación Guineo – Carrizo (G –C). Esta asociación edáfica está conformada por los Grandes Grupos Cambortid (70%) y Torriortent (30%). Cubren una superficie aproximada de 57,484 ha (9.07%). Se hallan distribuidas en las partes bajas de la cuenca, ocupando las geoformas de lomadas y colinas en un ambiente árido a semiárido. Presenta fases por pendiente. Apta para pastoreo extensivo y temporal y protección.
- k) Asociación Guineo – Jabonillo (G-J). Esta asociación edáfica se halla conformada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Cambortid (70%) y Torrert (30%), cubriendo una superficie de 3,059 ha (0.48%). Se hallan ocupando las geoformas de lomadas y colinas bajas. Presenta fases por pendiente. Apta para el pastoreo extensivo y temporal y protección.
- l) Asociación Quiroz – Jabonillo (Q-L). Se halla integrada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Torrifluent (70%) y al gran grupo Torrent (30%), ocupando una superficie de 2,251 ha (0.36%). Se halla ocupando las planicies aluviales, de topografía casi plana y áreas cálidas y áridas. Apta para pastoreo extensivo y temporal y cultivos en limpio.
- m) Asociación Guineo – Monteo (G-M). Se halla conformada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Cambortid (60%) y al Gran Grupo Haplustol (40%), cubriendo una superficie aproximada de 340 ha (0.05%). Se halla ocupando las lomadas y colinas bajas, en un ambiente semiárido, su topografía es empinada. Apta para pastoreo extensivo y temporal y protección.
- n) Asociación Guineo – La Solana (G-S). Se halla conformada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Cambortid (60%) y al Gran Grupo Torriortent (40%), cubriendo una superficie aproximada de 24,237 ha (3.83%). Se halla ocupando las lomadas y colinas bajas, en un ambiente árido y de topografía inclinada. Apta para pastoreo temporal y protección.
- o) Asociación Carrizo – Guineo (C-S). Se halla conformada por suelos pertenecientes al Gran Grupo Torriortent (40%) y Sub-Grupo Torriortent Lítico (60%), con una extensión aproximada de 5,116 ha 0.81%).  
Se halla ocupando las lomadas en un ambiente árido, su topografía es moderadamente empinada. Apta para pastoreo temporal y protección.
- p) Asociación Montero – Limón (M-L). Esta asociación edáfica se halla conformada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Haplustol (60%) y Ustortent (40%) con una extensión aproximada de 21,184 ha (3.34%). Se encuentra ocupando la zona montañosa con pendientes empinadas y presenta fases de pendiente. Apta para pastoreo extensivo y temporal, producción forestal y protección.
- q) Asociación Pingola – Limón (P-Li). Esta unidad edáfica se halla conformada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Haplustalf (70%) y Ustortent (30%) con una superficie aproximada de 10,884 has (1.72%). Se encuentra distribuidos en la zona montañosa con pendientes empinadas. Presentan fases por pendientes. Aptas para producción forestal y protección.
- r) Asociación Hualancas – Limón (H-Li). Esta unidad edáfica está conformada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Distrocept (60%) y Ustortent (40%) con una superficie aproximada de 18,373 has (2.90%). Se halla circunscrita a zonas montañosas glaciales, con pendientes muy empinadas. Aptas para el pastoreo extensivo permanente, producción forestal y protección.

- s) Asociación Cunante – Limón (U-Li). Los suelos que conforman esta asociación edáfica pertenecen a los Grandes Grupos Ustropet (60%) y Ustortent (40%) cubriendo una superficie aproximada de 4,580 ha (0.72%). Se halla ocupando las zonas montañosas con pendiente fuertemente empinadas a empinadas. Presenta fases por pendiente. Apta para pastoreo permanente, producción forestal y protección.
- t) Asociación Ayabaca – Socchabamba (A-B). Esta asociación está conformada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Distropept (50%) y Ustocrept (50%) abarcando una superficie de 3,152 has (0.50%). Son suelos que se hallan ocupando la zona montañosa con pendientes dominantes moderadamente empinadas a empinadas. Apta para el pastoreo permanente y producción forestal.
- u) Asociación Ayabaca – Limón (A-Li). Esta asociación está integrada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Distropept (60%) y Ustortent (40%) abarcando una superficie de 1,495 ha (0.24%).

Se hallan ocupando las zonas montañosas con pendientes fuertemente empinadas a empinadas. Apta para pastoreo extensivo permanente, producción forestal, protección y cultivos en limpio.

- v) Asociación Montero – Socchabamba (M-B). Esta unidad edáfica está conformada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Haplustol (60%) y Ustocrept (40%) con una superficie aproximada de 1,871 has (0.30%). Se halla ocupando la parte media del sector montañoso, con pendientes fuertemente empinadas a empinadas. Aptas para el pastoreo extensivo temporal, producción temporal y protección.
- w) Asociación Shimbe – Limón (S-L). Esta unidad edáfica está integrada por suelos pertenecientes a los Grandes Grupos Haplumbrept (60%) y Ustortent (40%) cubriendo una superficie aproximada de 2,780 ha (0.44%). Se halla ocupando las áreas montañosas de mayor altitud con pendientes fuertemente inclinadas. Aptas para el pastoreo extensivo, permanente y protección.

### 4.2.3 Clima

En el lado peruano de la cuenca Catamayo – Chira, el clima es caluroso y seco, típico de la costa norte del Perú, por su proximidad a la línea ecuatorial y al cambio de dirección de la corriente marina de aguas frías de Humboldt. Estas características ocasionan una alta temperatura ambiental y la escasez de precipitaciones, salvo durante los esporádicos ingresos de corrientes marinas de aguas procedentes del Ecuador, o a la oscilación de la Termoclina, debida al fenómeno de "El Niño"

Por otro lado, resalta por su baja precipitación pluvial hacia el litoral, que se incrementa uniformemente hacia las zonas de mayores elevaciones y distantes de la Costa. Las temperaturas son mayores en la Costa decreciendo hacia el interior con la altura. Durante el año no hay mucha variación del promedio de humedad relativa, siendo bastante alta cerca del litoral, disminuyendo en la planicie costera y en las montañas. En las zonas de poca lluvia el cielo esta generalmente claro durante la mayor parte del año.

Las precipitaciones se observan mayores hacia el norte y del litoral hacia el interior, con oscilaciones variables que van desde escasos milímetros en las zonas desérticas a más de 1500 mm promedio anual en la región cordillerana (Huar Huar a 3200 msnm). La clasificación climática se puede visualizar en la Figura 16.

Por lo general, el clima está influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), además de la interacción de las corrientes marinas, cálida de El Niño y Fría de Humboldt.

#### 4.2.4 Hidrografía

El río Chira, pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene sus nacientes en el Ecuador a 3000 msnm con el nombre de Catamayo, y después de recorrer 150 km se une con el río Macará donde toma el nombre de río Chira, recorre 50 km sirviendo de límite entre Perú y Ecuador hasta encontrarse con el río Alamor continuando en la dirección Sur-Oeste en territorio peruano hasta su desembocadura en el océano Pacífico después de haber recorrido 241,3 km; sus cursos de agua primordialmente son provenientes de las precipitaciones estacionales que ocurren en su cuenca alta. Esta cuenca internacional abarca una extensión de 17,550 km<sup>2</sup>, de la cual 11502,1 km<sup>2</sup> se halla en territorio peruano. Su cuenca húmeda es de aproximadamente 9,500 km<sup>2</sup>. La porción peruana forma parte de las provincias de Paita, Talara, Piura y Ayabaca, todas ubicadas en el departamento de Piura.

Los afluentes principales del río Chira, en territorio peruano, son por su margen derecha son: el río Alamor y las quebradas Hawai, Venados, Samán, Honda, Peroles, La Tina, Poechos y Cóndor; y por su margen izquierda son: los ríos Quiroz y Chipillico. Son afluentes de gran importancia es el río Pilares por su margen derecha y Macará por su margen izquierda, que constituyen líneas fronterizas contando con parte de sus cuencas de drenaje en territorio ecuatoriano.

El río Chira, por su paso por la cuenca baja tiene las características siguientes:

- En los tramos iniciales la topografía es accidentada, las montañas tienen altura moderada y las laderas son de regular pendiente, lo que hace propicia la erosión de sus cauces y el arrastre del material sólido en suspensión.
- El segundo tramo de recorrido se origina aproximadamente en las áreas inferiores a los 300 msnm. Se caracteriza por la escasa pendiente del río y la gran aridez de los valles, salvo a lo largo de las riberas, donde se presenta una vegetación tupida típica tropical. En esta zona se desarrollan los grandes sistemas de irrigación como San Lorenzo y Chira – Piura.

El río Chira es el segundo de la costa peruana con mayor caudal luego del río Santa. Este río provee de agua a la represa de Poechos (la más grande del Perú) que regula el agua de riego de más de 150,000 hectáreas de los valles de Chira y Piura, por lo cual este río es de gran importancia para la agricultura de la zona.

El valle Chira, cuenta con un sistema hidráulico mayor de riego y drenaje, y sistema de diques de defensas, construidas por el Proyecto Especial Chira – Piura. Actualmente el

valle dispone de infraestructura hidráulica remodelada en operación, y parte que se encuentra en proceso de ejecución.

Las obras en operación son: i) Presa Poechos, ii) Presa Derivadora Sullana, iii) Canal Derivación Daniel Escobar, iv) Canal Miguel Checa, v) Sistema de Denaje Toncal y vi) Diques de Defensa contra Inundaciones.

Las obras en proceso de ejecución son: i) Canal Norte, ii) Canal Sur y iii) Sistema de Drenaje Principal en el Bajo Chira.

### **Presa Poechos**

La Presa Poechos es una estructura de almacenamiento ubicada en el cauce del río Chira, a 30 km aguas arriba de la ciudad de Sullana. Su capacidad de almacenamiento según diseño fue de 1000 MMC; obra que ha sido construida durante el período 1972 -1976. Fue inaugurado en 1976, construido por especial encargo del Proyecto Chira-Piura, a cargo de la firma yugoslava Energoproject. Este proyecto se llevó a cabo con la finalidad de cubrir las demandas de agua del valle del Chira para desarrollar la agricultura y dar al valle las dotaciones requeridas e incrementar la explotación agropecuaria, en la actualidad irriga 70,000 has de los valles del Chira Medio y Bajo Piura.

La Presa consiste de un relleno de tierra zonificada, que permite la formación de un reservorio de almacenamiento con aportes de las subcuencas hidrográficas de los ríos Chira en la parte Peruana y Catamayo en la parte Ecuatoriana; para evitar pérdidas de agua por filtraciones en la base de la Presa, se ha construido una pantalla de concreto, hasta alcanzar el nivel de la roca.

Estructuralmente está conformado por dos diques ubicados en los flancos (derecho e izquierdo) y un dique principal, construidos al mismo nivel que la cresta de la presa principal. En los diques están ubicados dos obras de salida (tomas), que atraviesan la presa por medio de túneles cortos ubicados en la margen izquierda y derecha de la presa principal, asegurando la entrega de demanda de agua para los valles Medio y Bajo Piura y Chira para abastecer las demandas para uso agropecuario de 44 800 has.

En la Presa Principal está ubicada el aliviadero de compuertas, el cual cumple tres funciones principales: i) Evacuar los excesos de agua que trae el río Chira, ii) Evacuar la gran cantidad de material flotante que trae el río en época de avenidas y iii) Permitir regular avenidas extraordinarias.

El dique principal de Poechos es de tierra, y esta ubicado en el mismo cauce del río Chira. Geográficamente se encuentra en la latitud 4°41', longitud 80°31' y altitud 80 msnm. Políticamente es situada en el distrito de Lacones provincia de Sullana. En el dique izquierdo se encuentra un aliviadero de emergencia, el cual sirve como protección para el caso de avenidas extraordinarias que pudieran presentarse en el futuro, los parámetros fisiográficos de la cuenca se aprecian en la Tabla 8, y la curva hipsométrica de la cuenca en la Figura 17.

Tabla 8 Parámetros geomorfológico de la cuenca del río Chira

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
AREA DE LA CUENCA	Km <sup>2</sup>	11 502
PERIMETRO DE LA CUENCA	Km.	840
INDICE DE COMPACIDAD	Adimensional	2.2
INDICE DE PENDIENTE DE LA CUENCA	Adimensional	0.09
ALTURA MEDIA DE LA CUENCA	Mts.	846
COEFICIENTE DE MASIVIDAD	M/Km <sup>2</sup>	0.07
COEFICIENTE OROGRAFICO	M <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	62.2
FRECUENCIA O DENSIDAD DE RIOS	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.31
DENSIDAD DE DRENAJE	Km/Km <sup>2</sup>	0.65
EXTENSION MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Km <sup>2</sup> /Km	0.39
INDICE DE TORRENCIALIDAD	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.14
PENDIENTE MEDIA DEL RIO PRINCIPAL	%	1.49
PENDIENTE EQUIVALENTE	%	0.33
LONGITUD DEL RIO PRINCIPAL	Km	241.32

Fuente: Adaptado de Acuña et al. (2007a).

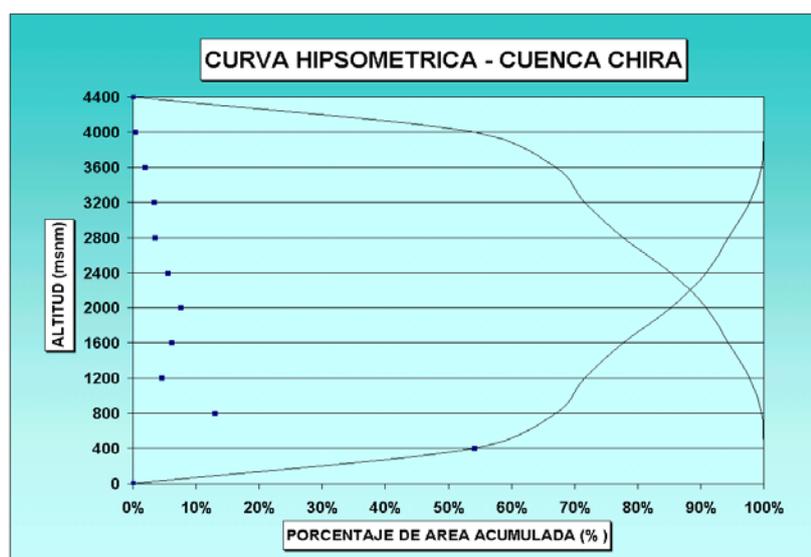


Figura 17 Curva Hipsométrica de la cuenca del río Chira  
Fuente: Acuña et al. (2007a)

### 4.3 Cuenca del río Zarumilla

La cuenca del río Zarumilla forma parte de los distritos de Zarumilla, Papayal, Matapalo y Aguas Verdes de la provincia de Zarumilla del departamento de Tumbes.

Geográficamente, sus puntos extremos de la cuenca se hallan comprendidos entre los 03° 24' y 03° 53' de Latitud Sur y los 80° 09' y 80°23' de Longitud Oeste.

Limites: por el este con el Ecuador, al oeste con la cuenca del río Tumbes, al norte con el océano Pacífico, y al sur con la cuenca del río Tumbes (Ver Figura 13).

### 4.3.1 Geología

La cuenca del río Zarumilla, presenta una sola unidad geológica representada por los **“Afloramientos Rocosos”**, y constituye por una secuencia de rocas sedimentarias como ígneas intrusivas, además de estrecha franja de rocas metamórficas. Esta unidad geológica comprende cinco unidades estratigráficas:

- *Rocas ígneas intrusivas (Pk – g)*, afloran aguas arriba de Matapalo, en forma de una intrusión alargada, delimitada por una gran falla denominada “Falla Falcones” y constituida por granitos de color gris claro, textura equigranular, fenos de plagioclasas y granos grandes de cuarzo y máficos en menor proporción.
- *Rocas metamórficas (P – m)*, Afloran en una forma de franja muy estrecha, aguas arriba de la localidad de Lechugal estando constituidas por algunas gneisses y esquistos del Paleozoico.
- *Formación Zorritos (Tm – z)*, corresponde al Mioceno Inferior y aflora principalmente en forma de una faja transversal al valle a la altura de la localidad de Lechugal, presentando una secuencia alternada de lutitas verdosas y areniscas finas cuarzosas; en la base presenta areniscas de color gris claro, de grano medio a grueso y localmente micro-conglomerádica.
- *Formación Cordalitos (Tm – c)*, Pertenece al Mioceno Medio, presenta relaciones estratigráficas normales en su base y tope; se le encuentra formando fajas adyacentes a la formación Zorritos. Esta formación está constituida mayormente por lutitas marrón grisáceo intercaladas con lutitas de color marrón azufrosas, englobando concreciones calcáreas, así como abundante yeso.
- *Formación Tumbes (tm – t)*, Esta unidad estratigráfica del Mioceno Superior es la que muestra una mayor distribución areal, encontrándose desde las cercanías de Papayal hasta Matapalo. Está constituida por una secuencia de conglomerados bastante compactados, areniscas de grano grueso e intercalaciones de lutitas, cerca de la base tiene un miembro de tabas arenosas de color blanquecino. Todos sus contactos son concordantes.

Como resultado del levantamiento geológico-geomorfológico, la cuenca del río Zarumilla presenta 5 unidades hidrogeológicas: Afloramientos rocosos, depósitos aluviales, depósitos aluviocoluviales, terrazas marinas y depósitos marinos recientes.

### 4.3.2 Suelos

La cuenca del río Zarumilla se extiende sobre planicies sedimentarias, cerros y colinas bajas, terrazas marinas y valles aluviales situados en la región edáfica yermosólica. Los suelos se han formado a partir de sedimentos terciarios y cuaternarios, la topografía es variable notándose una correlación de esta con la formación y tipo de suelos. Así en las zonas bajas y planas, los suelos son profundos de materiales más finos y de drenaje lento y muchas veces con alto contenido de sales, si embargo en las terrazas

y áreas de relieve ligeramente ondulado, los suelos son menos profundos, menos salinos y también con drenaje lento.

Según el sistema de clasificación de suelos Soil Taxonomy, los suelos de esta cuenca corresponden a las órdenes Entisoles, Inceptisoles, Aridisoles y Vertisoles. Según el sistema FAO, los suelos de esta cuenca se encuentran dentro de los Regosoles y se han ubicado además el sub-orden Fluvent.

### 4.3.3 Clima

El clima en la cuenca peruana del río Zarumilla, varía desde el clima desértico en la zona costera al semiárido de las zonas montañosas en la parte fronteriza, y está influenciado por la zona de convergencia intertropical (ZCIT), además de la interacción de las corrientes marinas de El Niño y de Humboldt que ocasionan periodos de sequía con precipitaciones muy bajas entre 100 y 300 mm; y periodos lluviosos irregulares con abundantemente precipitaciones 2700 a 3800 mm. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 18°C en invierno y 30°C en verano, la humedad relativa media mensual varía de 73 a 80 %. La identificación de tipos de climas en base al Mapa Climático del Perú elaborado por SENAMHI presenta las siguientes características según su variación altitudinal:

❖ Tipo climático Desértica semicálida [E(d) B<sub>1</sub> ‘ H<sub>3</sub> ]

Abarca toda la región costera hasta los 2,000 msnm, caracterizándose por la deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año y humedad relativa calificada como húmeda, corresponde a una zona desértica semicalida.

❖ Tipo climático Semi seca y templada [C(o,i,p) B<sub>2</sub> ‘ H<sub>3</sub> ]

Este tipo de clima comprende desde los 2,000 hasta 3,000 msnm caracterizada por presentar una zona semiseca y templada por la deficiencia de lluvias en el otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda.

La clasificación climática se puede visualizar en la Figura 16.

### 4.3.4 Hidrografía

El río Zarumilla tiene su origen en las serranías del Ecuador, en las estribaciones de la cordillera de Tahuín y en la primera parte de su curso toma el nombre de Las Lajas y en su recorrido en territorio peruano, su cauce constituye el límite entre Perú y Ecuador. El Zarumilla desemboca en el Pacífico por la Boca de Capones, varía notablemente su caudal a lo largo de todo el año, aumentando su volumen en las épocas de grandes precipitaciones pluviales. A partir del mes de mayo el río Zarumilla se seca en su parte baja. La longitud del río es aproximadamente de 50 km y su cuenca es de 731.2 km<sup>2</sup>. Por el lado peruano, recibe el agua de las quebradas, Hondonada, Faical y Algarrobal. Por la parte del Ecuador, la quebrada del Palmal.

Cabe mencionar que existen numerosas quebradas entre los ríos Zarumilla y Tumbes, las mismas que presentan escurrimientos mínimos y en algunos casos se encuentran

secas. Las principales quebradas en este área son: Algarrobilllo, Luay, Pedregal, Las Vacas, La Garita, y La Cruz. Hidrológicamente todas estas quebradas siguen su curso de norte a noreste y desembocan en el Pacífico. El caudal medio anual del río Zarumilla es 9.03 m<sup>3</sup>/s. El máximo valor encontrado fue 71.8 m<sup>3</sup>/s, en épocas de estiaje su escurrimiento es nulo.

Por otro lado el Santuario Nacional de Manglares de Tumbes constituye la única muestra representativa de este ecosistema para el Perú, donde destacan especies de flora como el *Rhizophora mangle*, *R. harrisonii*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* y alberga una gran diversidad de invertebrados acuáticos de importancia económica, y algunas especies en vías de extinción como el *Crocodylus acutus* “cocodrilo americano”, esta área de manglares alcanza los 2 972 Has. ubicada en la provincia de Zarumilla, en el departamento de Tumbes, los parámetros fisiográficos de la cuenca se aprecian en la Tabla 9, y la curva hipsométrica de la cuenca en la Figura 18.

Tabla 9 Parámetros geomorfológico de la cuenca del río Zarumilla

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
AREA DE LA CUENCA	Km <sup>2</sup>	731
PERIMETRO DE LA CUENCA	Km.	177
INDICE DE COMPACIDAD	Adimensional	1.8
INDICE DE PENDIENTE DE LA CUENCA	Adimensional	0.09
ALTURA MEDIA DE LA CUENCA	Mts.	245.7
COEFICIENTE DE MASIVIDAD	M/Km <sup>2</sup>	0.34
COEFICIENTE OROGRAFICO	M <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	82.6
FRECUENCIA O DENSIDAD DE RIOS	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.32
DENSIDAD DE DRENAJE	Km/Km <sup>2</sup>	0.79
EXTENSION MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Km <sup>2</sup> /Km	0.32
INDICE DE TORRENCIALIDAD	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.14
PENDIENTE MEDIA DEL RIO PRINCIPAL	%	0.64

Fuente: Adaptado de Acuña et al. (2007b).

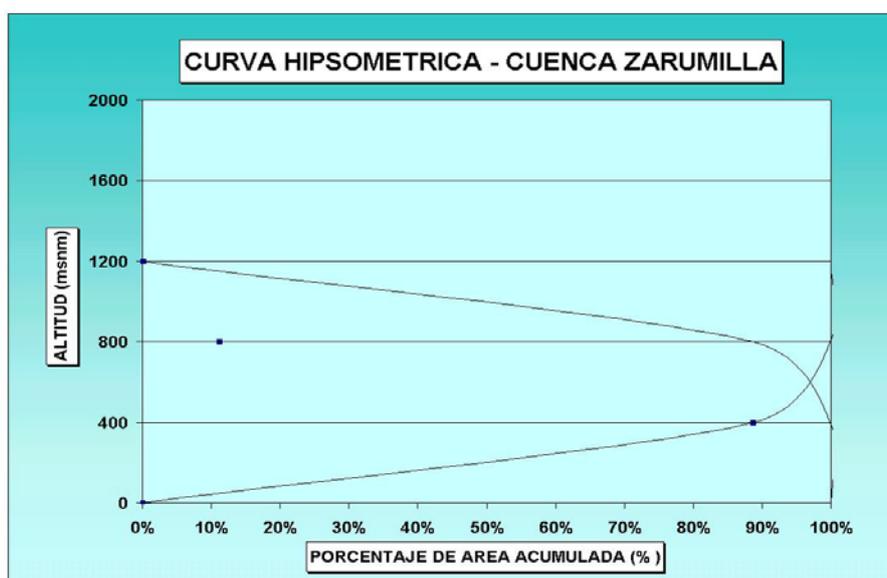


Figura 18 Curva Hipsométrica de la cuenca del río Zarumilla

Fuente: Acuña et al. (2007b)

#### 4.4 Cuenca del río Tumbes

Políticamente, la parte peruana de la cuenca del río Tumbes, forma parte de los distritos de Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, La Cruz y Corrales de la provincia y departamento de Tumbes.

Geográficamente, los puntos extremos de la cuenca se hallan comprendidos entre los 03° 30' y 04° 15' de Latitud Sur y los 80° 07' y 80°40' de Longitud Oeste.

Limites: por el norte con el océano Pacífico y la cuenca del río Zarumilla, al sur con la quebrada Bocapán y la cuenca del río Chira, al Este con las cuencas de los ríos Zarumilla y Chira y al oeste con el océano Pacífico. Resalta el delta del mismo, siendo componente del paisaje natural de los manglares. Su permanente caudal lo hace el único río navegable de la costa peruana, tiene un gran importancia ecológica debido a la gran variedad de flora (los manglares Área peruana = 1854 Km<sup>2</sup>) y fauna (Ver Figura 13).

##### 4.4.1 Geología

La parte peruana de la cuenca del río Tumbes, presenta cinco unidades geológicas:

- Afloramientos Rocosos, que han sufrido procesos para dar lugar a un paisaje poco accidentado, con la formación de algunas colinas y quebradas de cierta profundidad, en las cuales se nota la presencia de rocas tanto sedimentarias como ígneas intrusivas. Esta unidad hidrogeológica a su vez comprende las siguientes cuatro unidades estratigráficas: Rocas ígneas intrusivas (PK – g), Formación Zorritos (Tm – z), Formación Cardalitos (Tm – c) y Formación Tumbes (tm – t).
- Terrazas Marinas ( Q – Tm), Son depósitos de origen marino, conocidos comúnmente en el norte como “Tablazos”; formados por sedimentos plio-pleistocénicos arcillo-arenosos, de color gris verdoso o gris rojizo, bandeados, calcáreos y en muchos casos guijarros, incluyendo algunas veces areniscas finas. Estos depósitos suprayacen a las formaciones del Terciario, dando lugar a planicies topográficas sumamente disectadas; han sido levantadas a su actual nivel por movimientos epirogánicos cíclicos, y por lo tanto se les encuentra dominando al resto del valle con alturas que varían entre 10 y 20 m.
- Depósitos Aluviales del río Tumbes. Esta unidad esta compuesta por todo el material arrastrado por el río Tumbes a través de su historia geológica. El proceso de depositación y posterior erosión de los sedimentos se habría producido en tres ciclos, los cuales a su vez han sido responsables del entallamiento de tres niveles antiguos dentro del valle (Cauce mayor –to-, Primera terraza aluvial –t1- y Segunda terraza aluvial –t2-).
- Depósitos aluvio – coluviales (Q –al/col), se les encuentra en el fondo de las numerosas quebradas que drenan la cuenca, en ellas el material es bastante diversificado en cuanto a litología, tamaño y redondez, como consecuencia directa del tipo de transporte que han sufrido (por gravedad en algunos casos y por

periódicas corrientes fluviales en otros), el cual además no ha alcanzado grandes magnitudes. En la quebrada Ceibo (cerca de Pampas de Hospital) se observa un corte de cinco metros, en el cual se aprecian cantos rodados subangulosos o subredondeados cuyo tamaño varía entre gravilla y 20 cm. Predominando entre gravilla y 8 cm. Envueltos en una matriz de arena gruesa arcósica (40 %), muy poca compactación, buena permeabilidad. Depósitos similares se han encontrado en la quebrada de Cerro Blanco y Quebrada La Jardina (cerca de San Jacinto).

- Depósitos Marinos Recientes (Q – mr), se encuentran formando una franja que corre a lo largo de la línea costera, el material consiste mayormente de depósitos recientes de arena, inundables en épocas lluviosas o como consecuencia de las mareas altas; conocidos con el nombre de “manglares”. Estos depósitos por su carácter marginal y por constituir una faja angosta, carecen de importancia.

#### 4.4.2 Suelos

La parte peruana de la cuenca del río Tumbes se extiende sobre planicies sedimentarias, cerros y colinas bajas, terrazas marinas y valles aluviales situados en la región edáfica yermosólica. Los suelos se han formado a partir de sedimentos terciarios y cuaternarios, la topografía es variable notándose una correlación de esta con la formación y tipo de suelos. Así en las zonas bajas y planas, los suelos son profundos de materiales más finos y de drenaje lento y muchas veces con alto contenido de sales, sien embargo en las terrazas y áreas de relieve ligeramente ondulado, los suelo son menos profundos, menos salinos y también con drenaje lento.

Según el sistema de clasificación de suelos Soil Taxonomy, los suelos de esta cuenca corresponden a las órdenes Entisoles, Inceptisoles, Aridisoles y Vertisoles.

Por otro lado, el valle del río Tumbes abarca 21 586,0 has divididas en 4 499 unidades agrarias, de las cuales 2 740 son menores de 3 has y 1 467 están entre 3 y 9,9 has, esto lo caracteriza como un valle de minifundios y pequeña agricultura.

Los principales cultivos en esta cuenca son el plátano y el arroz, y en menor escala se cultiva maíz amarillo duro, mango, soya y fríjol. Cabe mencionar a las formaciones ecológicas en los siguientes tipos de bosques: bosque tipo manglar en el litoral, malezas y bosques espinosos en el primer nivel topográfico, bosques de tipo seco y húmedo en las zonas de relieve topográfico montañoso con pendientes pronunciadas, donde las grandes precipitaciones pluviales alcanzan alrededor de los 500 mm en promedio.

#### 4.4.3 Clima

La cuenca del río Tumbes presenta un clima subtropical que corresponde a una zona de transición entre el ecuatorial y el desértico de la costa peruana. Se considera a la cuenca del Tumbes como el más cálido de la costa peruana, presenta una temperatura promedio casi uniforme en todo el año, siendo las más altas temperaturas entre enero a abril (30° C) y las más bajas o frescas, entre junio a septiembre (23° C).

La Corriente de El Niño y la migración hacia el sur del frente ecuatorial ocasionan la caída de fuertes lluvias estacionales en toda la cuenca. Cuando ocurre el fenómeno de “El Niño”, se producen anomalías atmosféricas y en el océano Pacífico se registra el proceso de calentamiento de la temperatura superficial del mar, lo que origina la formación de nubes que a su vez desencadenan las lluvias que producen inundaciones en extensas zonas de la cuenca. Esto repercute enormemente en su economía, generando pérdidas en los segmentos más vulnerables de la población.

El fenómeno de “El Niño” tiene también efectos positivos, pues permite la mayor disponibilidad del recurso hídrico y crecimiento sostenido del bosque seco tropical; incrementando además la presencia de especies Hidrobiológicas de gran importancia comercial.

Por otra lado, el SENAMHI ha clasificado al clima de la cuenca del río Tumbes en base al método de Werren Thornthwaite el cual se puede visualizar en la Figura 16.

#### 4.4.4 Hidrografía

El río Tumbes nace en las cordilleras del Zaruma (Ecuador), formado por los afluentes de los ríos Amarillo y Calera luego avanza para constituirse línea de frontera entre Perú y Ecuador, finalmente ingresa a territorio peruano y desemboca en el océano Pacífico después de recorrer aproximadamente 210 km, su curso se divide en cuatro secciones:

- La inter-montaña, desde su origen hasta el pongo de Zapayal y el Salto del Tigre.
- La de Cañones y Cascadas entre el Pongo de Zapayal y el Salto del Tigre.
- La Llanura, desde el Salto del Tigre hasta la ciudad de Tumbes.
- El Delta o de Esteros en la Desembocadura en el Océano Pacífico, cubierto de abundante vegetación de mangle y jeli, cuyas enmarañadas raíces constituyen el hábitat de una variada fauna compuesta por moluscos: Conchas Negras, ostras, mejillones, conchas huaqueras, choros etc; crustáceos : langostas cangrejos, langostinos, camarones y peces (Corvina, tollo, Mero, Sierra, Lengüado, Robalo).

La cuenca del río Tumbes está formada en su cabecera por numerosas quebradas que discurren principalmente desde la cordillera de Chilla y Cerro Negro en el Ecuador. En su parte alta el río es llamado a menudo Río Pindo o Río Grande. Toma el nombre de Puyango a partir de su confluencia con el Yaguachi cerca de Balsas. Siguiendo la dirección occidental por unos 100 km, el Río Puyango alcanza la quebrada Cazaderos para formar el río Tumbes, gira entonces hacia el norte unos 80 km hasta llegar al océano Pacífico cerca de la ciudad de Tumbes. La cuenca alta del río Puyango-Tumbes, está rodeada por terrenos montañosos con altitudes de alrededor de 3,500 msnm. Tiene cuatro tributarios principales: el río Calera, el río Amarillo, el río Luis y el río Ambocas, dan origen y forman el río Pindo. El río Pindo y sus tributarios tienen una pendiente pronunciada de cerca de 7 por mil. La mayor parte del río Puyango tiene una pendiente moderada de 3 por mil. Bajando hacia el mar forma la llanura del río Tumbes, en donde la pendiente del cauce es inferior al 2 por mil.

La belleza paisajística del río Tumbes es muy impresionante en épocas de lluvias, bastante ideal para realizar excursiones todo el año, haciendo un bonito recorrido en lancha desde el río Tumbes hasta el lugar denominado la "Boca", mostrando el cambio de paisaje del río con el amplio y bello mar y la majestuosidad en la confluencia de las aguas del río Tumbes en la desembocadura, dando lugar a un paisaje paradisíaco.

Cabe mencionar que el curso del río Puyango-Tumbes, no se han construido obras de regulación y se utilizan los caudales naturales del mismo. Las fuertes descargas del río Tumbes, en época de avenida originan inundaciones en la parte baja del valle afectando al sector agrícola, pesquero, transporte, vivienda y energía. Asimismo es necesario tener en cuenta que durante el período de estiaje se puede comprometer el abastecimiento de agua para la incorporación de nuevas áreas a la explotación agrícola si es que no se regulan los caudales mediante obras de embalse, los parámetros geomorfológicos de la cuenca se aprecian en la Tabla 10, y la curva hipsométrica de la cuenca en la Figura 19.

Tabla 10 Parámetros geomorfológico de la cuenca del río Tumbes

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
AREA DE LA CUENCA	Km <sup>2</sup>	1893
PERIMETRO DE LA CUENCA	Km.	371
INDICE DE COMPACIDAD	Adimensional	2.4
INDICE DE PENDIENTE DE LA CUENCA	Adimensional	0.08
ALTURA MEDIA DE LA CUENCA	Mts.	375
COEFICIENTE DE MASIVIDAD	M/Km <sup>2</sup>	0.2
COEFICIENTE OROGRAFICO	M <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup>	74.6
FRECUENCIA O DENSIDAD DE RIOS	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.42
DENSIDAD DE DRENAJE	Km/Km <sup>2</sup>	0.6
EXTENSION MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Km <sup>2</sup> /Km	0.42
INDICE DE TORRENCIALIDAD	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.16
PENDIENTE MEDIA DEL RIO PRINCIPAL	%	0.28

Fuente: Adaptado de Acuña et al. (2007b).

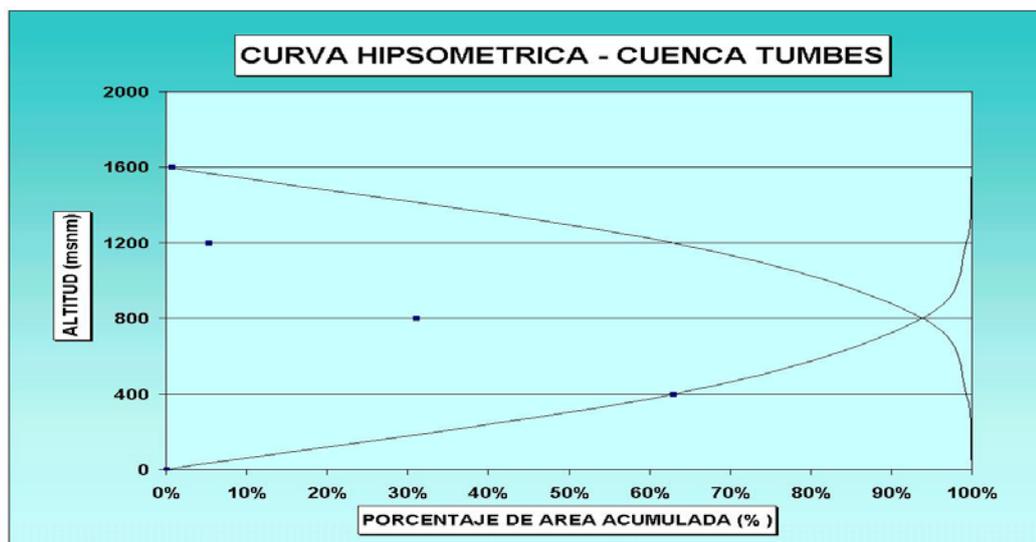


Figura 19 Curva Hipsométrica de la cuenca del río Tumbes

Fuente: Acuña et al. (2007b)

## V. MATERIALES

### 5.1 Datos disponibles

Los datos de lluvia y caudal proceden de un conjunto de 39 estaciones meteorológicas seleccionadas en las 4 cuencas de estudio. Las series utilizadas son series mensuales homogenizadas y completas para el período hidrológico (septiembre hasta agosto) de 1969 – 2005 y han sido extraídas de los estudios de Balance Hídrico Superficial de las cuencas del Pacífico, elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del SENAMHI entre el 2000 y 2005, y actualizada al periodo 2005 con información proporcionada por la Dirección general de Estadística e informática (OGEI) del SENAMHI. La red utilizada se ilustra en el Figura 20 y Tabla 11.

Con respecto a las series mensuales del Índice de Oscilación del Sur y de la temperatura superficial del mar, estas ha sido extraída de la siguiente dirección electrónica <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>.

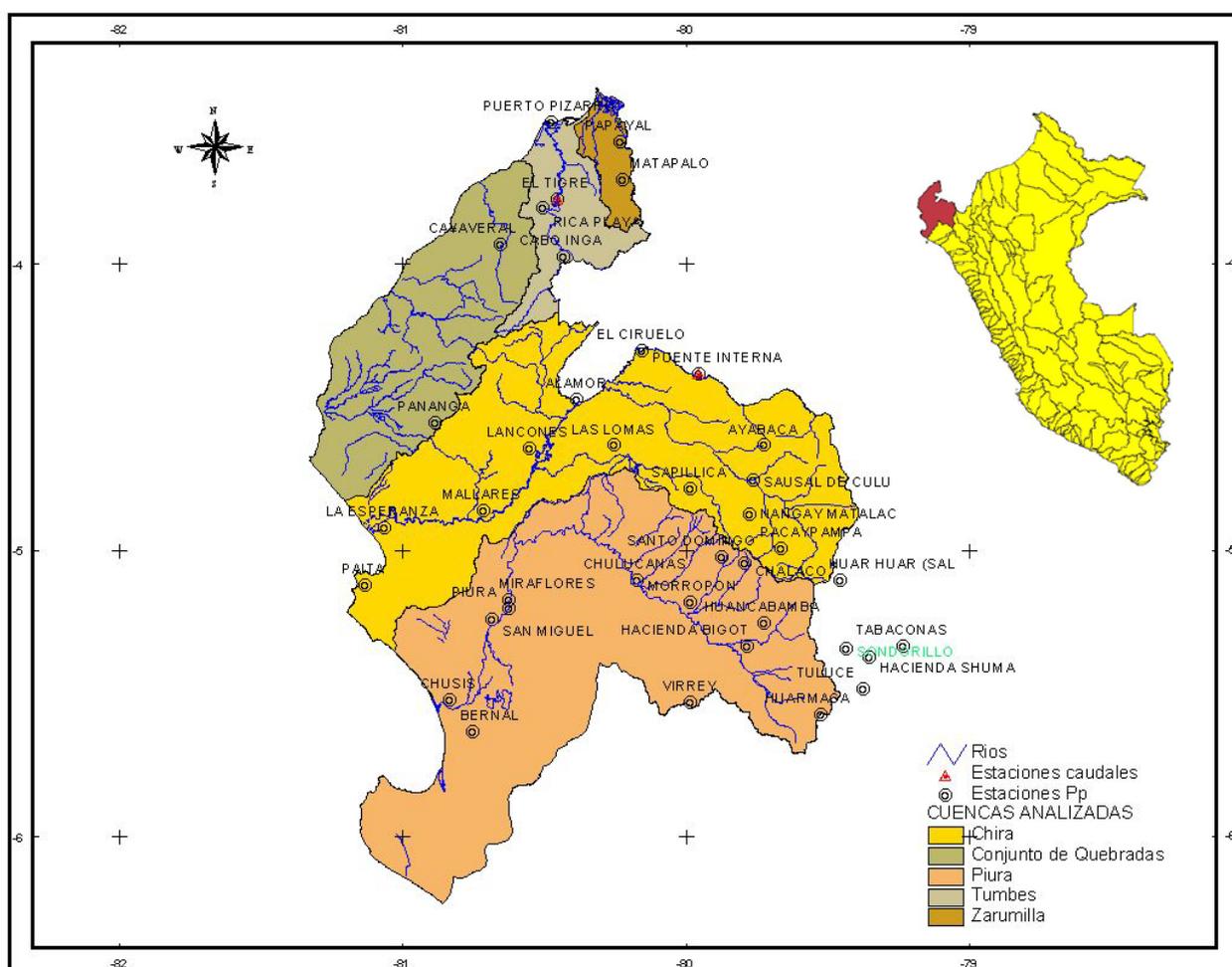


Figura 20: Ubicación de la Red hidrometeorológica utilizada

Tabla 11: Red de estaciones hidrometeorológicas evaluadas

<b>CUENCAS</b>	<b>ESTACION</b>	<b>LATITUD (°)</b>	<b>LONGITUD (°)</b>	<b>ALTITUD (M.S.N.M.)</b>
ZARUMILLA	CAÑAVERAL	-3.93	-80.65	145.0
	PAPAYAL	-3.57	-80.23	60.0
TUMBES	CABO INGA	-3.97	-80.43	205.0
	EL TIGRE	-3.77	-80.45	45.0
	MATAPALO	-3.70	-80.22	54.0
	PUERTO PIZARRO	-3.50	-80.47	1.0
	RICA PLAYA	-3.80	-80.50	98.0
CHIRA	ALAMOR	-4.47	-80.38	150.0
	AYABACA	-4.63	-79.72	2700.0
	EL CIRUELO	-4.30	-80.15	202.0
	LA ESPERANZA	-4.92	-81.06	12.0
	LANCONES	-4.64	-80.55	150.0
	LAS LOMAS	-4.63	-80.25	265.0
	MALLARES	-4.86	-80.71	47.0
	NANGAY MATALAC	-4.87	-79.77	2100.0
	PACAYPAMPA	-4.99	-79.66	2041.0
	PAITA	-5.12	-81.13	3.0
	PUENTE INTERNACIONAL	-4.38	-79.95	408.0
	SAPILICA	-4.78	-79.98	1456.0
	SAUSAL DE CULUCAN	-4.75	-79.76	980.0
	HUAR HUAR	-5.10	-79.45	3150.0
	PANANGA	-4.55	-80.88	480.0
PIURA	HACIENDA SHUMAY	-5.37	-79.35	2000.0
	SONDORILLO	-5.34	-79.43	1960.0
	TULUCE	-5.48	-79.37	2000.0
	TABACONAS	-5.33	-79.23	1800.0
	MIRAFLORES	-5.17	-80.62	30.0
	PIURA	-5.20	-80.62	49.0
	BERNAL	-5.63	-80.75	30.0
	CHALACO	-5.04	-79.79	2276.0
	CHULUCANAS	-5.10	-80.17	29.0
	CHUSIS	-5.52	-80.83	14.0
	HACIENDA BIGOTE	-5.33	-79.78	200.0
	HUANCABAMBA	-5.25	-79.72	1950.0
	HUARMACA	-5.57	-79.52	2180.0
	MORROPON	-5.18	-79.98	150.0
	SAN MIGUEL	-5.24	-80.68	29.0
SANTO DOMINGO	-5.02	-79.87	1607.0	
VIRREY	-5.53	-79.98	230.0	

Red de estaciones hidrometeorológicas evaluadas

<b>CUENCAS</b>	<b>RIO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>LATITUD (°)</b>	<b>LONGITUD (°)</b>	<b>ALTITUD (M.S.N.M.)</b>
CHIRA	CHIRA	EL CIRUELO	-4.30	-80.15	202.0
TUMBES	TUMBES	TIGRE	-3.77	-80.45	45.0

## 5.2 Softwares utilizados

**SPI programa:** Software escrito en Fortran para el cálculo del SPI a diferentes escalas de tiempo del Centro Nacional de Mitigación de Sequías de la Universidad de Nebraska. Software libre disponible en: [http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi\\_program.htm#program](http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm#program)

**Hydraccess:** Programa desarrollado por el IRD (Instituto Francés para el Desarrollo) específicamente para fines hidrológicos con una amplia gama de aplicaciones para las variables climáticas e hidrológicas. Para fines de este trabajo se ha utilizado para organizar el banco de datos de Pluviometría y caudal, los módulos de Análisis Espacial (GIS). Es libre y disponible en [http://www.mpl.ird.fr/hybam/outils/hydraccess\\_sp.htm](http://www.mpl.ird.fr/hybam/outils/hydraccess_sp.htm)

**Minitab:** Programa Estadístico. Se utilizó el módulo de análisis gráfico para la determinación de los Diagramas de Cajas e histogramas de Frecuencia. También se utilizó el módulo de Análisis de Componentes Principales y Análisis Cluster.

**Khronostat:** Software francés de la División de HydroSciences de la Universidad de Montpellier. Identifica los quiebres en las series anuales de las variables climáticas mediante diversos test estadísticos como : Mann-Whitney, Buishand, Bayesiano, Hubert. Disponible <http://www.hydrosciences.org/accueilrech.asp?frame=khronostat>

**Arc-View 3.3.** Software para sistema de información geográfica.

## VI. METODOLOGÍA

El esquema metodológico a desarrollar es el siguiente:

### 6.1 Análisis preliminar de la información

Teniendo en cuenta los diferentes índices que miden la ocurrencia de los eventos ENOS y LNOS, se desarrollara en esta primera etapa, una análisis preliminar de la influencia de estos índices sobre los valores de precipitación a nivel anual (año hidrológico), y en función del mejor indicador usaremos este para continuar con nuestros análisis.

En esta etapa comenzaremos a utilizar el Índice de precipitación (IP), entendiéndose este como el total promedio de todas nuestras cuencas de análisis, teniéndose en cuenta que el  $I_p$  se define como la siguiente ecuación:

$$I_p = \frac{P_i - \bar{P}m_i}{\sigma_i} \quad (21)$$

Siendo:

$P_i$  = Precipitación anual para cada año hidrológico.

$Pm_i$  = Precipitación promedio de toda nuestra serie.

$\sigma_i$  = desviación estándar de toda nuestra serie.

Luego se procederá a relacionar estos valores con las la temperatura superficial del mar (TSM) y con sus respectivas anomalías, de las zonas niño 1+2, 3, 3+4 y 4; y también con el índice de oscilación del sur (IOS) y sus respectivas anomalías.

Asimismo luego se relacionara espacialmente la pluviometría anual (hidrológica) en todas nuestras cuencas de análisis con respecto a la TSM y el IOS.

El mismo análisis se realizara para nuestra información de caudales.

## **6.2 Índice de Precipitación Normal (IPN)**

Determinación del IPN a escala anual y para el trimestre enero – marzo, en cada una de las estaciones de estudio, analizando la evolución temporal de las lluvias en el periodo de referencia base y caracterización de los Eventos ENOS y LNOS, según la cronología propuesta en 3.2.6.

Caracterización espacial de las lluvias durante los eventos ENOS y LNOS, vía construcción de mapas de isolíneas de IPN.

## **6.3 Índice de Precipitación Estandarizado (IPE)**

Determinación del IPE en cada una de las 48 estaciones de estudio, a escalas de tiempo de 3, 6, 12 y 24 meses, analizando la evolución temporal de las lluvias en el periodo de referencia base y caracterización de los Eventos ENOS y LNOS, según la cronología propuesta en 6.1

Para caracterizar las lluvias durante los Eventos ENOS y LNOS, se utilizaron dos criterios:

- Tomando valores IPE del año hidrológico septiembre – agosto
- Tomado valores IPE máximo, mínimo y promedio durante los meses ENOS y LNOS
- Caracterización espacial de las lluvias durante los eventos ENOS y LNOS, vía construcción de mapas de isolíneas de IPE.

## **6.4 Correlaciones entre IPE y ATSM**

Correlacionar el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) y la anomalía de temperatura superficial del mar (TSM) a escalas de tiempo de 3, 6 12 y 24 meses. En el caso de la ATSM se tomaran medias móviles de longitud igual a las escala del IPE.

Este análisis se desarrolló bajo tres condiciones:

- Correlaciones entre series de eventos ENOS
- Correlaciones entre series de eventos LNOS
- Correlaciones en toda la serie histórica.
- Analizar espacialmente la correlación entre el IPE y el IOS.

## 6.5 Análisis de caudales

Determinar la variabilidad temporal de los caudales de las cuencas de estudio siguiendo un procedimiento similar al tratamiento de las lluvias, aplicándose la metodología del IPN e IPE a estos caudales a escalas de 3, 6,12 y 24 meses. Se ha introducido los términos de IQN (Índice de caudal normal) e IQE (Índice de caudal estandarizado) como equivalentes a IPN e IPE, para caracterizar el comportamiento de los caudales.

## 6.6 Correlaciones entre caudales y la ATSM

Correlacionar el escurrimiento superficial y la ATSM a escalas de tiempo de 3, 6,12 y 24 meses. La ATSM a diferentes escalas se obtuvo mediante medias móviles de 3, 6,12 y 24 meses, respectivamente.

# VII. RESULTADOS

## 7.2 Análisis de Precipitación

### 7.2.1 Análisis preliminar de la información

Luego de haber realizado el calculo del  $I_p$  sobre todas nuestras cuencas de análisis se procedió a comparar estas con las anomalías de TSM e IOS, tal como se aprecia en la Tabla 12, tomando como referencia la Figura 21, observándose que las mayores correlaciones se observan con las anomalías de la TSM.

Tabla 12 Valores de correlación entre los valores de  $I_p$  y la ATSM

	$I_p$	IOS	TSM 1+2	TSM 3	TSM 4	TSM 3+4
$I_p$	1					
IOS	-0.43	1				
TSM 1+2	<b>0.85</b>	-0.67	1			
TSM 3	<b>0.67</b>	-0.88	0.89	1		
TSM 4	0.45	-0.94	0.72	0.95	1	
TSM 3+4	0.13	-0.88	0.42	0.75	0.91	1

Pero es necesario tener en cuenta que los resultados de la Tabla 12, fueron tomados como valores promedio a nivel de toda la cuenca de análisis, una manera más exacta de encontrar el mejor índice patrón para nuestros análisis es tomando en cuenta la distribución espacial de las todas las correlaciones con las estaciones analizadas y así poder abarcar toda nuestra cuenca de análisis, tal como se aprecia en la Figura 22, de esta Figura se extrae que el mejor índice para nuestros análisis es la ATSM de la zona 3+4, índice a partir del cual procedimos hacer todos nuestros análisis.

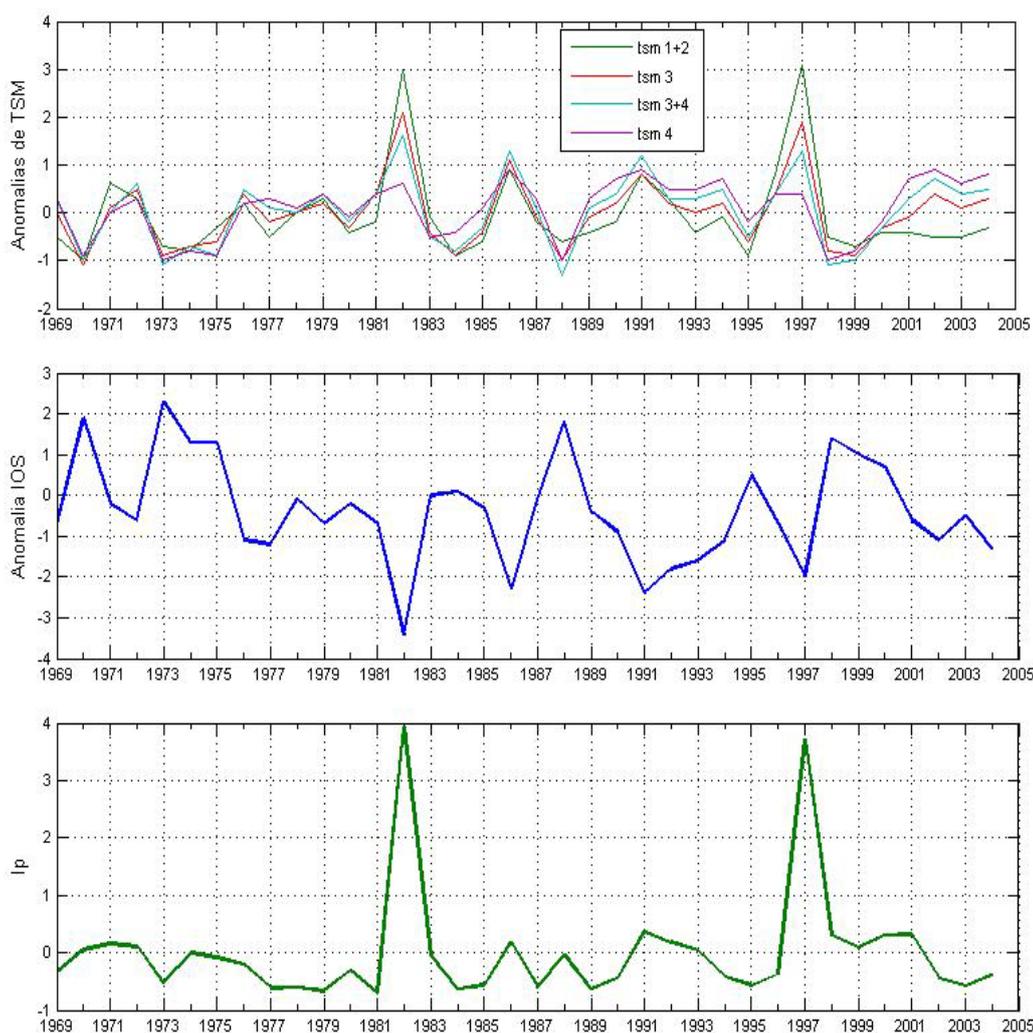


Figura 21 Valores del Ip (promedio de nuestra zona de estudio) y de los valores de anomalía de TSM y del IOS

En la Tabla 13 y Figura 23 se observa la relación de los caudales con los índices de ATSM y el IOS, observándose las mayores correlaciones con los índices ATSM 1+2 y ATSM 3.

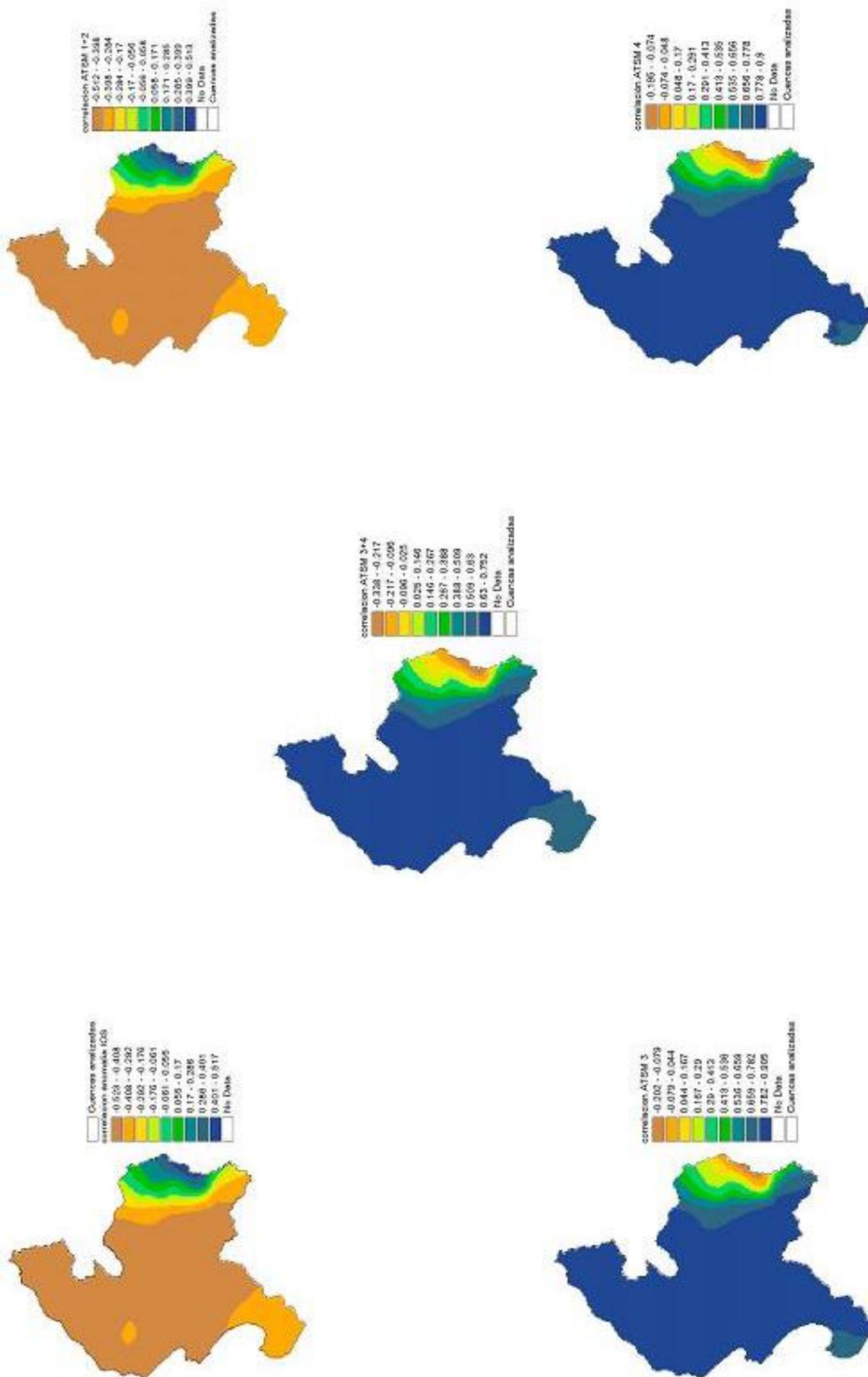


Figura 22. Valores de correlación entre la precipitación y los valores de anomalías de TSM e IOS a escala anual (septiembre-agosto).  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Valores de correlación entre los valores de Iq y la ATSM

	<i>Iq Tumbes</i>	<i>Iq Chira</i>	<i>IOS</i>	<i>TSM 1+2</i>	<i>TSM 3</i>	<i>TSM 4</i>	<i>TSM 3+4</i>
<i>Iq Tumbes</i>	1						
<i>Iq Chira</i>	0.59	1					
<i>IOS</i>	-0.26	0.16	1				
<i>TSM 1+2</i>	<b>0.71</b>	0.27	-0.67	1			
<i>TSM 3</i>	<b>0.47</b>	0.05	-0.88	0.89	1		
<i>TSM 4</i>	0.26	-0.14	-0.94	0.72	0.95	1	
<i>TSM 3+4</i>	-0.05	-0.37	-0.88	0.42	0.75	0.91	1

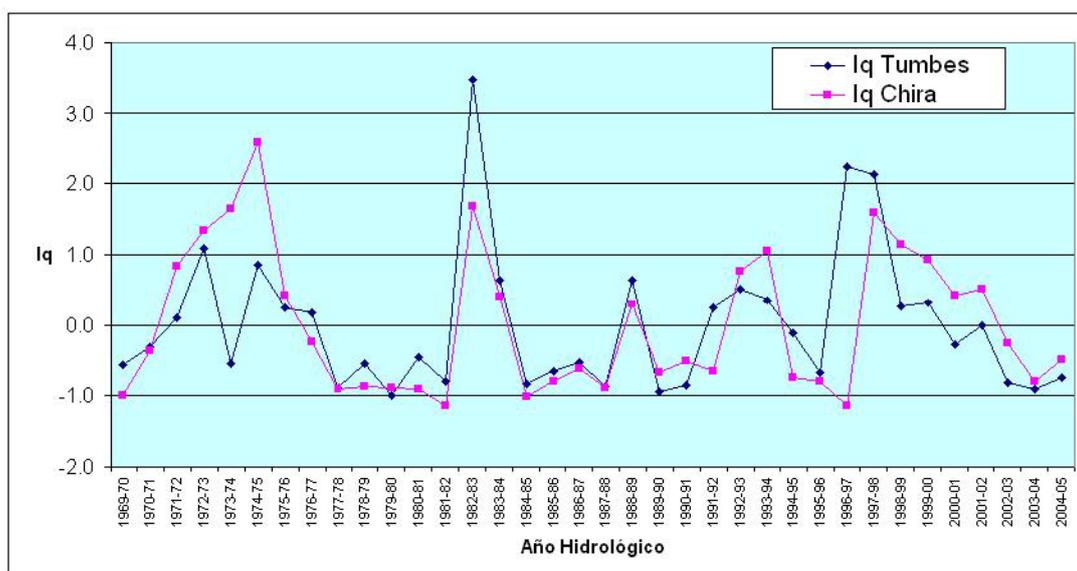


Figura 23 Valores del Iq sobre los ríos Tumbes y Chira.

### 7.2.2 Índice de precipitación normal (IPN)

La determinación del Índice de precipitación normal según la clasificación de la Tabla 5, se ha realizado sobre la base de la cronología propuesta de Eventos ENOS y LNOS. Las anomalías han sido trabajadas a nivel anual (año hidrológico) y para el trimestre Enero – Marzo (EFM). En el Anexo 1, Tablas 14 al 17, así como en el Anexo 2, Figuras 24 al 84, se presenta los resultados específicos por cada estación; teniendo en cuenta que los resultados hallados son similares tanto para las series trimestrales (EFM) como para las series anuales, detallaremos en síntesis los resultados para las series anuales:

Durante ENOS **72-73**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual promedio por cuencas se caracterizó por:

- La cuenca de Zarumilla, presento un exceso extremo.
- Las cuencas Tumbes, Chira y Piura presentaron un comportamiento variable desde déficit intenso hasta exceso extremo, pero siendo los períodos normales los mas recurrentes en las cuencas de Chira y Piura.

Durante ENOS **82-83**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por presentar en toda la zona de análisis exceso extremo, excepto en las estaciones ubicadas mas hacia el oriente, y especialmente sobre los limites de las vertientes del Pacifico y del Amazonas (Atlántico).

Durante ENOS **86-87**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- La cuenca de Zarumilla, presento un exceso extremo.
- La cuenca de Tumbes, presento un exceso intenso.
- Las cuencas de Chira y Piura presentaron un comportamiento variable desde déficit intenso hasta exceso extremo.

Durante ENOS **91-92**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- La cuenca de Zarumilla y Tumbes, presentaron un exceso extremo.
- Las cuencas de Chira y Piura presentaron un comportamiento variable desde déficit extremo hasta exceso extremo.

Durante ENOS **97-98**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por presentar en toda la zona de análisis exceso extremo, excepto en las estaciones ubicadas mas hacia el oriente, y especialmente sobre los limites de las vertientes del Pacifico y del Amazonas (Atlántico).

Durante ENOS **02-03**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- La cuenca de Zarumilla presento déficit extremo.
- Las cuencas de Tumbes, Chira y Piura presentaron un déficit intenso.

Durante LNOS **70-71**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- La cuenca de Zarumilla, presento un déficit extremo.
- La cuenca de Tumbes, presento un déficit intenso.
- Las cuencas de Chira y Piura presentaron un comportamiento variable desde déficit intenso hasta exceso extremo.

Durante LNOS **73-74**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- La cuenca de Zarumilla, presento un déficit extremo.
- La cuenca de Tumbes, presento un déficit intenso.
- Las cuencas de Chira y Piura presentaron en promedio un déficit intenso.

Durante LNOS **75-76**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- Las cuencas de Zarumilla y Tumbes, presentaron un exceso moderado.
- Las cuencas de Chira y Piura presentaron en promedio un déficit intenso.

Durante LNOS **88-89**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- La cuenca de Zarumilla presentó un período normal.
- La cuenca de Tumbes presentó un exceso intenso.
- Las cuencas de Chira y Piura presentaron en promedio un déficit moderado.

Durante LNOS **98-99**, a nivel promedio, el comportamiento pluviométrico anual por cuencas se caracterizó por:

- Las cuencas de Zarumilla y Tumbes, presentaron un período normal.
- Las cuencas de Chira y Piura presentaron en promedio un exceso intenso.

### **7.2.3 Determinación de Índice de Precipitación Estándarizado (IPE)**

Aplicando la metodología propuesta por Mckee se determinó los valores de IPE para escalas de tiempo de 3, 6,12 y 24 meses en cada una de las 39 estaciones del estudio. En el Anexo 1, Tablas del 18 al 25, así como en el Anexo 3, Figuras 85 al 167, se considera la evaluación del periodo de meses y años ENOS y LNOS, según la cronología propuesta.

Una síntesis de estos resultados se presenta a continuación:

Durante **ENOS 72 – 73**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.

- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico anual normal.

Durante **ENOS 82–83**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de muy húmedo.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de muy húmedo.
- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de muy húmedo.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico anual muy húmedo, observándose una relación directa entre la intensidad de los índices IPE y la longitud, tal como se observa en las Figuras respectivas.

Durante **ENOS 86–87**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico anual normal.

Durante **ENOS 91–92**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico anual normal.

Durante **ENOS 97–98**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de muy húmedo.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de muy húmedo.
- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de muy húmedo.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico anual muy húmedo, observándose una relación directa entre la intensidad de los índices IPE y la longitud, tal como se observa en las Figuras respectivas.

Durante **ENOS 02–03**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.

- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico anual normal.

Durante **LNOS 70-71, LNOS 73-74, LNOS 75-76 y LNOS 88-89**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico anual normal.

Durante **LNOS 98-99**, los resultados obtenidos por cada escala de tiempo son:

- IPE-3 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-6 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de normalidad.
- IPE-12 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de moderadamente húmedo.
- IPE-24 meses: El comportamiento en promedio en toda la zona de estudio fue condición de muy húmedo.
- A nivel promedio, las cuencas de estudio presenta un comportamiento pluviométrico moderadamente húmedo.

Pero teniendo en cuenta que los resultados anteriores son valores promedio, es necesario tomar en cuenta los valores máximos y mínimos para tener una idea clara de los impactos a menor escala de tiempo, para esto se puede observar las Tablas 26 a la 33 y las Figuras 168 al 174, donde se puede observar claramente el efecto de la longitud sobre los IPE tanto para los eventos ENOS y LNOS.

#### **7.2.4 Análisis de Correlación entre valores IPE y la ATSM**

En este acápite se realizó el análisis de correlación lineal entre los valores de IPE y la ATSM de la zona 3+4, indicadores escogidos en base a los resultados

hallados en 7.2.1 a escalas de tiempo de 3, 6, 12 y 24 meses. Para uniformizar los valores de ATSM a la misma escala de tiempo del IPE se realizaron un análisis de media móvil de longitud apropiada según el caso. Las correlaciones se obtuvieron según dos criterios: Analizando toda la serie histórica mensual, analizando las series cronológicas de los eventos ENOS y LNOS por separado. Los resultados se presentan en el Anexo 1, tablas del 34 al 36, así como en las Figuras 175 al 189.

Una síntesis de los resultados se indica a continuación:

Analizando los resultados de la correlación entre los valores de IPE y la ATSM en todas las series analizadas, es decir la histórica, la que presenta eventos ENOS y la que presenta eventos LNOS, se observa que:

➤ La correlación es proporcional a la longitud tal como se aprecia en las Figuras 187, 188 y 189, donde se observa en estos gráficos, el decrecimiento de las correlaciones en función a la longitud, es decir mientras más cercanos al océano pacífico estén las estaciones, existe más correlación, estos valores varían en promedio entre 0.7 y -0.2.

### **7.2.5 Determinación de Quiebres en las series anuales de precipitación**

Los resultados de la aplicación de los test estadísticos para la detección de quiebres en las series anuales de precipitación en cada una de las estaciones evaluadas se presentan en el Anexo 1, Tabla 37, y en las Figuras 190 al 228. Según estos resultados los Eventos ENOS 82/83 y 97/98, no marcan un referente para los quiebres en las series analizadas, solo se observan ciertos quiebren en las estaciones ubicadas más cerca de la cuenca del atlántico, es decir el efecto de la longitud también afecta a los quiebres.

A fin de comparar la magnitud y distribución espacial de las precipitaciones anuales en toda la región de estudio durante los Eventos analizados se estimó la precipitación media areal, para lo cual se utilizó el módulo de análisis espacial de Hydraccess que procesa automáticamente la precipitación media por diferentes métodos, obteniéndose los resultados que se presenta en la Tabla 38. En la Figura 229 se presenta el comportamiento espacial de las Precipitaciones durante los ENOS 82/83 y 97/98. Estos resultados indican que a nivel promedio el impacto de lluvias de ENOS 82/38 fue el más intenso, el cual representó una anomalía de +500% con respecto a su valor normal. El Evento ENOS 97/98, representó una anomalía de lluvias de +490%.

Tabla 38: Precipitación media areal en toda la región mediante diferentes métodos

Año hidrológico	Precipitación media		
	Kriggin	media aritmetica	Thiessen
<b>Eventos LNOS</b>			
1970-71	367.1	585.1	362.9
1973-74	175.9	329.1	176
1975-76	358.7	525.7	366.7
1988-89	374.9	542.2	381
1998-99	481.9	714.8	493.3
<b>Eventos ENOS</b>			
1972-73	432	610.3	436.8
1982-83	2401.9	2359.7	2380
1986-87	499.7	646.2	510.9
1991-92	594.9	733	599.8
1997-98	2367.5	2273	2361.5
2002-03	214.5	376.9	219.9

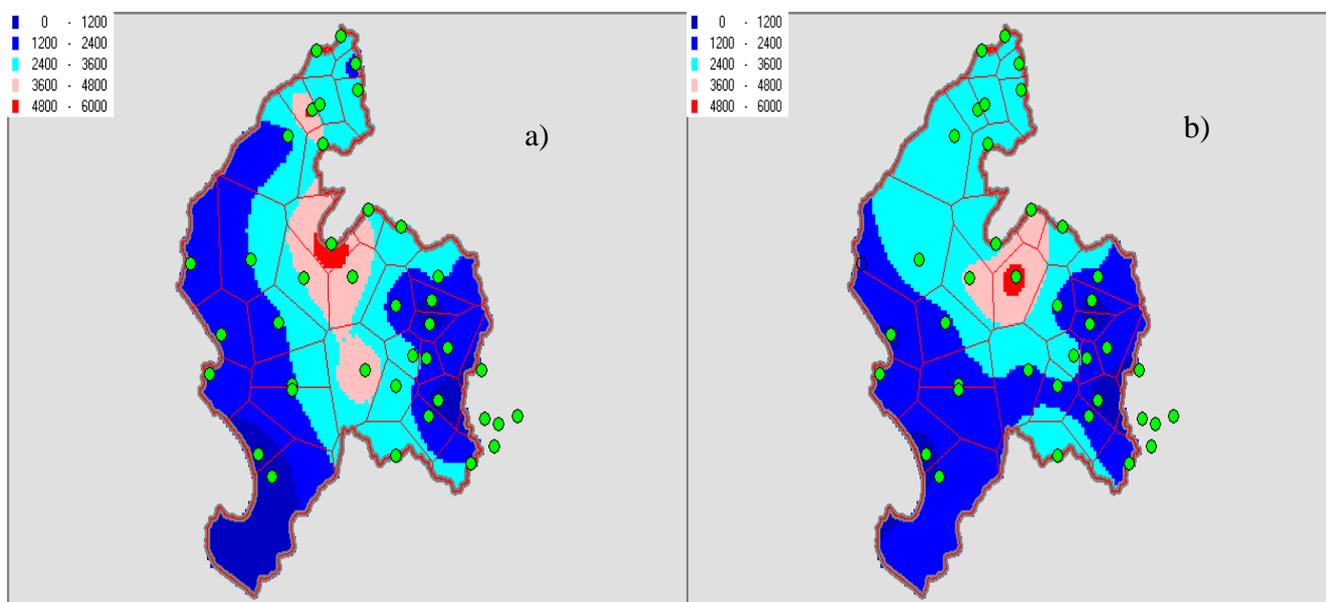


Figura 229: Isoyetas de Precipitación anual durante: a) ENOS 82/83 b) ENOS 97/98

Los acumulados anuales máximos de Precipitaciones se presentaron en:

Estación Alamor: Con 5718 mm en 1982-83  
Estación Las Lomas: Con 5661 mm en 1997-98

### 7.3 Análisis de caudales

Los caudales fueron analizados siguiendo un procedimiento similar a las lluvias, en primer lugar se evalúa la anomalía de caudal siguiendo un procedimiento análogo al IPN, en este caso se ha determinado un Índice de caudal, que hemos denominado Índice de Caudal Normal (IQN). Por otro lado el análisis realizado de la evolución

temporal de los caudales es similar al IPE, que fue aplicado a lluvias; en este caso se ha determinado láminas mensuales de caudal a escalas de 3, 6, 12 y 24 meses. A este caudal se ha denominado Índice de caudal Estandarizado (IQE).

### **7.3.1 Determinación del IQN**

Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo 1, Tablas del 39 al 42 y una síntesis de los mismos a escala anual se indica a continuación:

#### **ENOS 72-73**

- Ambos ríos presentaron un exceso extremo.

#### **ENOS 82-83**

- Ambos ríos presentaron un exceso extremo.

#### **ENOS 86-87**

- El río Tumbes presentó un déficit intenso.
- El río Chira presentó un déficit moderado.

#### **ENOS 91-92**

- El río Tumbes presentó un periodo normal.
- El río Chira presentó un déficit moderado.

#### **ENOS 97-98**

- Ambos ríos presentaron un exceso extremo.

#### **ENOS 02-03**

- El río Tumbes presentó un déficit intenso.
- El río Chira presentó un déficit moderado.

#### **LNOS 70 – 71**

- El río Tumbes presentó un período normal.
- El río Chira presentó un déficit moderado.

### **LNOS 73 – 74**

- El río Tumbes presento un déficit moderado.
- El río Chira presento un exceso extremo.

### **LNOS 75-76**

- El río Tumbes presento un período normal.
- El río Chira presento un exceso moderado.

### **LNOS 88-89**

- El río Tumbes presento un exceso moderado.
- El río Chira presento un período normal.

### **LNOS 98-99**

- El río Tumbes presento un período normal.
- El río Chira presento un exceso extremo.

## **7.3.2 Determinación del IQE**

Este Índice es similar al IPE; los caudales mensuales son tomados como si fuesen valores de precipitación mensual y luego se trata las series de manera similar al tratamiento de las lluvias. Los resultados obtenidos se observan en la Tablas 43 a la 50, y en los Figuras 230 al 235

Una síntesis de los resultados obtenidos, especialmente tomando como base el IPE-12 (escala anual), tal como se observan en las Figuras 232 al 235 se indica a continuación:

### **ENOS 72-73**

- El río Tumbes presento en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período moderadamente húmedo.

### **ENOS 82-83**

- El río Tumbes presento en promedio un período muy húmedo.
- El río Chira presentó en promedio un período normal.

### **ENOS 86-87**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período normal.

### **ENOS 91-92**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período normal.

### **ENOS 97-98**

- El río Tumbes presentó en promedio un período muy húmedo.
- El río Chira presentó en promedio un período normal.

### **ENOS 02-03**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período normal.

### **LNOS 70-71**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período normal.

### **LNOS 73-74**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período moderadamente húmedo.

### **LNOS 75-76**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período moderadamente húmedo.

### **LNOS 88-89**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período normal.

### **LNOS 98-99**

- El río Tumbes presentó en promedio un período normal.
- El río Chira presentó en promedio un período moderadamente húmedo.

#### **7.3.3 Correlaciones entre el IQE y la ATSM**

Los resultados del análisis de correlación entre las series de IQE y la ATSM de la zona 3+4 se presenta en el Anexo 1, Tablas del 41 al 53 y en las figuras 236 y 237; en los cuales se observa que la mayor correlación se da con la información del río Tumbes, sobre todo durante los eventos LNOS, aunque estas correlaciones obtenidas son medianamente significativas, mientras que las correlaciones con la información del río Chira no da resultados significativos.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones

- El comportamiento pluviométrico durante el ENOS 72-73, cuantificado anualmente a través del IPN y el IPE, se caracterizó por ser normal en toda la región de estudio.
- El comportamiento pluviométrico durante el ENOS 82-83, cuantificado anualmente a través del IPN y el IPE, se caracterizó por presentar condiciones de excesos extremos, siendo las relaciones entre los índices y sus impactos directamente proporcional a la longitud, es decir en las regiones de cuencas bajas (cercanas al océano pacífico) presentan mas relación con los índices IPN e IPE.
- El comportamiento pluviométrico durante el ENOS 86-87, cuantificado anualmente a través del IPN y el IPE, se caracterizó por ser normal en la mayoría de las cuencas analizadas, sin embargo las partes ubicadas mas al norte como las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla, presentaron excesos extremos.
- El comportamiento pluviométrico durante el ENOS 91-92, cuantificado anualmente a través del IPN y el IPE, se caracterizó por presentar condiciones de normalidad en las cuencas ubicadas al sur (Piura y Chira), mientras que las cuencas ubicadas al norte (Tumbes y Zarumilla), presentaron de exceso extremo a exceso moderado.
- El comportamiento pluviométrico durante el ENOS 97-98, cuantificado anualmente a través del IPN y el IPE, se caracterizó por presentar condiciones de excesos extremos en toda la región de estudio.
- El comportamiento pluviométrico durante el ENOS 02-03, cuantificado anualmente a través del IPN y el IPE, se caracterizó por presentar condiciones de déficit extremos en las cuencas de Zarumilla, Tumbes y partes bajas de las cuencas de Chira y Piura.
- El comportamiento pluviométrico durante los eventos LNOS, cuantificado anualmente a través del IPN y el IPE, se caracterizó por presentar en la mayoría de los períodos analizados condiciones de normalidad, salvo el evento 98-99, presentando condiciones entre muy húmedas y extremadamente húmedas.
- Cuando se evalúa el comportamiento temporal del IPE analizando el mismo periodo de los meses y años ENOS y LNOS, en todos los casos los valores promedio en cada escala temporal no reflejan los excesos y déficit de lluvias, dando una aparente normalidad en cada caso. Esto se da principalmente porque en este periodo se alterna la ocurrencia de valores negativos y positivos de IPE en las diferentes escalas de tiempo analizados. Sólo en los ENOS 82-83 y 97-98 hay una evolución temporal de los valores IPE que van de una condición negativa hacia valores positivos que crecen gradualmente. En los Eventos LNOS, no se observa claramente un patrón definido, siendo altamente variable en cada estación y en cada cuenca.

- Los test estadísticos aplicados a las series de precipitación anual de la región de estudio indican consensualmente que no existen quiebres significativos en las series anuales de precipitación. Esto se debe a que estos tests encuentran quiebre en las series, siempre y cuando se presente una serie diferente a otra, es decir diferencias en las medias en periodos largos, pero al presentar la costa peruana características generalmente de pocas lluvias, exceptuándose solamente los períodos con eventos ENOS y LNOS, no se observaron quiebres importantes en nuestra zona de análisis.
- Por otro lado el análisis anual de la precipitación media areal, determinado por diferentes métodos, indica que las lluvias ocurridas el ENOS 82/83 fueron las de mayor magnitud, lo cual significó una anomalía promedio de +500% con respecto a la media histórica multianual de toda la región de estudio. En el caso del ENOS 97/98, la anomalía promedio fue de +490%. El aporte pluviométrico durante El ENOS 02-03 fue el menor de todos los ENOSs identificados, finalizando este periodo con una anomalía de lluvias en toda la región de estudio de +56%.
- La correlación entre valores de IPE y la ATSM durante Eventos ENOS y LNOS, especialmente a escala anual (IPE-12), presenta coeficientes de correlación significativos, también se observa la clara relación entre la longitud (cuencas bajas) y los valores de correlación respectivo.
- Desde el punto de vista hidrológico, la evaluación de los caudales durante los eventos ENOS y LNOS, dan como conclusión que los ríos Tumbes y Chira, son afectados especialmente por los eventos ENOS 82-83 y 97-98 y en menor medida el evento 72-73, en cuanto a los eventos LNOS el evento que tiene efecto entre moderado y fuerte es el evento 98-99, se observa que en nuestras zonas de análisis ahí correspondencia directa entre los efectos sobre la precipitación y los caudales.
- En cuanto a las correlaciones entre el ATSM y la información de caudales, se observa que los mayores valores de correlación se dan para el río Tumbes, presentando pocos valores significativos para el río Chira.

## 8.2 Recomendaciones

- Aprovechar los resultados de este estudio para plantear una evaluación de la variabilidad espacio temporal de los periodos húmedos y secos en esta región, introduciendo el Análisis Multivariado.
- Analizar la variabilidad climática de esta región por medio del análisis espectral y de ondeletas, con los resultados del análisis multivariado.
- Evaluar la respuesta hidrológica ante sequías meteorológicas en diferentes escalas de tiempo, aprovechando los resultados del IPE.
- Evaluar la intensidad y extensión espacial de las sequías a diferentes escalas de tiempo, con los resultados del IPE.
- Formular modelos estadísticos para el pronóstico de caudales en función a las variables climáticas de TSM, el IOS y el IE.
- Implementar la evaluación del IPE para fines operativos de Monitoreo hidrológico de las sequías y excesos hídricos.
- Analizar vía modelamiento y simulación hidrológica determinística la respuesta hidrológica de los caudales durante eventos El ENOS y La Niña.
- Analizar los extremos de lluvias y caudal durante El ENOS 82/83 y 97/98.

## IX. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ACUÑA, J., VERA, A. H., YERREN S.J. Y ORDOÑEZ G.J., 2006a Atlas Hidrológico de las cuencas Chira y Piura ubicados en el departamento de Piura. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) <http://www.senamhi.gob.pe/main.php?u=inter&p=1000>
- ACUÑA, J., VERA, A. H., YERREN S.J. Y ORDOÑEZ G.J., 2006b Atlas Hidrológico de las cuencas Tumbes y Zarumilla ubicados en el departamento de Tumbes. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) <http://www.senamhi.gob.pe/main.php?u=inter&p=1000>
- APODESA 1994 Clasificación de la cuenca del río Chira en zonas: Alto Chira y Bajo Chira.
- BCEOM – ORSTOM, 1999. Estudio Hidrológico - Meteorológico en la vertiente del Pacífico del Perú con fines de evaluación y pronóstico del Fenómeno El ENOS para prevención y mitigación de desastres.
- BUIHAND T. A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. Journal of Hydrology, vol. 58, pp 11-27.
- CÁRDENAS, S, J, 2001 Predicción de las Precipitaciones sobre la cuenca del río Chancay – Huaral.- Boletín del Instituto Geofísico del Perú – Volumen II, pp 31–39.
- C.C.Col., (2002): Colorado Climate Center. <http://ccc.atmos.colostate.edu/>
- CEBRIAN, ANA C. 2004. Análisis, modelización y predicción de episodios de Sequías. Departamento de Métodos Estadísticos de la Universidad de Zaragoza. Memoria presentada para optar el grado de Doctor en Ciencias (Matemáticas). <http://155.210.58.160/personales/acebrian/tesis.pdf>
- CHOW V. MAIDMENT D. R. MAYS L,R , 1994. Hidrología Aplicada. Editorial McGraw – Hill Interamericana S.A., en Colombia. Primera Edición.
- COLOMBI-MENDIVIL 1969 estudio de geología del Medio y Bajo Piura.
- DAGNELIE P., 1970. Théorie et Méthodes Statistiques. Vol 2. Les presses agronomiques de Gembloux. 451 p.
- DRACUP JA, LEE KS, PAULSON EG. 1980. On the definition of droughts. Water Resour Res 16:297–302
- EDWARDS, D.C. Y MCKEE, T.B., (1997): Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Atmospheric Science Paper No. 634.
- ENERGOPROJEKT (1983) Estudios estratigráficos de la cuenca del Chira.

- FERNANDEZ, B. 1997. Identificación y caracterización de sequías hidrológicas en Chile Central. *Revista Ingeniería del Agua*. Volumen 4- diciembre de 1997.
- GUTTMAN, NATHANIEL B. 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: A calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 35, no. 2 (Apr): 311-22
- GUTTMAN, NATHANIEL B, 1998. American Water Resources Association. Comparing the Palmer Drought Index and the standardized precipitation index. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 34, no. 1 (Feb): 113-121.
- HAYES, MICHAEL J., M. D. SVOBODA, D. A. WILHITE, Y O. V. VANYARKHO. 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index (SPI). *Bulletin of the American Meteorological Society* 80, no. 3: 429-438.
- HAYES, M. 2002. Drought indexes // Drought indices. 9p. Lincoln, NE: University of Nebraska.
- HUBERT P., CARBONNEL J. P., CHAOUICHE A., 1989. Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, vol. 110, pp 349-367.
- HURTADO, G. 1996 Estadísticas de la sequía meteorológica en Colombia. In: IV Congreso Colombiano de Meteorología. Bogota, Marzo de 1996.
- INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO (INADE). 2001. Diagnóstico de la Gestión de la oferta de agua en las cuencas Chao, Virú, Moche, Chicama y Santa.
- KEYANTASH, J. y DRACUP, J. 2002. "The quantification of drought: an evaluation of drought indices". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, pp. 1167-1180.
- KLAUER, A. 2000. El ENOS – La Niña: El fenómeno oceánico-atmosférico del Pacífico Sur. Un reto para la ciencia y la historia.
- KOMUSCU, A.U. 1999 "Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey". *Drought Network News*, 11, pp. 7-13.
- KOTZ S., JOHNSON N. L., READ C. B., 1981. *Encyclopedia of statistical sciences*. New York, John Wiley. Vol. 1, pp197-205, vol. 8, pp 157-163, vol. 9, pp 244-255.
- LANA X, SERRA C y BURGUENO A. 2002 Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index for Catalonia (NE Spain). *Int. J. Clim.* 21 (13) 1669-1691.

- LAVADO W, 2003. Impacto Hidrológico del Fenómeno ENOS en la vertiente del Atlántico y del Lago Titicaca. Tesis para optar el Título de Mg Sc. En Ingeniería de Recursos Hídricos. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú
- LAVADO, W. Y ORDOÑEZ, G. 2004. Impactos hidrológicos del Fenómeno El ENOS y La Niña en la zona sur de la Vertiente del Pacífico. Aplicación de la Metodología del Índice de Sequía IPE (Índice de Precipitación Estandarizado)
- LEE A. F. S., HEGHINIAN S. M., 1977. A Shift Of The Mean Level In A Sequence Of Independent Normal random Variables-A Bayesian Approach. Technometrics, vol. 19, n°4, pp 503-506.
- MCKEE TBN, DOESKEN J, KLEIST J, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Eighth Conference On Applied Climatology, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Washington, DC, p 179-184
- MIRANDA G, 1998. La Influencia del Fenómeno El ENOS y del Índice de Oscilación del Sur en las Precipitaciones de Cochabamba, Bolivia, Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos, Tomo 27 - 710 - 731
- NDMC (2003): National Drought Mitigation Center. <http://www.drought.unl.edu/index.htm>
- ONERN 1972 Sistema de clasificación y mapa de suelos del Perú.
- ONERN (1978) Inventario y evaluación de los recursos naturales de la cuenca del río Quiroz y Margen izquierda del río Macara
- ORTLIEB L, MACHARÉ, J, 1992. Resent Research on records of former El ENOS events in Perú.
- PETTITT A. N., 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics, 28, n°2, pp 126-135.
- QUINN, W. 1993 The Large-scale ENSO event, the El ENOS and Other important regional feature. College of Oceanography. Oregon State University, Corvallis, OR 97331-55.03
- QUINN, W., NEAL, T. & ANTUNEZ DE MAYOLO, S. 1987. El ENOS Occurrences over the Past Four and a Half Centuries. Journal of Geophysical Research, 92 (C13): 14, 449-14, 461
- ROME-GASPALDY, S , RONCHAIL JOSAYANE, 1998. La pluviométre au Pérou Pendant les Pahases ENSO LNSO. Bull. Inst. Fr. etudes andines pp. 675 - 685.

- SCIAN, BEATRIZ, 1999. Evidencias de la señal del SOI sobre la variabilidad de las lluvias en la región semiárida pampeana. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina
- SENAMHI – DIRECCION GENBRAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS, 2003. Balance Hídrico Superficial de las cuencas del océano Pacífico.
- SENAMHI, 2000. Maestro de estaciones hidrometeorológicas.
- SENAMHI, DIRECCION GENBRAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS 2000. Actualización del Atlas de Cuencas Hidrográficas del Océano Pacífico.
- SUAREZ, A. W, 2001. Análisis de la Variabilidad Pluviométrica a Escala Anual en la Vertiente Atlántico y Titicaca del Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú
- TAHAL ASCOSES 1988, estudios estratigráficos de la cuenca del Alto Piura.
- THOM, H. C. S., 1966. Some methods of climatological analysis. Tech. Note No.81, Organización Meteorológica Mundial. WMO, Ginebra.
- VACILIADES, LOUKAS A, 2003. Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly region, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences. <http://www.copernicus.org/EGU/nhess/4/nhess-4-719.pdf>
- WRCC, (2002): *Standardized Precipitation Index*. Disponible on-line en <http://www.wrcc.dri.edu/spi.html>
- WU, H., HAYES, M.J., WEISS, A. Y HU, Q. 2001 An evaluation of the standardized precipitation index, the china-z index and the statistical z-score. International Journal of Climatology, 21:745-758.

**X. ANEXOS**

**ANEXO 1  
TABLAS DE  
RESULTADOS**

Tabla 14: Valores de IPN – EFM por estación. Eventos ENOS

ESTACION	CUENCA	EVENTOS					
		72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	2	3	3	3	3	-3
PAPAYAL	ZARUMILLA	3	3	3	3	3	-3
RICA PLAYA	TUMBES	2	3	3	3	3	-2
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-1	3	3	3	3	-3
EL TIGRE	TUMBES	2	3	2	2	3	-1
CABO INGA	TUMBES	-1	3	2	3	3	0
MATAPALO	TUMBES	-1	3	2	3	3	-2
PAITA	CHIRA	-2	3	-3	2	3	-3
LA ESPERANZA	CHIRA	-2	3	1	2	3	-3
PANANGA	CHIRA	-2	3	3	-3	3	-3
MALLARES	CHIRA	-1	3	3	3	3	-3
LANCONES	CHIRA	2	3	3	0	3	-3
ALAMOR	CHIRA	-1	3	-1	-3	3	-3
LAS LOMAS	CHIRA	2	0	0	0	0	0
EL CIRUELO	CHIRA	-1	3	3	2	3	-1
MORROPON	CHIRA	3	3	3	3	3	-2
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	0	3	3	3	3	-2
NANGAY MATALAC	CHIRA	0	2	0	-1	3	0
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	0	3	0	-1	3	-1
AYABACA	CHIRA	0	3	0	-1	2	-1
PACAYPAMPA	CHIRA	1	3	0	0	2	0
HUAR HUAR	CHIRA	2	0	-2	-1	0	0
CHUSIS	PIURA	-2	3	-3	0	3	-3
BERNAL	PIURA	-2	3	2	1	3	-3
SAN MIGUEL	PIURA	-1	3	-1	0	3	-3
MIRAFLORES	PIURA	0	3	3	3	3	-3
PIURA	PIURA	0	3	3	1	3	-3
CHULUCANAS	PIURA	2	3	1	3	3	-3
SAPILLICA	PIURA	0	3	-1	2	3	-2
VIRREY	PIURA	0	3	-1	0	3	-3
SANTO DOMINGO	PIURA	2	3	0	2	3	-2
CHALACO	PIURA	0	3	-1	-1	2	-1
HACIENDA BIGOTE	PIURA	2	3	2	1	3	-2
HUANCABAMBA	PIURA	-1	1	-1	-2	0	-1
HUARMACA	PIURA	0	3	0	0	3	-1
SONDORILLO	PIURA	-1	1	-2	-2	1	0
TULUCE	PIURA	2	1	0	-1	-1	0
HACIENDA SHUMAY	PIURA	1	1	-2	-3	2	0
TABACONAS	PIURA	0	1	0	-1	0	0

Tabla 15: Valores de IPN –Anual por estación. Eventos ENOS

ESTACION	CUENCA	EVENTOS					
		72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	3	3	3	3	3	-3
PAPAYAL	ZARUMILLA	2	3	3	2	3	-2
RICA PLAYA	TUMBES	0	3	1	3	3	-3
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-2	3	2	3	3	-3
EL TIGRE	TUMBES	0	3	2	0	3	-2
CABO INGA	TUMBES	0	3	1	3	3	-1
MATAPALO	TUMBES	-1	3	2	3	3	-2
PAITA	CHIRA	-2	3	-3	2	3	-3
LA ESPERANZA	CHIRA	-3	3	0	2	3	-3
PANANGA	CHIRA	-3	3	3	-3	3	-3
MALLARES	CHIRA	-2	3	3	3	3	-3
LANCONES	CHIRA	0	3	3	2	3	-3
ALAMOR	CHIRA	-1	3	-1	-3	3	-3
LAS LOMAS	CHIRA	3	0	0	0	0	0
EL CIRUELO	CHIRA	0	3	3	3	3	-2
MORROPON	CHIRA	1	3	2	3	3	-3
PUENTE INTERNA	CHIRA	0	3	2	3	3	-2
NANGAY MATALAC	CHIRA	1	3	0	0	3	0
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	0	3	0	0	3	0
AYABACA	CHIRA	0	3	0	0	3	0
PACAYPAMPA	CHIRA	1	3	0	0	3	0
HUAR HUAR	CHIRA	2	-1	-1	-1	0	0
CHUSIS	PIURA	-2	3	-3	1	3	-3
BERNAL	PIURA	-2	3	1	1	3	-3
SAN MIGUEL	PIURA	-2	3	-2	2	3	-3
MIRAFLORES	PIURA	-1	3	1	3	3	-3
PIURA	PIURA	-2	3	1	-1	3	-3
CHULUCANAS	PIURA	0	3	1	3	3	-3
SAPILLICA	PIURA	0	3	0	3	3	-1
VIRREY	PIURA	0	3	-2	-1	3	-3
SANTO DOMINGO	PIURA	1	3	0	3	3	-2
CHALACO	PIURA	0	3	-1	-1	3	0
HACIENDA BIGOT	PIURA	3	3	1	3	3	-2
HUANCABAMBA	PIURA	0	0	0	-2	0	0
HUARMACA	PIURA	0	3	0	0	3	-1
SONDORILLO	PIURA	0	0	0	-2	2	0
TULUCE	PIURA	1	0	0	-1	0	0
HACIENDA SHUMA	PIURA	0	0	-1	-2	1	0
TABACONAS	PIURA	0	0	0	0	0	0

Tabla 16: Valores de IPN – EFM por estación . Eventos LNOS

ESTACION	CUENCA	EVENTOS				
		70/71	73/74	75/76	88/89	98-99
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-3	-3	1	0	0
PAPAYAL	ZARUMILLA	-3	-3	1	-1	0
RICA PLAYA	TUMBES	-2	-3	-3	2	-1
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-3	-2	2	3	1
EL TIGRE	TUMBES	-2	-3	2	3	0
CABO INGA	TUMBES	-1	-1	1	1	0
MATAPALO	TUMBES	-2	-1	0	2	0
PAITA	CHIRA	-1	-3	-1	-3	-1
LA ESPERANZA	CHIRA	-2	-3	-2	-3	0
PANANGA	CHIRA	-2	-3	0	-1	-2
MALLARES	CHIRA	-3	-3	-2	-2	-3
LANCONES	CHIRA	-2	-3	-2	-2	-1
ALAMOR	CHIRA	-2	-3	-1	1	0
LAS LOMAS	CHIRA	0	-2	3	2	0
EL CIRUELO	CHIRA	0	-3	-1	-1	0
MORROPON	CHIRA	0	-1	0	0	1
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	1	-1	1	2	1
NANGAY MATALAC	CHIRA	0	-3	0	-1	3
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	3	0	0	1	3
AYABACA	CHIRA	0	-1	0	3	3
PACAYPAMPA	CHIRA	3	0	0	2	3
HUAR HUAR	CHIRA	1	-1	0	-1	2
CHUSIS	PIURA	0	-1	0	-1	3
BERNAL	PIURA	3	-1	1	0	0
SAN MIGUEL	PIURA	-3	-3	-1	-3	-1
MIRAFLORES	PIURA	-3	-3	0	-2	0
PIURA	PIURA	-2	-3	-2	0	0
CHULUCANAS	PIURA	-2	-3	0	-1	1
SAPILLICA	PIURA	3	-3	-2	-3	-1
VIRREY	PIURA	-1	-3	-2	-3	0
SANTO DOMINGO	PIURA	-1	-3	-2	-3	-1
CHALACO	PIURA	1	-2	0	3	0
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-3	-3	-1	1	2
HUANCABAMBA	PIURA	0	-2	-1	3	-1
HUARMACA	PIURA	3	0	0	1	3
SONDORILLO	PIURA	3	-2	0	2	3
TULUCE	PIURA	2	-1	2	2	3
HACIENDA SHUMAY	PIURA	2	0	1	2	1
TABACONAS	PIURA	3	3	0	0	2

Tabla 17: Valores de IPN- Anual por estación. Eventos LNOS

ESTACION	CUENCA	EVENTOS				
		70/71	73/74	75/76	88/89	98-99
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-3	-3	0	-1	0
PAPAYAL	ZARUMILLA	-3	-3	0	-1	0
RICA PLAYA	TUMBES	-2	-3	-3	0	0
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-3	-3	0	0	0
EL TIGRE	TUMBES	-2	-3	1	2	2
CABO INGA	TUMBES	-1	-1	0	0	0
MATAPALO	TUMBES	-2	-1	1	1	0
PAITA	CHIRA	-3	-3	-2	-3	-1
LA ESPERANZA	CHIRA	-3	-3	-2	-3	-1
PANANGA	CHIRA	-3	-3	-3	-1	0
MALLARES	CHIRA	-3	-3	-1	-2	0
LANCONES	CHIRA	2	-3	-2	-3	-1
ALAMOR	CHIRA	-1	-3	-2	-3	0
LAS LOMAS	CHIRA	-2	-3	-2	-3	-1
EL CIRUELO	CHIRA	0	-2	-1	1	-1
MORROPON	CHIRA	-3	-3	-1	0	1
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	0	-2	-1	2	-1
NANGAY MATALAC	CHIRA	2	0	0	0	3
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	2	-1	0	0	3
AYABACA	CHIRA	1	-1	0	1	3
PACAYPAMPA	CHIRA	2	0	0	0	1
HUAR HUAR	CHIRA	3	1	0	0	2
CHUSIS	PIURA	-1	-3	-2	-3	-1
BERNAL	PIURA	-1	-3	-2	-2	0
SAN MIGUEL	PIURA	-2	-3	-1	-2	-2
MIRAFLORES	PIURA	-3	-3	-2	-3	-3
PIURA	PIURA	-2	-3	-3	-3	-2
CHULUCANAS	PIURA	-3	-3	-1	0	0
SAPILLICA	PIURA	0	-2	2	1	0
VIRREY	PIURA	-1	-3	-2	-2	0
SANTO DOMINGO	PIURA	0	-2	0	0	1
CHALACO	PIURA	0	-1	0	0	2
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0	-3	0	-1	3
HUANCABAMBA	PIURA	3	0	0	0	2
HUARMACA	PIURA	0	-1	0	1	2
SONDORILLO	PIURA	3	0	0	1	2
TULUCE	PIURA	2	0	1	-1	2
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0	0	0	0	3
TABACONAS	PIURA	2	0	0	0	0

Tabla 18: Valores IPE-3 por estación y para el año hidrológico. Eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	0.8	1.5	0.5	1.0	2.9	-0.2	1.1
PAPAYAL	ZARUMILLA	0.7	1.0	1.0	0.7	2.4	-0.2	0.9
CABO INGA	TUMBES	0.2	2.7	0.6	1.4	2.7	-0.2	1.2
EL TIGRE	TUMBES	-0.1	2.1	0.3	-0.1	2.4	-0.1	0.7
MATAPALO	TUMBES	-0.2	2.7	0.9	1.3	2.7	-0.3	1.2
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.5	2.2	0.1	0.7	2.5	-0.4	0.8
RICA PLAYA	TUMBES	0.3	2.3	0.3	1.0	2.5	0.0	1.0
ALAMOR	CHIRA	0.1	2.6	0.0	-0.7	2.0	-0.6	0.6
AYABACA	CHIRA	0.5	1.7	0.0	-0.4	1.5	0.2	0.6
EL CIRUELO	CHIRA	0.3	2.4	0.2	0.6	2.6	-0.2	1.0
HUAR HUAR	CHIRA	1.0	-0.9	-1.1	-0.7	0.0	0.3	-0.2
LA ESPERANZA	CHIRA	0.1	2.4	0.3	0.4	2.1	-0.1	0.9
LANCONES	CHIRA	0.7	2.1	0.9	0.8	2.6	0.2	1.2
LAS LOMAS	CHIRA	0.0	2.4	0.1	-0.3	2.9	-0.4	0.8
MALLARES	CHIRA	-0.1	2.3	0.2	0.4	2.3	0.0	0.9
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.6	1.1	-0.3	-0.3	1.6	-0.1	0.4
PACAYPAMPA	CHIRA	0.4	1.6	-0.1	-0.5	1.3	0.0	0.4
PAITA	CHIRA	0.3	1.8	-0.3	1.1	1.7	0.1	0.8
PANANGA	CHIRA	0.3	2.2	0.9	0.0	2.5	0.2	1.0
PUENTE INTERNA	CHIRA	-0.3	2.4	0.2	0.1	2.6	-0.2	0.8
SAPILLICA	CHIRA	0.7	1.5	0.2	0.9	1.8	-0.3	0.8
SAUSAL DE CULU	CHIRA	-0.1	1.7	0.2	-0.2	1.6	-0.1	0.5
BERNAL	PIURA	0.4	1.2	0.2	0.6	2.0	-0.2	0.7
CHALACO	PIURA	0.3	1.9	-0.3	-0.6	1.6	-0.1	0.5
CHULUCANAS	PIURA	0.3	2.7	0.2	0.5	2.0	-0.3	0.9
CHUSIS	PIURA	0.4	1.9	0.1	0.5	1.8	-0.2	0.7
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.3	1.9	-0.3	-0.6	1.6	-0.1	0.5
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.1	0.0	-0.5	-1.1	0.6	0.2	-0.1
HUANCABAMBA	PIURA	0.0	0.0	0.0	-1.7	0.3	-0.1	-0.3
HUARMACA	PIURA	0.5	1.9	0.0	0.1	1.4	-0.1	0.6
MIRAFLORES	PIURA	0.2	2.5	0.4	0.4	1.8	-0.3	0.8
MORROPON	PIURA	0.5	2.2	0.5	0.5	1.8	0.0	0.9
PIURA	PIURA	0.2	2.2	0.6	0.3	1.9	0.1	0.9
SAN MIGUEL	PIURA	0.4	2.6	0.0	0.1	1.8	-0.4	0.7
SANTO DOMINGO	PIURA	0.4	1.6	-0.1	0.7	2.3	-0.3	0.8
SONDORILLO	PIURA	0.0	0.2	0.1	-0.8	0.6	0.1	0.0
TABACONAS	PIURA	0.3	0.1	0.5	-0.7	0.1	0.0	0.1
TULUCE	PIURA	1.0	0.1	-0.5	-0.7	-0.4	0.1	-0.1
VIRREY	PIURA	0.4	2.3	0.3	0.1	2.1	0.3	0.9
<b>PROMEDIO</b>		0.3	1.7	0.2	0.1	1.8	-0.1	

Tabla 19: Valores IPE-6 por estación y para el año hidrológico. Eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	0.8	1.6	0.6	1.0	2.8	-0.3	1.1
PAPAYAL	ZARUMILLA	0.9	1.3	1.5	0.6	2.5	-0.4	1.1
CABO INGA	TUMBES	0.1	2.8	0.5	1.4	2.7	-0.1	1.2
EL TIGRE	TUMBES	0.4	1.6	0.3	0.2	2.6	-0.1	0.8
MATAPALO	TUMBES	0.0	2.7	0.5	1.2	2.9	-0.4	1.1
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.3	2.0	0.3	1.1	2.7	-0.6	0.9
RICA PLAYA	TUMBES	0.5	2.1	0.4	1.1	2.3	-0.2	1.0
ALAMOR	CHIRA	0.2	2.8	-0.2	-0.9	2.1	-0.5	0.6
AYABACA	CHIRA	0.5	1.8	0.0	-0.8	1.4	0.2	0.5
EL CIRUELO	CHIRA	0.2	2.1	0.5	0.4	2.3	-0.1	0.9
HUAR HUAR	CHIRA	1.2	-0.9	-1.5	-0.5	-0.3	0.3	-0.3
LA ESPERANZA	CHIRA	0.0	2.1	0.3	0.3	2.2	-0.3	0.8
LANCONES	CHIRA	0.5	1.9	0.6	0.4	2.5	-0.3	0.9
LAS LOMAS	CHIRA	0.2	2.1	0.0	-0.5	2.6	-0.2	0.7
MALLARES	CHIRA	0.0	2.0	0.4	0.4	2.6	-0.2	0.9
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.5	1.2	-0.2	-0.6	1.7	-0.1	0.4
PACAYPAMPA	CHIRA	0.2	1.9	0.0	-0.6	1.4	0.1	0.5
PAITA	CHIRA	0.3	1.7	-0.5	0.8	2.4	0.0	0.8
PANANGA	CHIRA	0.0	1.8	0.8	-0.7	2.6	-0.1	0.7
PUENTE INTERNA	CHIRA	0.1	2.0	0.5	0.1	2.4	-0.3	0.8
SAPILLICA	CHIRA	0.6	1.6	0.1	0.9	2.1	-0.2	0.8
SAUSAL DE CULU	CHIRA	-0.3	1.9	0.2	-0.4	1.6	0.0	0.5
BERNAL	PIURA	0.2	1.5	0.4	0.7	2.8	-0.2	0.9
CHALACO	PIURA	0.1	2.1	-0.4	-0.7	1.6	-0.1	0.4
CHULUCANAS	PIURA	0.4	2.5	0.3	0.8	1.7	-0.3	0.9
CHUSIS	PIURA	0.2	1.5	-0.1	0.4	2.7	-0.2	0.7
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.1	2.1	-0.4	-0.7	1.6	-0.1	0.4
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.1	0.0	-0.7	-1.6	0.4	0.1	-0.3
HUANCABAMBA	PIURA	-0.3	0.4	-0.4	-1.8	0.2	-0.3	-0.4
HUARMACA	PIURA	0.5	2.2	-0.1	-0.1	1.6	-0.1	0.7
MIRAFLORES	PIURA	0.1	2.1	0.4	0.3	2.5	-0.3	0.8
MORROPON	PIURA	0.5	1.9	0.5	0.4	1.8	-0.2	0.8
PIURA	PIURA	0.0	2.2	0.6	0.1	1.9	-0.3	0.8
SAN MIGUEL	PIURA	0.2	2.2	-0.1	0.0	2.3	-0.5	0.7
SANTO DOMINGO	PIURA	0.5	1.4	-0.2	0.7	2.8	-0.4	0.8
SONDORILLO	PIURA	-0.1	0.5	-0.2	-1.3	0.5	0.2	-0.1
TABACONAS	PIURA	0.1	0.3	0.4	-1.1	0.1	-0.2	0.0
TULUCE	PIURA	1.2	0.1	-0.8	-0.8	-0.7	0.0	-0.2
VIRREY	PIURA	0.3	1.9	0.1	-0.1	2.3	-0.1	0.7
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.3</b>	<b>1.7</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>1.9</b>	<b>-0.2</b>	

Tabla 20: Valores IPE-12 por estación y para el año hidrológico. Eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	0.5	0.8	0.5	0.9	1.9	0.3	0.8
PAPAYAL	ZARUMILLA	0.5	0.9	1.5	0.5	1.8	0.1	0.9
CABO INGA	TUMBES	0.0	1.9	0.1	0.8	1.8	0.4	0.8
EL TIGRE	TUMBES	0.6	0.7	0.1	0.3	1.9	0.4	0.7
MATAPALO	TUMBES	-0.1	1.9	0.2	0.8	2.1	-0.1	0.8
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.1	1.2	0.1	1.1	2.0	0.0	0.7
RICA PLAYA	TUMBES	0.5	1.4	0.2	0.8	1.7	0.2	0.8
ALAMOR	CHIRA	0.4	1.8	-0.5	-1.0	1.3	0.1	0.4
AYABACA	CHIRA	0.5	1.0	-0.2	-0.7	0.7	0.3	0.3
EL CIRUELO	CHIRA	0.3	1.1	0.5	0.3	1.7	-0.1	0.6
HUAR HUAR	CHIRA	1.1	-0.9	-1.7	-0.3	-0.5	0.3	-0.3
LA ESPERANZA	CHIRA	0.4	1.5	0.0	0.0	1.4	0.0	0.6
LANCONES	CHIRA	0.6	1.1	0.1	0.0	2.0	-0.2	0.6
LAS LOMAS	CHIRA	0.4	1.2	-0.4	-0.9	1.9	0.0	0.4
MALLARES	CHIRA	0.2	1.3	0.2	0.4	1.8	0.1	0.7
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.6	0.7	-0.2	-0.5	1.2	0.2	0.3
PACAYPAMPA	CHIRA	0.1	1.2	-0.2	-0.7	0.9	0.3	0.3
PAITA	CHIRA	0.4	1.2	-0.5	0.4	1.9	0.1	0.6
PANANGA	CHIRA	0.1	1.1	0.5	-1.1	2.1	0.4	0.5
PUENTE INTERNA	CHIRA	0.2	1.0	0.2	0.3	1.8	-0.1	0.6
SAPILLICA	CHIRA	0.7	0.9	-0.3	0.7	1.3	0.1	0.6
SAUSAL DE CULU	CHIRA	0.0	1.0	0.0	-0.6	1.0	0.4	0.3
BERNAL	PIURA	0.3	0.9	0.1	0.0	2.3	0.2	0.6
CHALACO	PIURA	0.3	1.3	-0.5	-0.8	1.0	0.1	0.3
CHULUCANAS	PIURA	0.7	1.8	-0.2	0.3	1.2	0.1	0.6
CHUSIS	PIURA	0.4	1.1	-0.3	0.2	2.3	0.1	0.6
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.3	1.3	-0.5	-0.8	1.0	0.1	0.3
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.0	-0.3	-0.8	-1.4	0.1	0.3	-0.4
HUANCABAMBA	PIURA	-0.2	0.3	-0.6	-1.6	-0.3	-0.1	-0.4
HUARMACA	PIURA	0.7	1.4	-0.3	-0.3	0.9	0.2	0.4
MIRAFLORES	PIURA	0.4	1.4	0.2	0.0	2.0	0.2	0.7
MORROPON	PIURA	0.5	1.2	0.3	0.0	1.1	0.2	0.6
PIURA	PIURA	0.3	1.3	0.1	-0.5	1.4	0.0	0.4
SAN MIGUEL	PIURA	0.2	1.6	-0.2	-0.2	1.8	0.1	0.5
SANTO DOMINGO	PIURA	0.5	0.6	-0.5	0.5	2.6	-0.4	0.6
SONDORILLO	PIURA	-0.1	0.4	-0.6	-1.2	0.0	0.2	-0.2
TABACONAS	PIURA	0.1	0.3	0.2	-1.0	-0.4	-0.1	-0.2
TULUCE	PIURA	1.3	0.1	-1.3	-0.6	-0.8	-0.1	-0.2
VIRREY	PIURA	0.6	1.1	-0.4	-0.8	1.7	0.2	0.4
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.4</b>	<b>1.0</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.2</b>	<b>1.3</b>	<b>0.1</b>	

Tabla 21: Valores IPE-24 por estación y para el año hidrológico. Eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.1	0.2	0.2	0.5	1.1	0.7	0.4
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.1	0.4	1.0	0.1	1.0	0.3	0.5
CABO INGA	TUMBES	-0.3	1.1	-0.3	0.1	0.7	0.7	0.3
EL TIGRE	TUMBES	0.3	0.3	-0.4	-0.3	1.2	0.6	0.3
MATAPALO	TUMBES	-0.3	1.2	-0.3	0.0	1.2	-0.1	0.3
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.4	0.6	-0.5	0.5	1.3	0.3	0.3
RICA PLAYA	TUMBES	0.2	0.9	-0.2	0.2	1.0	0.4	0.4
ALAMOR	CHIRA	0.4	1.2	-0.9	-0.8	0.7	0.5	0.2
AYABACA	CHIRA	0.6	0.3	-1.0	-0.8	-0.2	0.4	-0.1
EL CIRUELO	CHIRA	0.3	0.7	0.0	-0.4	1.1	0.0	0.3
HUAR HUAR	CHIRA	1.9	-0.6	-1.8	-0.1	-0.9	0.4	-0.2
LA ESPERANZA	CHIRA	0.4	0.9	-0.3	-0.4	0.9	0.1	0.2
LANCONES	CHIRA	0.6	0.6	-0.4	-0.5	1.3	0.3	0.3
LAS LOMAS	CHIRA	0.2	0.8	-0.9	-0.9	1.2	0.3	0.1
MALLARES	CHIRA	0.1	0.7	-0.3	-0.1	1.1	0.4	0.3
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.8	0.0	-0.7	-1.0	0.3	0.6	0.0
PACAYPAMPA	CHIRA	0.5	0.6	-1.0	-1.1	0.3	0.5	0.0
PAITA	CHIRA	0.4	0.7	-0.4	-0.1	1.2	0.2	0.3
PANANGA	CHIRA	0.0	0.5	0.0	-1.2	1.4	1.0	0.3
PUENTE INTERNA	CHIRA	0.3	0.4	-0.5	-0.3	1.1	0.0	0.2
SAPILLICA	CHIRA	0.7	0.4	-0.7	0.2	0.3	0.5	0.2
SAUSAL DE CULU	CHIRA	0.4	0.6	-0.9	-0.8	0.1	0.7	0.0
BERNAL	PIURA	0.2	0.3	-0.2	-0.5	1.5	0.4	0.3
CHALACO	PIURA	0.6	0.6	-0.8	-1.2	0.2	0.4	0.0
CHULUCANAS	PIURA	0.4	1.2	-0.7	-0.4	0.6	0.4	0.3
CHUSIS	PIURA	0.4	0.6	-0.6	-0.3	1.5	0.3	0.3
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.6	0.6	-0.8	-1.2	0.2	0.4	0.0
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.4	1.0	-0.4
HUANCABAMBA	PIURA	0.5	0.0	-1.2	-1.5	-1.0	0.3	-0.5
HUARMACA	PIURA	0.7	0.7	-0.9	-0.7	-0.1	0.3	0.0
MIRAFLORES	PIURA	0.2	0.9	-0.2	-0.5	1.2	0.4	0.3
MORROPON	PIURA	0.1	1.1	-0.3	-0.8	0.5	0.6	0.2
PIURA	PIURA	0.1	1.0	-0.3	-1.0	0.8	0.5	0.2
SAN MIGUEL	PIURA	0.1	1.0	-0.5	-0.6	1.1	0.4	0.2
SANTO DOMINGO	PIURA	0.3	0.0	-0.8	-0.1	2.0	-0.4	0.2
SONDORILLO	PIURA	0.8	0.1	-1.5	-0.8	-0.6	0.4	-0.3
TABACONAS	PIURA	1.9	0.4	-0.3	-0.6	-1.3	0.0	0.0
TULUCE	PIURA	1.7	-0.2	-1.6	-0.4	-1.0	0.3	-0.2
VIRREY	PIURA	0.6	0.8	-0.9	-1.1	1.1	0.6	0.2
<b>PROMEDIO</b>		0.4	0.5	-0.6	-0.5	0.6	0.4	

Tabla 22: Valores IPE-3 por estación y para el año hidrológico. Eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	70/71	73/74	75/76	88/89	98-99	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.4	-0.7	0.5	0.2	0.3	0.0
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.6	-0.3	0.8	0.1	0.2	0.0
CABO INGA	TUMBES	-0.2	-0.2	0.3	0.3	0.0	0.1
EL TIGRE	TUMBES	-0.3	-0.8	0.6	0.2	0.6	0.1
MATAPALO	TUMBES	-0.3	-0.3	0.6	-0.3	0.2	0.0
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.5	-0.4	0.5	0.0	0.2	-0.1
RICA PLAYA	TUMBES	-0.1	-0.4	-0.6	0.3	0.4	-0.1
ALAMOR	CHIRA	0.3	-1.1	0.0	-0.6	0.4	-0.2
AYABACA	CHIRA	0.6	-0.1	0.3	0.1	1.2	0.4
EL CIRUELO	CHIRA	0.3	-0.3	-0.1	0.0	0.2	0.0
HUAR HUAR	CHIRA	2.2	0.5	0.2	0.3	1.0	0.9
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.8	0.0	0.3	-0.2	0.2	-0.1
LANCONES	CHIRA	0.8	0.1	0.6	0.3	0.7	0.5
LAS LOMAS	CHIRA	0.2	-0.7	0.0	-0.3	0.2	-0.1
MALLARES	CHIRA	-0.1	-0.4	0.3	0.1	0.3	0.0
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.9	-0.2	0.2	-0.2	1.2	0.4
PACAYPAMPA	CHIRA	0.9	-0.3	0.5	0.1	0.8	0.4
PAITA	CHIRA	0.4	0.0	0.0	-0.5	0.5	0.1
PANANGA	CHIRA	0.4	0.0	0.4	0.5	0.7	0.4
PUENTE INTERNA	CHIRA	0.5	-0.2	0.1	0.1	0.3	0.1
SAPILLICA	CHIRA	0.4	-0.1	0.8	0.1	-0.1	0.2
SAUSAL DE CULU	CHIRA	0.7	-0.3	0.2	0.1	1.1	0.4
BERNAL	PIURA	0.5	0.0	0.3	0.5	0.3	0.3
CHALACO	PIURA	0.7	-0.2	0.4	-0.3	1.0	0.3
CHULUCANAS	PIURA	-0.2	-0.3	0.3	-0.5	0.0	-0.1
CHUSIS	PIURA	0.6	0.3	0.4	-0.2	0.1	0.2
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.7	-0.2	0.4	-0.3	1.0	0.3
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.3	0.1	0.3	0.0	1.7	0.5
HUANCABAMBA	PIURA	1.2	-0.1	0.9	0.2	0.9	0.6
HUARMACA	PIURA	1.0	-0.5	0.4	0.1	0.6	0.4
MIRAFLORES	PIURA	-0.1	-0.1	0.3	-0.2	0.1	0.0
MORROPON	PIURA	-0.1	-0.5	0.6	0.0	0.4	0.1
PIURA	PIURA	0.4	0.3	0.4	0.0	0.4	0.3
SAN MIGUEL	PIURA	0.5	-0.1	0.5	-0.1	0.1	0.2
SANTO DOMINGO	PIURA	0.0	-0.2	0.3	-0.2	0.7	0.1
SONDORILLO	PIURA	1.2	-0.3	0.2	0.4	1.0	0.5
TABACONAS	PIURA	1.7	0.2	-0.6	0.3	-0.1	0.3
TULUCE	PIURA	1.4	-0.2	0.7	-0.5	1.1	0.5
VIRREY	PIURA	0.7	-0.1	0.5	0.3	0.5	0.4
<b>PROMEDIO</b>		0.4	-0.2	0.3	0.0	0.5	

Tabla 23: Valores IPE-6 por estación y para el año hidrológico. Eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	70/71	73/74	75/76	88/89	98-99	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.7	-0.7	0.3	0.0	0.7	-0.1
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.6	-0.5	0.4	-0.1	0.5	-0.1
CABO INGA	TUMBES	-0.3	-0.3	0.3	0.2	0.5	0.1
EL TIGRE	TUMBES	-0.5	-1.2	0.5	0.3	0.7	-0.1
MATAPALO	TUMBES	-0.4	-0.4	0.3	-0.1	0.6	0.0
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.7	-0.6	0.5	0.2	0.4	-0.1
RICA PLAYA	TUMBES	-0.2	-0.7	-0.8	0.3	0.4	-0.2
ALAMOR	CHIRA	0.1	-1.1	-0.1	-0.6	0.6	-0.2
AYABACA	CHIRA	0.6	-0.2	0.8	0.4	1.4	0.6
EL CIRUELO	CHIRA	0.2	-0.1	-0.2	0.1	0.7	0.2
HUAR HUAR	CHIRA	2.5	0.9	0.2	0.4	1.0	1.0
LA ESPERANZA	CHIRA	-1.4	-0.4	0.2	-0.3	0.3	-0.3
LANCONES	CHIRA	0.5	-0.5	0.1	-0.1	0.4	0.1
LAS LOMAS	CHIRA	-0.1	-1.2	-0.1	-0.6	0.8	-0.2
MALLARES	CHIRA	-0.2	-0.7	0.2	0.1	0.5	0.0
NANGAY MATALAC	CHIRA	1.0	0.0	0.5	0.1	1.4	0.6
PACAYPAMPA	CHIRA	1.1	0.1	0.7	0.4	1.1	0.7
PAITA	CHIRA	0.1	-0.1	0.0	-1.0	0.4	-0.1
PANANGA	CHIRA	-0.1	-0.6	0.0	0.3	0.6	0.0
PUENTE INTERNA	CHIRA	0.5	-0.3	0.0	0.2	0.7	0.2
SAPILLICA	CHIRA	0.4	-0.5	0.8	0.2	0.2	0.2
SAUSAL DE CULU	CHIRA	0.9	-0.5	0.4	0.3	1.4	0.5
BERNAL	PIURA	0.3	-0.4	0.0	0.2	0.1	0.1
CHALACO	PIURA	0.6	-0.2	0.6	0.2	1.1	0.5
CHULUCANAS	PIURA	-0.4	-0.7	0.0	0.0	0.7	-0.1
CHUSIS	PIURA	0.4	-0.1	0.2	-0.3	-0.1	0.0
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.6	-0.2	0.6	0.2	1.1	0.5
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.4	-0.1	0.3	-0.3	2.1	0.5
HUANCABAMBA	PIURA	1.5	0.1	1.0	0.4	1.0	0.8
HUARMACA	PIURA	1.0	-0.5	0.5	0.5	0.9	0.5
MIRAFLORES	PIURA	-0.2	-0.5	-0.1	-0.4	-0.1	-0.3
MORROPON	PIURA	-0.4	-0.7	0.2	0.0	0.6	-0.1
PIURA	PIURA	0.2	-0.1	0.1	-0.1	0.7	0.1
SAN MIGUEL	PIURA	0.1	-0.5	0.2	-0.2	0.0	-0.1
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.1	-0.4	0.2	-0.3	0.7	0.0
SONDORILLO	PIURA	1.7	0.0	0.2	0.8	1.2	0.8
TABACONAS	PIURA	1.9	0.3	-1.0	0.3	-0.2	0.3
TULUCE	PIURA	1.6	-0.2	0.9	-0.9	1.2	0.5
VIRREY	PIURA	0.2	-0.4	0.2	0.0	0.5	0.1
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.3</b>	<b>-0.4</b>	<b>0.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.7</b>	

Tabla 24: Valores IPE-12 por estación y para el año hidrológico. Eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	70/71	73/74	75/76	88/89	98-99	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.9	-0.2	0.2	-0.2	1.5	0.1
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.8	-0.3	0.5	-0.3	1.1	0.0
CABO INGA	TUMBES	-0.5	-0.3	0.3	-0.2	1.4	0.1
EL TIGRE	TUMBES	-0.6	-0.7	0.5	-0.1	1.6	0.1
MATAPALO	TUMBES	-0.5	-0.4	0.3	-0.1	1.5	0.1
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.8	-0.4	0.3	-0.1	1.5	0.1
RICA PLAYA	TUMBES	-0.4	-0.5	-0.7	-0.1	1.1	-0.1
ALAMOR	CHIRA	-0.2	-0.6	-0.2	-0.3	1.3	0.0
AYABACA	CHIRA	0.4	0.1	0.9	0.2	1.8	0.7
EL CIRUELO	CHIRA	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	1.6	0.2
HUAR HUAR	CHIRA	2.5	1.2	0.7	0.1	0.8	1.1
LA ESPERANZA	CHIRA	-1.5	-0.4	0.1	-0.4	1.2	-0.2
LANCONES	CHIRA	0.1	-0.3	-0.1	-0.6	1.4	0.1
LAS LOMAS	CHIRA	-0.3	-0.7	-0.2	-0.4	1.9	0.1
MALLARES	CHIRA	0.0	-0.5	0.0	-0.2	1.5	0.1
NANGAY MATALAC	CHIRA	1.0	0.3	0.6	-0.2	1.8	0.7
PACAYPAMPA	CHIRA	0.9	0.4	0.8	0.2	1.5	0.8
PAITA	CHIRA	-0.5	-0.1	0.0	-1.2	1.4	-0.1
PANANGA	CHIRA	-0.6	-0.8	-0.1	-0.1	1.6	0.0
PUENTE INTERNA	CHIRA	0.1	-0.1	-0.3	-0.1	1.6	0.2
SAPILLICA	CHIRA	0.0	-0.5	0.7	-0.1	1.1	0.2
SAUSAL DE CULU	CHIRA	0.9	-0.5	0.5	0.1	1.9	0.6
BERNAL	PIURA	-0.3	-0.5	-0.1	-0.2	1.8	0.1
CHALACO	PIURA	0.3	-0.1	0.6	-0.1	1.5	0.4
CHULUCANAS	PIURA	-0.8	-0.4	-0.1	-0.4	1.4	-0.1
CHUSIS	PIURA	0.0	-0.2	0.1	-0.5	1.5	0.2
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.3	-0.1	0.6	-0.1	1.5	0.4
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.5	0.0	0.5	-0.7	2.2	0.5
HUANCABAMBA	PIURA	1.6	0.0	1.3	0.0	0.9	0.8
HUARMACA	PIURA	0.4	-0.3	0.5	-0.1	1.6	0.4
MIRAFLORES	PIURA	-0.3	-0.4	-0.2	-0.5	1.2	0.0
MORROPON	PIURA	-1.1	-0.4	0.1	-0.4	1.5	0.0
PIURA	PIURA	-0.3	-0.3	-0.2	-0.5	1.6	0.1
SAN MIGUEL	PIURA	-0.3	-0.4	0.0	-0.3	1.2	0.0
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.3	-0.1	0.0	-0.6	1.2	0.0
SONDORILLO	PIURA	1.9	0.1	0.6	0.7	1.4	0.9
TABACONAS	PIURA	2.0	0.7	-1.2	0.1	-0.1	0.3
TULUCE	PIURA	1.8	0.3	1.5	-1.2	1.0	0.7
VIRREY	PIURA	-0.3	-0.3	-0.2	-0.6	1.5	0.0
<b>PROMEDIO</b>		0.1	-0.2	0.2	-0.2	1.4	

Tabla 25: Valores IPE-24 por estación y para el año hidrológico. Eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	70/71	73/74	75/76	88/89	98-99	promedio
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-1.1	0.2	-0.4	0.0	2.3	0.2
PAPAYAL	ZARUMILLA	-1.2	0.2	0.1	0.6	2.1	0.4
CABO INGA	TUMBES	-0.7	-0.3	0.0	-0.1	2.1	0.2
EL TIGRE	TUMBES	-0.9	0.1	-0.1	-0.1	2.5	0.3
MATAPALO	TUMBES	-0.7	-0.4	0.0	-0.1	2.4	0.2
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-1.0	-0.5	0.0	-0.1	2.3	0.2
RICA PLAYA	TUMBES	-0.5	0.1	-1.1	0.0	1.8	0.0
ALAMOR	CHIRA	-0.4	-0.1	-0.5	-0.1	1.7	0.1
AYABACA	CHIRA	0.4	0.3	0.6	-0.1	1.7	0.6
EL CIRUELO	CHIRA	-0.1	0.0	-0.6	-0.1	2.5	0.3
HUAR HUAR	CHIRA	2.7	1.3	1.1	-0.6	0.3	1.0
LA ESPERANZA	CHIRA	-1.5	0.0	-0.3	-0.3	1.9	-0.1
LANCONES	CHIRA	0.1	0.2	-0.5	-0.4	2.3	0.4
LAS LOMAS	CHIRA	-0.4	-0.1	-0.5	-0.2	2.6	0.2
MALLARES	CHIRA	-0.1	-0.2	-0.5	0.0	2.2	0.3
NANGAY MATALAC	CHIRA	1.1	0.6	0.6	-0.5	2.1	0.8
PACAYPAMPA	CHIRA	1.0	0.4	0.5	-0.2	1.6	0.7
PAITA	CHIRA	-0.4	0.1	-0.3	-1.2	2.2	0.1
PANANGA	CHIRA	-0.7	-0.4	-0.3	0.0	2.4	0.2
PUENTE INTERNA	CHIRA	-0.2	0.0	-0.6	0.0	2.5	0.3
SAPILLICA	CHIRA	-0.2	0.1	0.3	-0.5	1.7	0.3
SAUSAL DE CULU	CHIRA	0.9	-0.4	0.3	-0.2	2.0	0.5
BERNAL	PIURA	-0.4	-0.1	-0.4	-0.1	2.9	0.4
CHALACO	PIURA	0.2	0.1	0.3	-0.7	1.6	0.3
CHULUCANAS	PIURA	-1.1	0.2	-0.6	-0.3	1.7	0.0
CHUSIS	PIURA	-0.2	0.0	-0.1	-0.7	2.8	0.4
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.2	0.1	0.3	-0.7	1.6	0.3
HACIENDA SHUMAY	PIURA	0.5	0.0	0.6	-1.0	1.5	0.3
HUANCABAMBA	PIURA	1.7	-0.1	1.4	-0.2	0.5	0.6
HUARMACA	PIURA	0.3	0.2	0.1	-0.4	1.7	0.4
MIRAFLORES	PIURA	-0.5	0.0	-0.6	-0.3	2.3	0.2
MORROPON	PIURA	-1.5	0.1	-0.3	-0.3	1.9	0.0
PIURA	PIURA	-0.5	-0.1	-0.5	-0.3	2.1	0.1
SAN MIGUEL	PIURA	-0.5	-0.2	-0.4	-0.4	2.1	0.1
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.6	0.2	-0.3	-0.8	2.3	0.2
SONDORILLO	PIURA	2.1	-0.1	0.8	0.4	1.1	0.9
TABACONAS	PIURA	2.9	0.5	-0.5	0.1	-0.3	0.5
TULUCE	PIURA	2.1	1.0	1.7	-1.2	0.2	0.8
VIRREY	PIURA	-0.4	0.2	-0.7	-0.6	2.3	0.2
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>-0.3</b>	<b>1.9</b>	

Tabla 26: Valores del IPE-3 promedio por estación para los eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	0.0	1.1	2.2
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.4	0.9	2.3
RICA PLAYA	TUMBES	-0.3	1.0	2.1
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.6	0.8	1.9
EL TIGRE	TUMBES	-0.6	0.7	2.1
CABO INGA	TUMBES	-0.1	1.2	1.9
MATAPALO	TUMBES	0.1	1.2	2.0
PAITA	CHIRA	-0.1	0.8	1.8
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.4	0.9	1.9
PANANGA	CHIRA	-0.2	1.0	2.2
MALLARES	CHIRA	-0.5	0.9	2.2
LANCONES	CHIRA	0.0	1.2	2.5
ALAMOR	CHIRA	-1.0	0.6	1.4
LAS LOMAS	CHIRA	-0.2	0.8	1.7
EL CIRUELO	CHIRA	-0.6	1.0	2.0
MORROPON	CHIRA	-0.5	0.9	2.1
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-0.5	0.8	1.7
NANGAY MATALAC	CHIRA	-1.0	0.4	1.5
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	-0.8	0.5	1.5
HUANCABAMBA	CHIRA	-1.2	-0.3	0.8
PACAYPAMPA	CHIRA	-1.0	0.4	1.6
HUAR HUAR	CHIRA	-1.2	-0.2	0.4
CHUSIS	PIURA	-0.5	0.7	1.9
BERNAL	PIURA	-0.5	0.7	2.1
SAN MIGUEL	PIURA	-0.6	0.7	1.9
PIURA	PIURA	-0.1	0.9	1.6
MIRAFLORES	PIURA	-0.5	0.8	2.2
CHULUCANAS	PIURA	-0.8	0.9	2.0
VIRREY	PIURA	-0.1	0.9	0.9
SAPILLICA	PIURA	-0.6	0.8	1.8
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.4	0.8	1.8
CHALACO	PIURA	-1.0	0.5	1.5
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-1.0	0.5	1.5
AYABACA	PIURA	-0.7	0.6	1.6
HUARMACA	PIURA	-0.8	0.6	1.7
SONDORILLO	PIURA	-1.0	0.0	1.1
TULUCE	PIURA	-1.4	-0.1	0.8
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-1.4	-0.1	1.0
TABACONAS	PIURA	-1.2	0.1	1.2

Tabla 27: Valores del IPE-6 promedio por estación para los eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.4	1.1	2.3
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.4	1.1	2.2
RICA PLAYA	TUMBES	-0.3	1.0	2.1
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.7	0.9	1.8
EL TIGRE	TUMBES	-0.9	0.8	2.0
CABO INGA	TUMBES	-0.2	1.2	1.9
MATAPALO	TUMBES	-0.5	1.1	1.8
PAITA	CHIRA	-0.2	0.8	1.7
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.6	0.8	1.8
PANANGA	CHIRA	-0.5	0.7	1.6
MALLARES	CHIRA	-0.8	0.9	2.1
LANCONES	CHIRA	-0.6	0.9	1.8
ALAMOR	CHIRA	-0.8	0.6	1.3
LAS LOMAS	CHIRA	-0.5	0.7	1.7
EL CIRUELO	CHIRA	-0.6	0.9	1.9
MORROPON	CHIRA	-0.7	0.8	1.9
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-1.0	0.8	1.7
NANGAY MATALAC	CHIRA	-1.1	0.4	1.5
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	-0.8	0.5	1.3
HUANCABAMBA	CHIRA	-1.3	-0.4	0.5
PACAYPAMPA	CHIRA	-0.7	0.5	1.2
HUAR HUAR	CHIRA	-0.9	-0.3	0.2
CHUSIS	PIURA	-0.5	0.7	2.0
BERNAL	PIURA	-0.7	0.9	2.4
SAN MIGUEL	PIURA	-0.9	0.7	1.8
PIURA	PIURA	-0.4	0.8	1.5
MIRAFLORES	PIURA	-0.8	0.8	2.0
CHULUCANAS	PIURA	-0.7	0.9	1.7
VIRREY	PIURA	-0.4	0.7	0.7
SAPILLICA	PIURA	-0.1	0.8	1.5
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.4	0.8	1.7
CHALACO	PIURA	-0.8	0.4	1.2
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-0.8	0.4	1.2
AYABACA	PIURA	-0.6	0.5	1.4
HUARMACA	PIURA	-0.8	0.7	1.6
SONDORILLO	PIURA	-1.0	-0.1	0.7
TULUCE	PIURA	-1.1	-0.2	0.6
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-1.2	-0.3	0.5
TABACONAS	PIURA	-0.8	0.0	0.8

Tabla 28: Valores del IPE-12 promedio por estación para los eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.5	0.8	1.7
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.5	0.9	1.7
RICA PLAYA	TUMBES	-0.3	0.8	1.7
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.5	0.7	1.6
EL TIGRE	TUMBES	-0.5	0.7	1.6
CABO INGA	TUMBES	-0.4	0.8	1.7
MATAPALO	TUMBES	-0.5	0.8	1.6
PAITA	CHIRA	-0.4	0.6	1.4
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.6	0.6	1.5
PANANGA	CHIRA	-0.6	0.5	1.3
MALLARES	CHIRA	-0.6	0.7	1.6
LANCONES	CHIRA	-0.5	0.6	1.5
ALAMOR	CHIRA	-0.7	0.4	1.1
LAS LOMAS	CHIRA	-0.7	0.4	1.2
EL CIRUELO	CHIRA	-0.6	0.6	1.5
MORROPON	CHIRA	-0.6	0.6	1.5
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-0.6	0.6	1.5
NANGAY MATALAC	CHIRA	-0.8	0.3	1.0
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	-0.8	0.3	1.1
HUANCABAMBA	CHIRA	-1.1	-0.4	0.3
PACAYPAMPA	CHIRA	-0.7	0.3	1.0
HUAR HUAR	CHIRA	-0.7	-0.3	0.1
CHUSIS	PIURA	-0.4	0.6	1.4
BERNAL	PIURA	-0.6	0.6	1.5
SAN MIGUEL	PIURA	-0.6	0.5	1.4
PIURA	PIURA	-0.7	0.4	1.4
MIRAFLORES	PIURA	-0.5	0.7	1.6
CHULUCANAS	PIURA	-0.5	0.6	1.6
VIRREY	PIURA	-0.8	0.4	0.4
SAPILLICA	PIURA	-0.3	0.6	1.3
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.2	0.6	1.2
CHALACO	PIURA	-0.7	0.3	1.0
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-0.7	0.3	1.0
AYABACA	PIURA	-0.7	0.3	0.9
HUARMACA	PIURA	-0.7	0.4	1.3
SONDORILLO	PIURA	-0.9	-0.2	0.5
TULUCE	PIURA	-0.9	-0.2	0.3
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-1.0	-0.4	0.2
TABACONAS	PIURA	-0.8	-0.2	0.6

Tabla 29: Valores del IPE-24 promedio por estación para los eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.6	0.4	1.1
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.5	0.5	1.1
RICA PLAYA	TUMBES	-0.4	0.4	1.0
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.6	0.3	1.0
EL TIGRE	TUMBES	-0.6	0.3	0.9
CABO INGA	TUMBES	-0.6	0.3	1.0
MATAPALO	TUMBES	-0.7	0.3	0.9
PAITA	CHIRA	-0.4	0.3	0.9
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.6	0.2	0.9
PANANGA	CHIRA	-0.5	0.3	0.8
MALLARES	CHIRA	-0.6	0.3	1.0
LANCONES	CHIRA	-0.6	0.3	1.1
ALAMOR	CHIRA	-0.5	0.2	0.8
LAS LOMAS	CHIRA	-0.6	0.1	0.8
EL CIRUELO	CHIRA	-0.7	0.3	1.1
MORROPON	CHIRA	-0.6	0.2	1.0
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-0.8	0.2	1.0
NANGAY MATALAC	CHIRA	-0.8	0.0	0.5
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	-0.7	0.0	0.6
HUANCABAMBA	CHIRA	-0.9	-0.5	0.0
PACAYPAMPA	CHIRA	-0.7	0.0	0.5
HUAR HUAR	CHIRA	-0.4	-0.2	0.1
CHUSIS	PIURA	-0.5	0.3	0.9
BERNAL	PIURA	-0.6	0.3	0.9
SAN MIGUEL	PIURA	-0.6	0.2	0.9
PIURA	PIURA	-0.7	0.2	0.9
MIRAFLORES	PIURA	-0.5	0.3	1.0
CHULUCANAS	PIURA	-0.6	0.3	1.0
VIRREY	PIURA	-0.6	0.2	0.2
SAPILLICA	PIURA	-0.4	0.2	0.8
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.4	0.2	0.6
CHALACO	PIURA	-0.6	0.0	0.4
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-0.6	0.0	0.4
AYABACA	PIURA	-0.7	-0.1	0.4
HUARMACA	PIURA	-0.7	0.0	0.6
SONDORILLO	PIURA	-0.9	-0.3	0.2
TULUCE	PIURA	-0.4	-0.2	0.1
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.7	-0.4	0.0
TABACONAS	PIURA	-0.5	0.0	0.5

Tabla 30: Valores del IPE-3 promedio por estación para los eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.6	0.0	0.7
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.6	0.0	1.0
RICA PLAYA	TUMBES	-0.7	-0.1	0.6
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.8	-0.1	0.9
EL TIGRE	TUMBES	-0.9	0.1	1.4
CABO INGA	TUMBES	-0.5	0.1	0.6
MATAPALO	TUMBES	-1.0	0.0	1.1
PAITA	CHIRA	-0.5	0.1	0.8
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.9	-0.1	1.0
PANANGA	CHIRA	-0.4	0.4	1.6
MALLARES	CHIRA	-0.7	0.0	1.0
LANCONES	CHIRA	-0.4	0.5	1.9
ALAMOR	CHIRA	-0.6	-0.2	0.7
LAS LOMAS	CHIRA	-0.8	-0.1	0.7
EL CIRUELO	CHIRA	-0.5	0.0	1.3
MORROPON	CHIRA	-1.0	0.1	1.4
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-0.5	0.1	1.0
NANGAY MATALAC	CHIRA	-0.4	0.4	1.5
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	-0.7	0.4	1.6
HUANCABAMBA	CHIRA	-0.9	0.6	1.9
PACAYPAMPA	CHIRA	-0.9	0.4	1.8
HUAR HUAR	CHIRA	-0.3	0.9	1.9
CHUSIS	PIURA	-0.9	0.2	1.4
BERNAL	PIURA	-0.7	0.3	1.7
SAN MIGUEL	PIURA	-0.6	0.2	1.0
PIURA	PIURA	-0.5	0.3	1.4
MIRAFLORES	PIURA	-0.7	0.0	1.0
CHULUCANAS	PIURA	-1.1	-0.1	1.1
VIRREY	PIURA	-0.4	0.4	0.4
SAPILLICA	PIURA	-0.9	0.2	1.2
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.8	0.1	0.9
CHALACO	PIURA	-1.1	0.3	1.7
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-1.1	0.3	1.7
AYABACA	PIURA	-0.8	0.4	1.5
HUARMACA	PIURA	-1.0	0.4	2.0
SONDORILLO	PIURA	-1.1	0.5	1.9
TULUCE	PIURA	-0.8	0.5	1.6
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.7	0.5	1.5
TABACONAS	PIURA	-1.0	0.3	1.7

Tabla 31: Valores del IPE-6 promedio por estación para los eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.6	-0.1	0.8
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.6	-0.1	1.0
RICA PLAYA	TUMBES	-0.7	-0.2	0.4
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.8	-0.1	0.7
EL TIGRE	TUMBES	-1.1	-0.1	0.8
CABO INGA	TUMBES	-0.4	0.1	0.7
MATAPALO	TUMBES	-0.9	0.0	0.7
PAITA	CHIRA	-0.7	-0.1	0.6
LA ESPERANZA	CHIRA	-1.0	-0.3	0.3
PANANGA	CHIRA	-0.6	0.0	0.8
MALLARES	CHIRA	-0.7	0.0	0.5
LANCONES	CHIRA	-0.6	0.1	0.8
ALAMOR	CHIRA	-0.8	-0.2	0.9
LAS LOMAS	CHIRA	-0.8	-0.2	0.6
EL CIRUELO	CHIRA	-0.5	0.2	1.2
MORROPON	CHIRA	-1.1	-0.1	1.1
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-0.5	0.2	1.2
NANGAY MATALAC	CHIRA	-0.1	0.6	1.7
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	-0.3	0.5	1.4
HUANCABAMBA	CHIRA	-0.3	0.8	1.8
PACAYPAMPA	CHIRA	-0.3	0.7	1.8
HUAR HUAR	CHIRA	0.1	1.0	1.8
CHUSIS	PIURA	-0.7	0.0	0.8
BERNAL	PIURA	-0.9	0.1	1.2
SAN MIGUEL	PIURA	-0.7	-0.1	0.7
PIURA	PIURA	-0.6	0.1	1.2
MIRAFLORES	PIURA	-0.8	-0.3	0.3
CHULUCANAS	PIURA	-1.1	-0.1	0.8
VIRREY	PIURA	-0.7	0.1	0.1
SAPILLICA	PIURA	-0.6	0.2	1.4
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.7	0.0	0.6
CHALACO	PIURA	-0.6	0.5	1.6
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-0.6	0.5	1.6
AYABACA	PIURA	-0.2	0.6	1.5
HUARMACA	PIURA	-0.5	0.5	1.7
SONDORILLO	PIURA	-0.3	0.8	1.9
TULUCE	PIURA	-0.4	0.5	1.3
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.3	0.5	1.2
TABACONAS	PIURA	-0.8	0.3	1.6

Tabla 32: Valores del IPE-12 promedio por estación para los eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.5	0.1	0.7
PAPAYAL	ZARUMILLA	-0.5	0.0	0.7
RICA PLAYA	TUMBES	-0.6	-0.1	0.5
PUERTO PIZARRO	TUMBES	-0.5	0.1	0.6
EL TIGRE	TUMBES	-0.6	0.1	0.9
CABO INGA	TUMBES	-0.3	0.1	0.6
MATAPALO	TUMBES	-0.4	0.1	0.7
PAITA	CHIRA	-0.7	-0.1	0.6
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.6	-0.2	0.4
PANANGA	CHIRA	-0.6	0.0	0.7
MALLARES	CHIRA	-0.4	0.1	0.7
LANCONES	CHIRA	-0.6	0.1	0.8
ALAMOR	CHIRA	-0.5	0.0	0.6
LAS LOMAS	CHIRA	-0.7	0.1	0.7
EL CIRUELO	CHIRA	-0.6	0.2	0.9
MORROPON	CHIRA	-0.9	0.0	0.6
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-0.6	0.2	0.9
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.1	0.7	1.4
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	0.0	0.6	1.1
HUANCABAMBA	CHIRA	0.0	0.8	1.4
PACAYPAMPA	CHIRA	0.1	0.8	1.3
HUAR HUAR	CHIRA	0.3	1.1	1.7
CHUSIS	PIURA	-0.4	0.2	0.8
BERNAL	PIURA	-0.4	0.1	0.8
SAN MIGUEL	PIURA	-0.6	0.0	0.6
PIURA	PIURA	-0.7	0.1	0.6
MIRAFLORES	PIURA	-0.5	0.0	0.6
CHULUCANAS	PIURA	-0.8	-0.1	0.5
VIRREY	PIURA	-0.8	0.0	0.0
SAPILLICA	PIURA	-0.5	0.2	0.9
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.5	0.0	0.6
CHALACO	PIURA	-0.2	0.4	1.0
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-0.2	0.4	1.0
AYABACA	PIURA	0.1	0.7	1.2
HUARMACA	PIURA	-0.3	0.4	1.1
SONDORILLO	PIURA	0.2	0.9	1.6
TULUCE	PIURA	0.0	0.7	1.4
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.1	0.5	0.9
TABACONAS	PIURA	-0.5	0.3	1.1

Tabla 33: Valores del IPE-24 promedio por estación para los eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE MIN	IPE PROM	IPE MAX
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	-0.1	0.2	0.5
PAPAYAL	ZARUMILLA	0.0	0.4	0.8
RICA PLAYA	TUMBES	-0.1	0.0	0.2
PUERTO PIZARRO	TUMBES	0.0	0.2	0.3
EL TIGRE	TUMBES	0.0	0.3	0.5
CABO INGA	TUMBES	0.1	0.2	0.3
MATAPALO	TUMBES	0.1	0.2	0.4
PAITA	CHIRA	0.0	0.1	0.2
LA ESPERANZA	CHIRA	-0.3	-0.1	0.1
PANANGA	CHIRA	0.0	0.2	0.4
MALLARES	CHIRA	0.1	0.3	0.5
LANCONES	CHIRA	0.1	0.4	0.6
ALAMOR	CHIRA	-0.1	0.1	0.3
LAS LOMAS	CHIRA	0.1	0.2	0.4
EL CIRUELO	CHIRA	0.2	0.3	0.5
MORROPON	CHIRA	-0.3	0.0	0.2
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	0.2	0.3	0.5
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.4	0.8	1.0
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	0.1	0.5	0.9
HUANCABAMBA	CHIRA	0.2	0.6	1.0
PACAYPAMPA	CHIRA	0.3	0.7	0.9
HUAR HUAR	CHIRA	0.5	1.0	1.3
CHUSIS	PIURA	0.2	0.4	0.5
BERNAL	PIURA	0.2	0.4	0.5
SAN MIGUEL	PIURA	-0.1	0.1	0.3
PIURA	PIURA	0.0	0.1	0.3
MIRAFLORES	PIURA	0.0	0.2	0.4
CHULUCANAS	PIURA	-0.2	0.0	0.2
VIRREY	PIURA	0.0	0.2	0.2
SAPILLICA	PIURA	-0.1	0.3	0.6
SANTO DOMINGO	PIURA	-0.1	0.2	0.3
CHALACO	PIURA	-0.1	0.3	0.6
HACIENDA BIGOTE	PIURA	-0.1	0.3	0.6
AYABACA	PIURA	0.1	0.6	0.9
HUARMACA	PIURA	-0.1	0.4	0.8
SONDORILLO	PIURA	0.4	0.9	1.3
TULUCE	PIURA	0.3	0.8	1.1
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.1	0.3	0.6
TABACONAS	PIURA	0.2	0.5	1.0

Tabla 34: Correlaciones entre el IPE y la ATSM con toda la serie histórica

ESTACIONES	CUENCA	IPE-3	IPE-6	IPE-12	IPE-24
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	0.51	0.54	0.57	0.55
PAPAYAL	ZARUMILLA	0.43	0.52	0.59	0.56
CABO INGA	TUMBES	0.54	0.55	0.56	0.55
EL TIGRE	TUMBES	0.42	0.47	0.51	0.52
MATAPALO	TUMBES	0.54	0.58	0.58	0.60
PUERTO PIZARRO	TUMBES	0.46	0.54	0.58	0.61
RICA PLAYA	TUMBES	0.56	0.58	0.58	0.59
ALAMOR	CHIRA	0.43	0.50	0.52	0.51
AYABACA	CHIRA	0.16	0.20	0.20	0.16
EL CIRUELO	CHIRA	0.40	0.45	0.51	0.57
HUAR HUAR	CHIRA	-0.22	-0.26	-0.31	-0.32
LA ESPERANZA	CHIRA	0.47	0.57	0.62	0.60
LANCONES	CHIRA	0.35	0.50	0.56	0.58
LAS LOMAS	CHIRA	0.45	0.50	0.55	0.53
MALLARES	CHIRA	0.42	0.51	0.58	0.60
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.09	0.15	0.17	0.14
PACAYPAMPA	CHIRA	0.08	0.15	0.17	0.17
PAITA	CHIRA	0.36	0.47	0.54	0.56
PANANGA	CHIRA	0.33	0.43	0.47	0.44
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	0.37	0.42	0.53	0.57
SAPILLICA	CHIRA	0.32	0.37	0.39	0.39
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	0.17	0.21	0.22	0.21
BERNAL	PIURA	0.31	0.43	0.58	0.56
CHALACO	PIURA	0.14	0.18	0.19	0.16
CHULUCANAS	PIURA	0.42	0.51	0.57	0.59
CHUSIS	PIURA	0.32	0.45	0.58	0.58
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.14	0.18	0.19	0.16
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.11	-0.12	-0.13	-0.18
HUANCABAMBA	PIURA	-0.16	-0.17	-0.20	-0.23
HUARMACA	PIURA	0.21	0.28	0.31	0.27
MIRAFLORES	PIURA	0.45	0.58	0.64	0.65
MORROPON	PIURA	0.38	0.44	0.49	0.53
PIURA	PIURA	0.32	0.43	0.53	0.55
SAN MIGUEL	PIURA	0.39	0.49	0.57	0.59
SANTO DOMINGO	PIURA	0.40	0.42	0.41	0.41
SONDORILLO	PIURA	-0.12	-0.12	-0.13	-0.12
TABACONAS	PIURA	-0.06	-0.07	-0.08	-0.08
TULUCE	PIURA	-0.10	-0.12	-0.16	-0.26
VIRREY	PIURA	0.33	0.42	0.46	0.52

NOTA: Los valores de ATSMs a diferentes escalas se obtuvieron con medias móviles de 3, 6, 12 y 24 meses de la zona niño 3.

Tabla 35: Correlaciones entre el IPE y la ATSM con los eventos ENOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE-3	IPE-6	IPE-12	IPE-24
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	0.54	0.56	0.58	0.57
PAPAYAL	ZARUMILLA	0.43	0.52	0.59	0.58
CABO INGA	TUMBES	0.59	0.59	0.59	0.59
EL TIGRE	TUMBES	0.45	0.49	0.52	0.53
MATAPALO	TUMBES	0.57	0.60	0.60	0.62
PUERTO PIZARRO	TUMBES	0.47	0.54	0.58	0.62
RICA PLAYA	TUMBES	0.58	0.60	0.60	0.61
ALAMOR	CHIRA	0.50	0.55	0.56	0.56
AYABACA	CHIRA	0.19	0.25	0.25	0.20
EL CIRUELO	CHIRA	0.44	0.49	0.56	0.62
HUAR HUAR	CHIRA	-0.16	-0.18	-0.21	-0.25
LA ESPERANZA	CHIRA	0.49	0.57	0.63	0.64
LANCONES	CHIRA	0.41	0.56	0.63	0.64
LAS LOMAS	CHIRA	0.49	0.53	0.59	0.56
MALLARES	CHIRA	0.44	0.54	0.62	0.64
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.14	0.21	0.26	0.22
PACAYPAMPA	CHIRA	0.12	0.20	0.24	0.22
PAITA	CHIRA	0.41	0.53	0.58	0.60
PANANGA	CHIRA	0.37	0.46	0.49	0.45
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	0.42	0.47	0.57	0.62
SAPILLICA	CHIRA	0.41	0.46	0.47	0.48
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	0.23	0.28	0.31	0.29
BERNAL	PIURA	0.37	0.48	0.63	0.60
CHALACO	PIURA	0.19	0.22	0.24	0.20
CHULUCANAS	PIURA	0.46	0.54	0.60	0.63
CHUSIS	PIURA	0.40	0.52	0.65	0.64
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.19	0.22	0.24	0.20
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.10	-0.12	-0.12	-0.18
HUANCABAMBA	PIURA	-0.12	-0.12	-0.12	-0.16
HUARMACA	PIURA	0.31	0.37	0.38	0.34
MIRAFLORES	PIURA	0.49	0.60	0.68	0.69
MORROPON	PIURA	0.42	0.46	0.50	0.55
PIURA	PIURA	0.38	0.49	0.57	0.60
SAN MIGUEL	PIURA	0.45	0.54	0.62	0.63
SANTO DOMINGO	PIURA	0.44	0.46	0.45	0.46
SONDORILLO	PIURA	-0.07	-0.04	-0.02	-0.01
TABACONAS	PIURA	0.00	0.03	0.07	0.08
TULUCE	PIURA	-0.05	-0.05	-0.06	-0.18
VIRREY	PIURA	0.41	0.48	0.52	0.58

NOTA: Los valores de ATSMs a diferentes escalas se obtuvieron con medias móviles de 3, 6, 12 y 24 meses de la zona niño 3.

Tabla 36: Correlaciones entre el IPE y la ATSM con los eventos LNOS

ESTACIONES	CUENCA	IPE-3	IPE-6	IPE-12	IPE-24
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	0.57	0.61	0.65	0.67
PAPAYAL	ZARUMILLA	0.47	0.56	0.64	0.63
CABO INGA	TUMBES	0.62	0.63	0.64	0.69
EL TIGRE	TUMBES	0.46	0.53	0.58	0.65
MATAPALO	TUMBES	0.60	0.63	0.64	0.69
PUERTO PIZARRO	TUMBES	0.50	0.58	0.63	0.68
RICA PLAYA	TUMBES	0.60	0.63	0.65	0.69
ALAMOR	CHIRA	0.50	0.57	0.60	0.64
AYABACA	CHIRA	0.18	0.24	0.28	0.33
EL CIRUELO	CHIRA	0.43	0.48	0.55	0.67
HUAR HUAR	CHIRA	-0.22	-0.25	-0.28	-0.26
LA ESPERANZA	CHIRA	0.53	0.61	0.67	0.68
LANCONES	CHIRA	0.42	0.57	0.63	0.70
LAS LOMAS	CHIRA	0.51	0.56	0.62	0.65
MALLARES	CHIRA	0.46	0.56	0.65	0.72
NANGAY MATALAC	CHIRA	0.13	0.19	0.27	0.32
PACAYPAMPA	CHIRA	0.11	0.20	0.26	0.34
PAITA	CHIRA	0.41	0.53	0.58	0.63
PANANGA	CHIRA	0.39	0.51	0.56	0.58
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	0.41	0.46	0.57	0.66
SAPILLICA	CHIRA	0.38	0.43	0.46	0.49
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	0.21	0.26	0.32	0.42
BERNAL	PIURA	0.36	0.48	0.63	0.66
CHALACO	PIURA	0.19	0.25	0.30	0.35
CHULUCANAS	PIURA	0.49	0.58	0.64	0.71
CHUSIS	PIURA	0.36	0.49	0.63	0.66
HACIENDA BIGOTE	PIURA	0.19	0.25	0.30	0.35
HACIENDA SHUMAY	PIURA	-0.07	-0.07	-0.01	0.03
HUANCABAMBA	PIURA	-0.14	-0.15	-0.14	-0.11
HUARMACA	PIURA	0.27	0.35	0.43	0.48
MIRAFLORES	PIURA	0.49	0.62	0.70	0.74
MORROPON	PIURA	0.46	0.52	0.59	0.71
PIURA	PIURA	0.40	0.51	0.60	0.69
SAN MIGUEL	PIURA	0.43	0.55	0.64	0.69
SANTO DOMINGO	PIURA	0.46	0.50	0.51	0.56
SONDORILLO	PIURA	-0.12	-0.11	-0.08	0.02
TABACONAS	PIURA	-0.07	-0.08	-0.08	-0.07
TULUCE	PIURA	-0.09	-0.10	-0.09	-0.16
VIRREY	PIURA	0.41	0.50	0.55	0.67

NOTA: Los valores de ATSMs a diferentes escalas se obtuvieron con medias móviles de 3, 6, 12 y 24 meses de la zona niño 3.

Tabla 37: Análisis de quiebres en las series anuales de Precipitación

ESTACIONES	CUENCAS	Test de detección de quiebres								
		BUISHAND			PETTITT			LEE AND HEGHINIAN'S		SEGMENTOS DE HUBERT
		99%	95%	90%	99%	95%	90%	PROB.	AÑO	AL 1%
CAÑAVERAL	ZARUMILLA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1873	1981-82	1969-2005
PAPAYAL	ZARUMILLA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0878	1981-82	1969-2005
CABO INGA	TUMBES	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1548	2002-03	1969-2005
EL TIGRE	TUMBES	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0853	1981-82	1969-2005
MATAPALO	TUMBES	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0854	2003-04	1969-2005
PUERTO PIZARRO	TUMBES	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.104	1981-82	1969-2005
RICA PLAYA	TUMBES	N.C.	N.C.	N.C.	ACEP	ACEP	RECH	N.C.	N.C.	1969-2005
ALAMOR	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1031	1991-92	1969-2005
AYABACA	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0686	1996-97	1969-2005
EL CIRUELO	CHIRA	N.C.	N.C.	N.C.	ACEP	ACEP	ACEP	N.C.	N.C.	1969-2005
HUAR HUAR	CHIRA	RECH	RECH	RECH	ACEP	RECH	RECH	0.739	1974-75	1969-1975/1976-2005
LA ESPERANZA	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.4635	1970-71	1969-2005
LANCONES	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0711	1995-96	1969-2005
LAS LOMAS	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1153	1991-92	1969-2005
MALLARES	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.067	1996-97	1969-2005
NANGAY MATALAC	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1476	1996-97	1969-2005
PACAYPAMPA	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.153	1996-97	1969-2005
PAITA	CHIRA	N.C.	N.C.	N.C.	ACEP	ACEP	ACEP	N.C.	N.C.	1969-2005
PANANGA	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1574	1995-96	1969-2005
PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0724	1981-82	1969-2005
SAPILLICA	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.3476	2002-03	1969-2005
SAUSAL DE CULUCAN	CHIRA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1217	1997-98	1969-2005
BERNAL	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0903	1969-1970	1969-2005
CHALACO	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1578	1996-97	1969-2005
CHULUCANAS	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.2499	1969-70	1969-2005
CHUSIS	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0855	2002-03	1969-2005
HACIENDA BIGOTE	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1028	1990-91	1969-2005
HACIENDA SHUMAY	PIURA	ACEP	ACEP	RECH	ACEP	ACEP	RECH	0.6471	1996-97	1969-1997/1998-2001/2002-2005
HUANCABAMBA	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.1683	1970-71	1969-2005
HUARMACA	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0598	2002-03	1969-2005
MIRAFLORES	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0579	2003-04	1969-2005
MORROPON	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.2971	1969-1970	1969-2005
PIURA	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0881	1969-70	1969-2005
SAN MIGUEL	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0771	1969-70	1969-2005
SANTO DOMINGO	PIURA	ACEP	ACEP	RECH	ACEP	ACEP	RECH	0.243	1990-91	1969-1991/1992-2000/2001-2005
SONDORILLO	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.4046	1970-71	1969-1971/1972-2005
TABACONAS	PIURA	ACEP	ACEP	RECH	ACEP	ACEP	ACEP	0.4944	1971-72	1969-1972/1973-2005
TULUCE	PIURA	RECH	RECH	RECH	ACEP	RECH	RECH	0.5133	1976-77	1969-1977/1978-2005
VIRREY	PIURA	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	ACEP	0.0787	1969-70	1969-2005

ACEP ACEPTADO

RECHA RECHAZADO

N.C. NO CALCULADO

Tabla 39: Valores del IQN para el trimestre EFM. Eventos ENOS

RIO	ESTACION	IQN EFM					
		72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03
TUMBES clasificación	EL TIGRE	3 exceso extremo	3 exceso extremo	-2 déficit intenso	0 normal	3 exceso extremo	-2 déficit intenso
CHIRA clasificación	PUENTE INTERNACIONAL	3 exceso extremo	3 exceso extremo	-2 déficit intenso	-2 déficit intenso	2 exceso intenso	-1 déficit moderado

Tabla 40: Valores del IQN Anual. Eventos ENOS

RIO	ESTACION	IQN ANUAL					
		72/73	82/83	86/87	91/92	97/98	02/03
TUMBES clasificación	EL TIGRE	3 exceso extremo	3 exceso extremo	-1 déficit moderado	0 normal	3 exceso extremo	-2 déficit intenso
CHIRA clasificación	PUENTE INTERNACIONAL	3 exceso extremo	3 exceso extremo	-1 déficit moderado	-1 déficit moderado	3 exceso extremo	0 normal

Tabla 41: Valores del IQN EFM. Eventos LNOS

RIO	ESTACION	IQN EFM				
		70/71	73/74	75/76	88/89	98/99
TUMBES clasificación	EL TIGRE	-1 Déficit moderado	-1 déficit moderado	0 normal	3 exceso extremo	1 exceso moderado
CHIRA clasificación	PUENTE INTERNACIONAL	0 normal	3 exceso extremo	0 normal	2 exceso intenso	3 exceso extremo

Tabla 42: Valores del IQN Anual. Eventos LNOS

RIO	ESTACION	IQN ANUAL				
		70/71	73/74	75/76	88/89	98/99
TUMBES clasificación	EL TIGRE	0 normal	-1 déficit moderado	0 normal	1 exceso moderado	0 normal
CHIRA clasificación	PUENTE INTERNACIONAL	-1 déficit moderado	3 exceso extremo	1 exceso moderado	0 normal	3 exceso extremo

Tabla 43: Valores IQE del río Tumbes. Eventos ENOS

ESTACION : EL TIGRE		RIO TUMBES			Clasificación
Año Hidrológico	IQE - 3 meses	IQE - 6 meses	IQE - 12 meses	IQE - 24 meses	
72-73	0.4	0.7	0.8	0.4	Normal
82-83	2.3	2.0	1.2	0.5	Muy Humedo
86-87	-0.4	-0.6	-0.8	-1.2	Normal
91-92	0.0	-0.2	-0.5	-1.0	Normal
97-98	1.1	1.9	2.2	1.9	Muy Humedo
02-03	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	Normal

Tabla 44: Valores IQE del río Tumbes. Eventos LNOS

ESTACION : EL TIGRE		RIO TUMBES			Clasificación
Año Hidrológico	IQE - 3 meses	IQE - 6 meses	IQE - 12 meses	IQE - 24 meses	
70-71	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	Normal
73-74	-0.3	-0.2	0.4	0.7	Normal
75-76	0.4	0.4	0.7	0.5	Normal
88-89	0.2	0.2	-0.1	-0.5	Normal
98-99	0.3	0.3	1.0	1.9	Normal

Tabla 45: Valores IQE del río Chira. Eventos ENOS

ESTACION : PUENTE INTERNACIONAL		RIO CHIRA			Clasificación
Año Hidrológico	IQE - 3 meses	IQE - 6 meses	IQE - 12 meses	IQE - 24 meses	
72-73	1.3	1.2	1.2	0.8	Moderadamente Humedo
82-83	1.1	0.9	0.2	-0.5	Normal
86-87	-0.4	-0.6	-0.8	-1.2	Normal
91-92	-0.6	-0.7	-0.6	-0.8	Normal
97-98	0.6	0.4	-0.1	-0.6	Normal
02-03	0.3	0.3	0.4	0.5	Normal

Tabla 46: Valores IQE del río Chira. Eventos LNOS

ESTACION : PUENTE INTERNACIONAL		RIO CHIRA			Clasificación
Año Hidrológico	IQE - 3 meses	IQE - 6 meses	IQE - 12 meses	IQE - 24 meses	
70-71	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	Normal
73-74	1.5	1.5	1.4	1.4	Moderadamente Humedo
75-76	0.9	1.1	1.4	1.8	Moderadamente Humedo
88-89	0.0	0.0	-0.3	-0.6	Normal
98-99	0.8	1.1	1.4	0.9	Moderadamente Humedo

Tabla 47: Valores IQE para meses ENOS Río Tumbes

EVENTOS ENOS	IQE - 3 MESES			IQE - 6 MESES			IQE - 12 MESES			IQE - 24 MESES		
	max	Min	Prom	max	min	prom	max	min	prom	max	min	prom
1972 - 73	1.58	-0.60	0.44	1.44	-0.58	0.65	1.20	0.25	0.77	0.84	-0.08	0.41
1982 - 83	3.66	-0.41	2.35	3.38	-0.82	2.00	2.81	-0.94	1.24	1.62	-0.95	0.47
1986 - 87	0.60	-1.13	-0.35	-0.15	-1.11	-0.61	-0.53	-1.18	-0.79	-0.85	-1.47	-1.18
1991 - 92	1.28	-1.01	-0.03	0.98	-1.13	-0.19	0.42	-1.11	-0.45	-0.35	-1.59	-1.04
1997 - 98	3.04	-0.75	1.10	2.99	0.41	1.85	2.70	1.97	2.18	2.46	1.04	1.89
2002-03	-0.12	-0.95	-0.59	0.68	-1.03	-0.57	0.19	-0.96	-0.34	-0.14	-0.53	-0.33

Tabla 48: Valores IQE para meses LNOS Río Tumbes

EVENTOS LNOS	IQE - 3 MESES			IQE - 6 MESES			IQE - 12 MESES			IQE - 24 MESES		
	max	Min	prom	max	min	prom	max	min	prom	max	min	prom
1970-71	0.38	-1.48	-0.56	0.19	-1.14	-0.41	-0.18	-1.12	-0.49	-0.62	-0.70	-0.65
1973-74	0.15	-0.72	-0.32	0.86	-0.58	-0.25	1.24	-0.55	0.35	0.89	0.44	0.66
1975-76	0.98	-0.61	0.38	1.12	-0.25	0.42	1.13	0.37	0.75	0.79	0.28	0.51
1988-89	1.37	-0.89	0.18	1.18	-1.41	0.25	0.81	-1.21	-0.13	0.04	-1.12	-0.51
1998-99	0.96	-0.61	0.34	1.20	-0.61	0.26	2.01	0.19	0.96	2.40	1.48	1.89

Tabla 49: Valores IQE para meses ENOS Río Chira

EVENTOS ENOS	IQE - 3 MESES			IQE - 6 MESES			IQE - 12 MESES			IQE - 24 MESES		
	max	Min	prom	max	min	prom	max	min	prom	max	min	prom
1972 - 73	1.39	1.13	1.257	1.39	0.97	1.239	1.3	0.94	1.162	1.22	0.41	0.814
1982 - 83	2.82	-1.15	1.077	2.09	-1.29	0.864	1.53	-1.42	0.176	0.42	-1.52	-0.544
1986 - 87	-0.06	-0.76	-0.438	-0.41	-0.87	-0.638	-0.58	-0.89	-0.756	-0.9	-1.29	-1.153
1991 - 92	0.21	-1.19	-0.588	-0.31	-1.22	-0.662	-0.41	-0.89	-0.607	-0.68	-0.84	-0.752
1997 - 98	2.12	-1.52	0.612	1.79	-1.43	0.373	1.47	-1.43	-0.081	0.37	-1.37	-0.623
2002-03	1.27	-0.37	0.263	0.99	-0.27	0.276	0.74	-0.12	0.381	0.7	0.27	0.515

Tabla 50: Valores IQE para meses LNOS Río Chira

EVENTOS LNOS	IQE - 3 MESES			IQE - 6 MESES			IQE - 12 MESES			IQE - 24 MESES		
	max	Min	prom	max	min	prom	max	min	prom	max	min	prom
1970-71	-0.05	-1.38	-0.419	-0.09	-1.37	-0.478	-0.14	-1.11	-0.589	-0.71	-0.81	-0.76
1973-74	1.65	1.35	1.497	1.7	1.25	1.488	1.54	1.3	1.434	1.56	1.23	1.42
1975-76	2.4	-0.25	0.917	2.24	0.33	1.068	2.08	0.56	1.444	2.03	1.56	1.834
1988-89	0.93	-1.08	0.018	0.76	-1.15	-0.038	0.45	-1	-0.311	-0.26	-0.99	-0.628
1998-99	1.62	-0.04	0.817	1.89	0.13	1.088	1.87	1.15	1.399	1.46	0.39	0.941

Tabla 51: Correlaciones entre IQE y la ATSM con toda la serie histórica

RIO	ESTACION	Valor del coeficiente de correlación entre IQE - ATSM			
		3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
Tumbes	El Tigre	0.32	0.35	0.36	0.33
Chira	El Ciruelo	0.08	0.07	0.04	-0.08

Tabla 52: Correlaciones entre IQE y la ATSM con los eventos ENOS

RIO	ESTACION	Valor del coeficiente de correlación entre IQE - ATSM			
		3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
Tumbes	El Tigre	0.33	0.37	0.39	0.37
Chira	El Ciruelo	0.07	0.06	0.03	-0.09

Tabla 53: Correlaciones entre IQE y la ATSM con los eventos LNOS

RIO	ESTACION	Valor del coeficiente de correlación entre IQE - ATSM			
		3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
Tumbes	El Tigre	0.37	0.41	0.44	0.43
Chira	El Ciruelo	0.11	0.11	0.11	0.02

# **ANEXO 2**

## **FIGURAS DE VALORES DE IPN TRIMESTRAL Y ANUAL POR ESTACION**

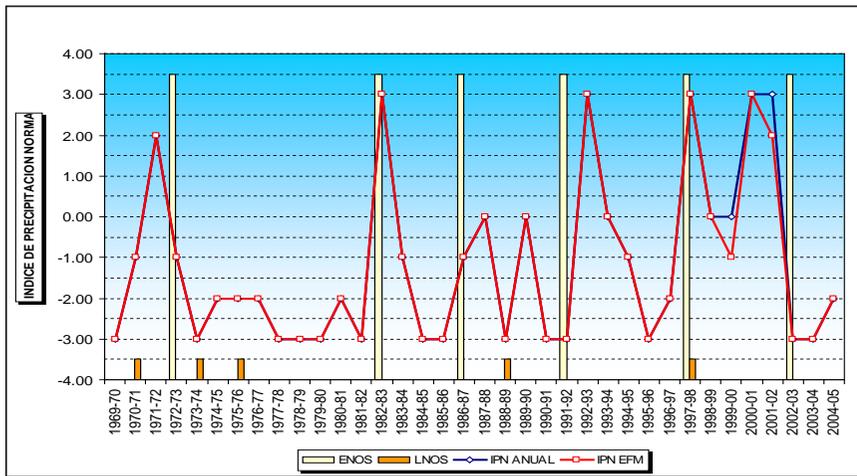


Figura 24 IPN para la estación Alamor

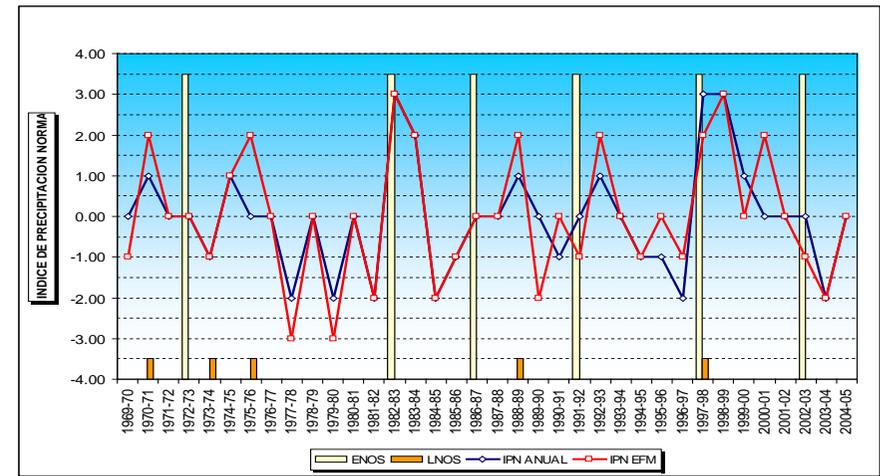


Figura 25 IPN para la estación Ayabaca

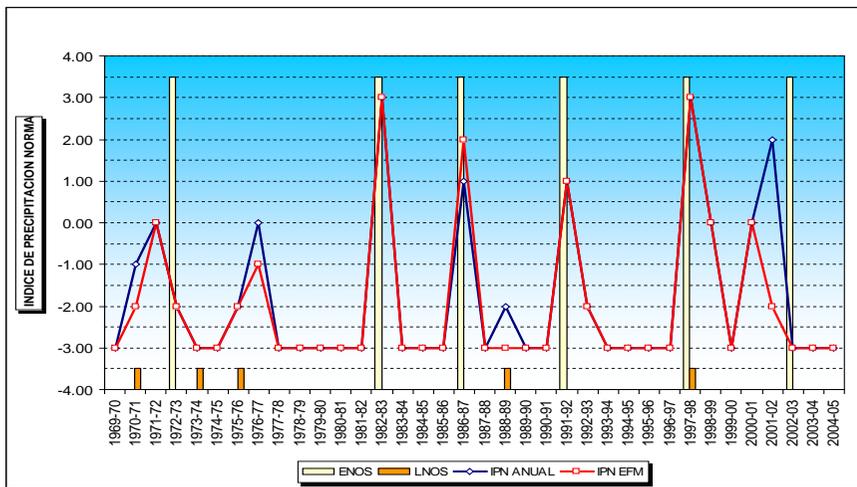


Figura 26 IPN para la estación Bernal

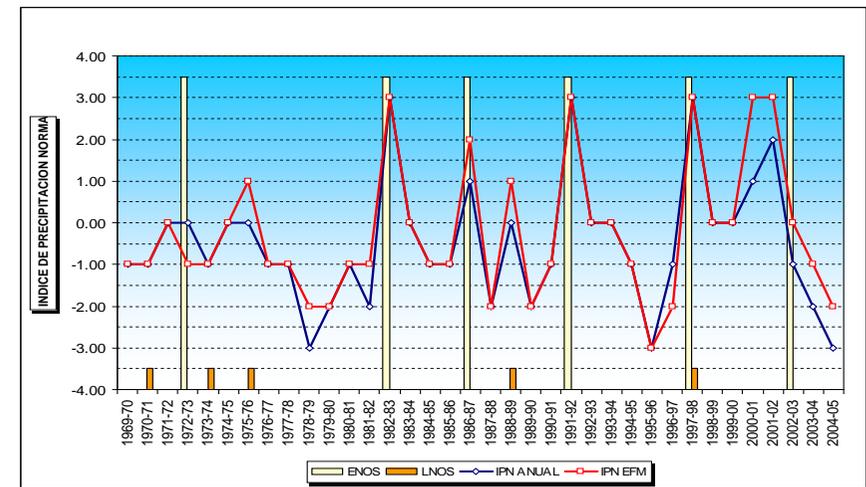


Figura 27 IPN para la estación Cabo Inga

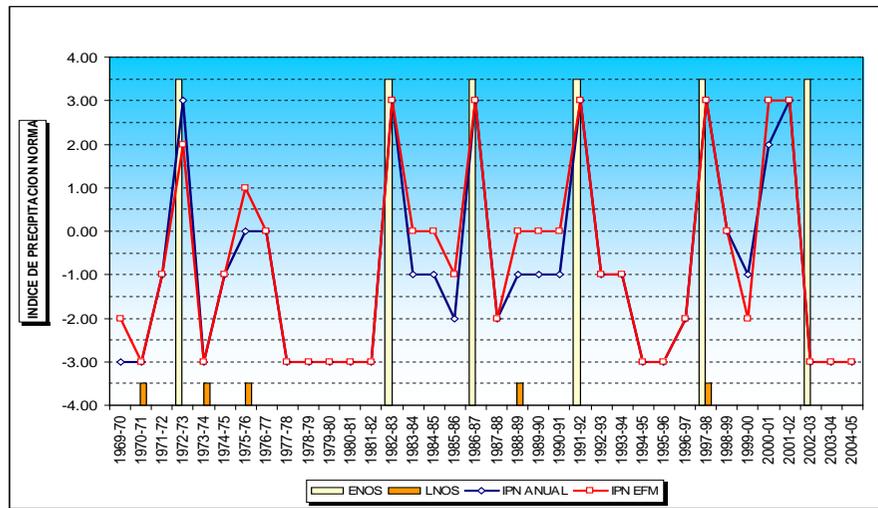


Figura 28 IPN para la estación Cañaverál

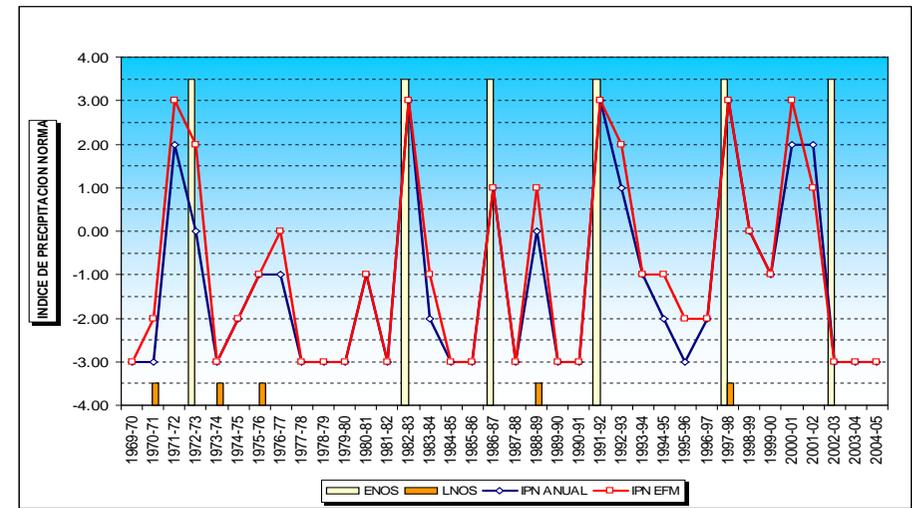


Figura 29 IPN para la estación Chulucanas

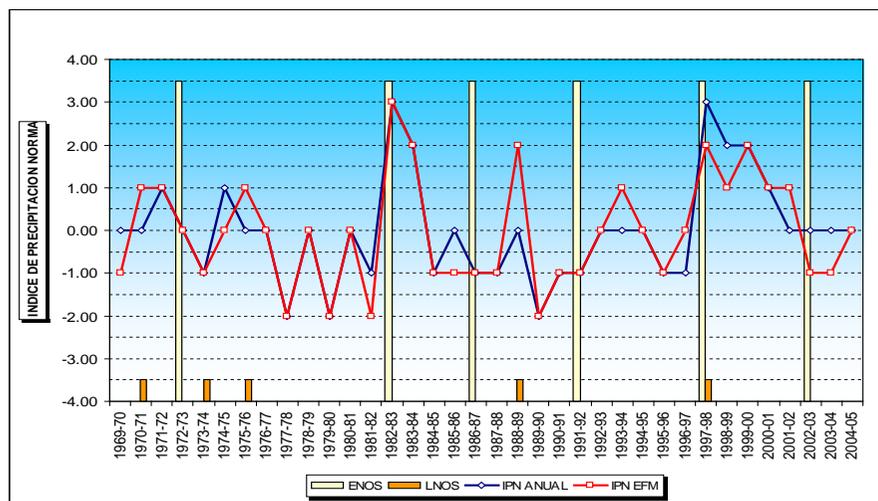


Figura 30 IPN para la estación Chalaco

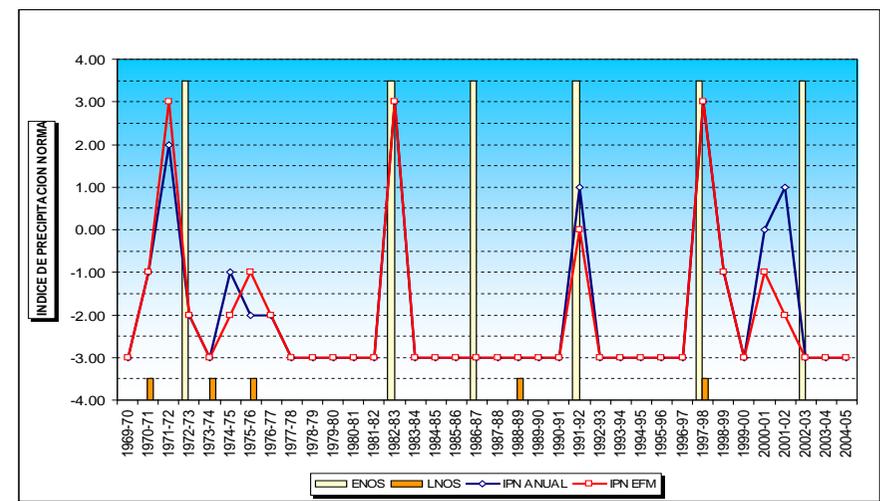


Figura 31 IPN para la estación Chusis

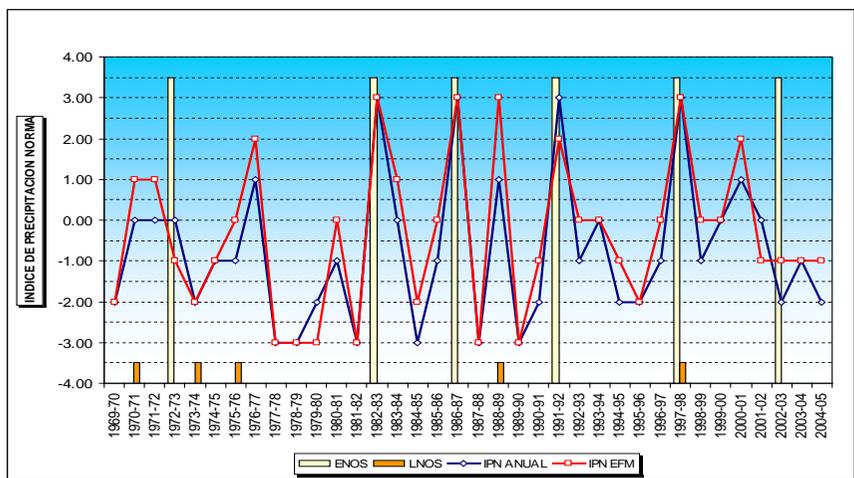


Figura 32 IPN para la estación El Ciruelo

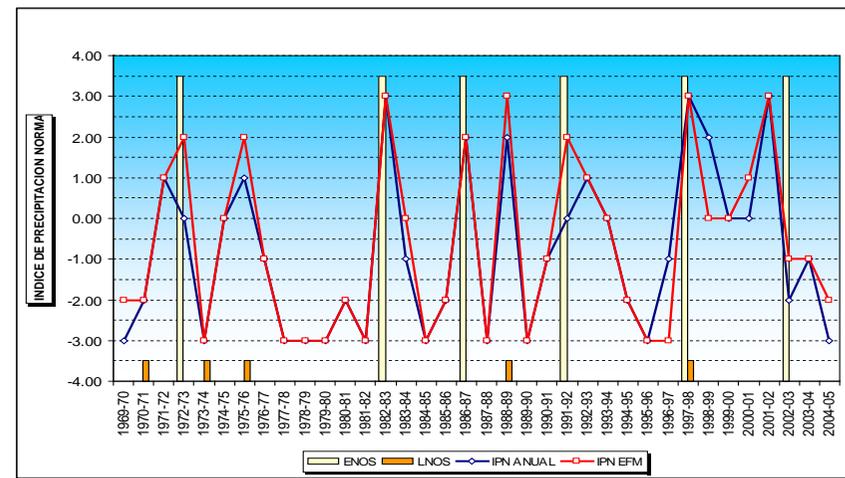


Figura 33 IPN para la estación El Tigre

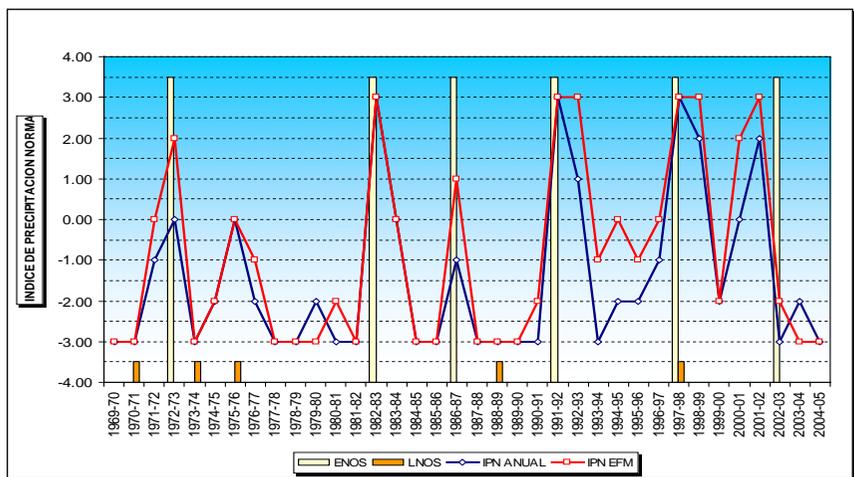


Figura 34 IPN para la estación El Salto

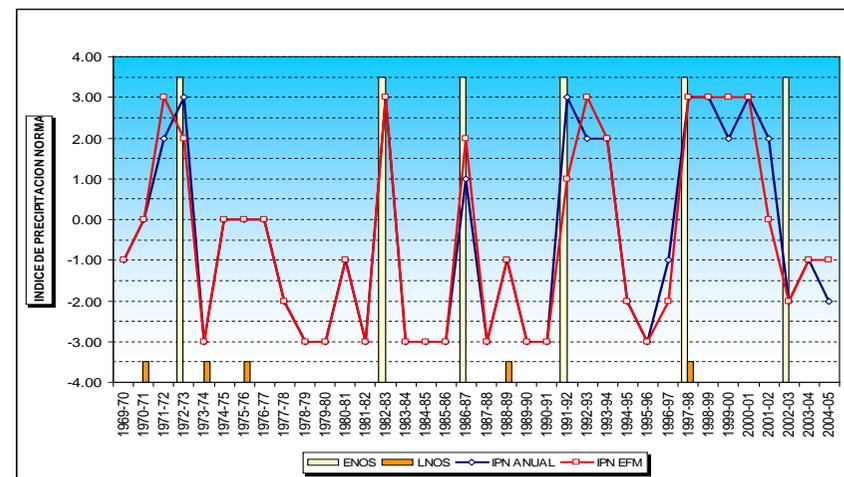


Figura 35 IPN para la estación Hacienda Bigote

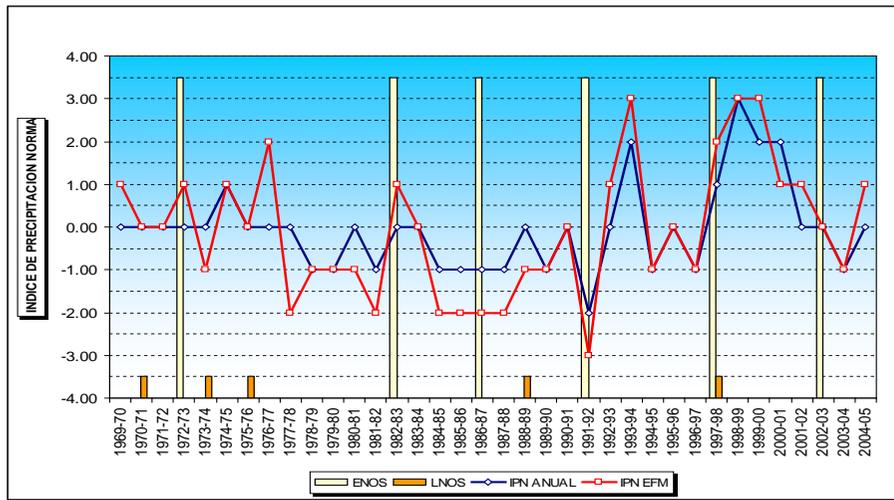


Figura 36 IPN para la estación Hacienda Shumay

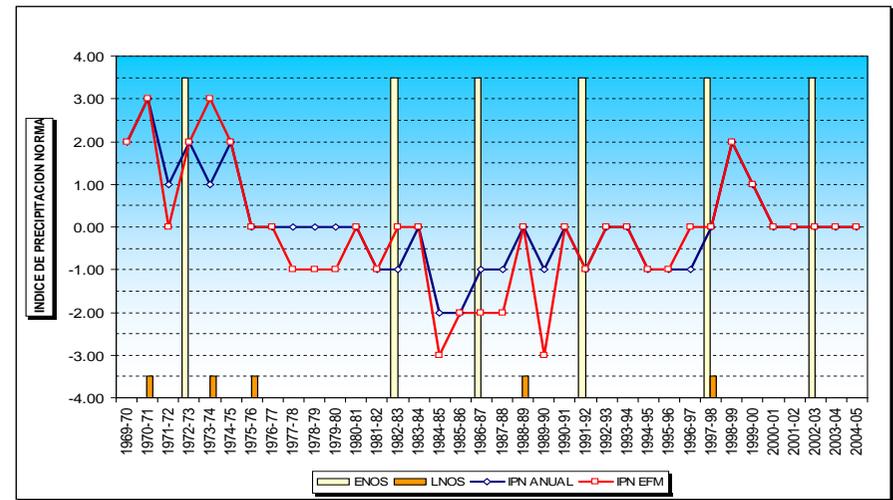


Figura 37 IPN para la estación Huarhuar

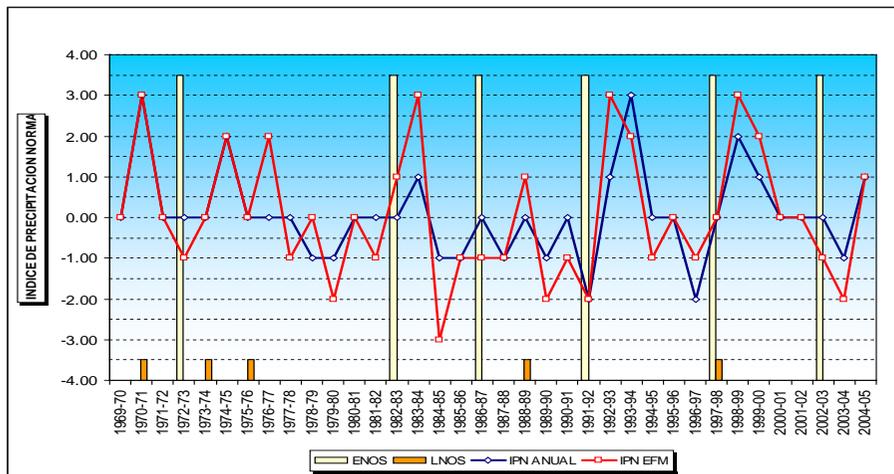


Figura 38 IPN para la estación Huancabamba

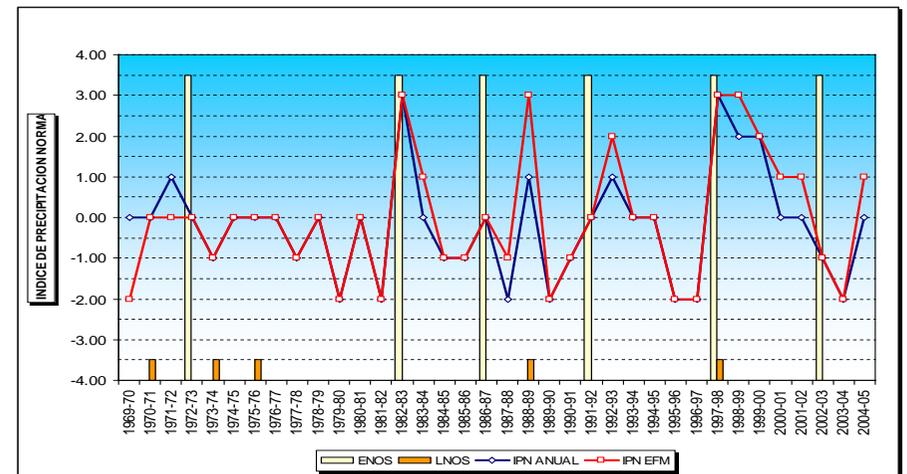


Figura 39 IPN para la estación Huarmaca

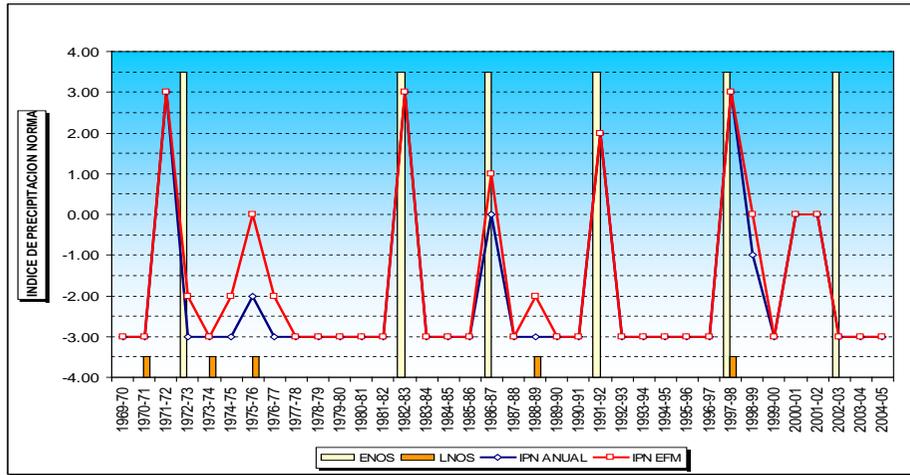


Figura 40 IPN para la estación La Esperanza

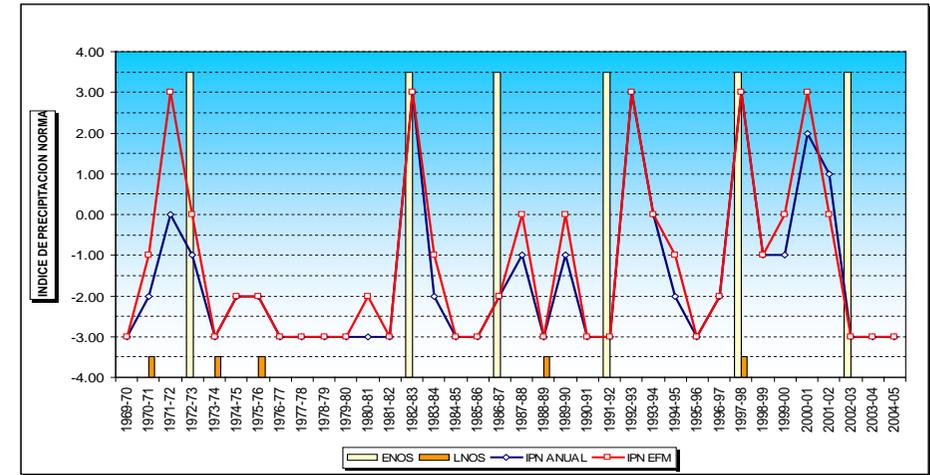


Figura 41 IPN para la estación Las Lomas

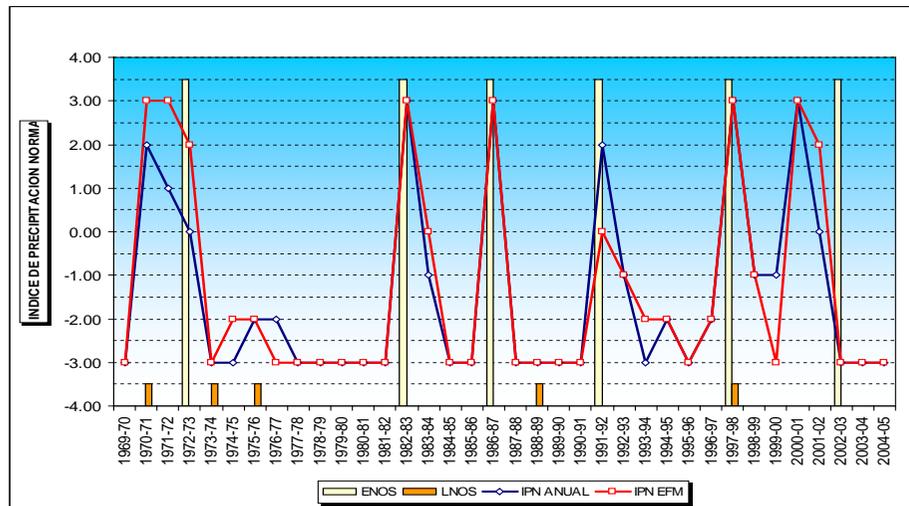


Figura 42 IPN para la estación Lancones

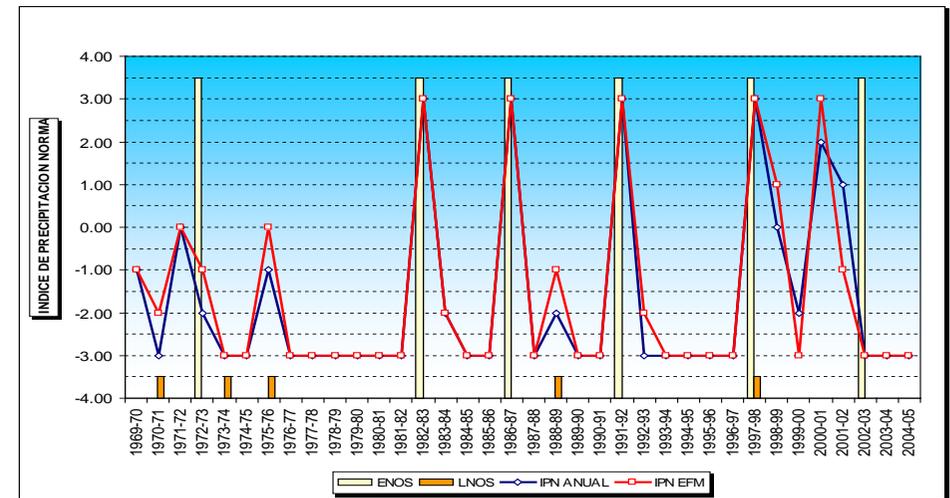


Figura 43 IPN para la estación Mallares

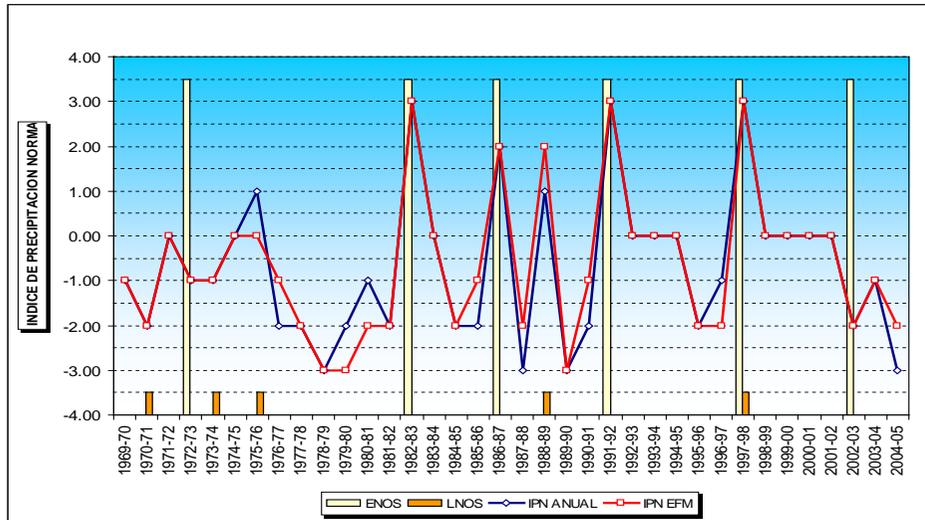


Figura 44 IPN para la estación Matapalo

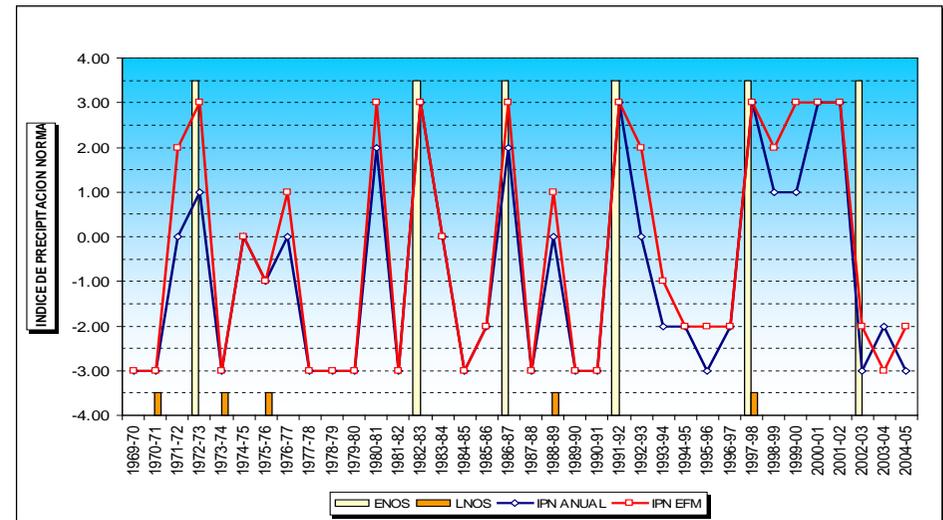


Figura 45 IPN para la estación Morropón

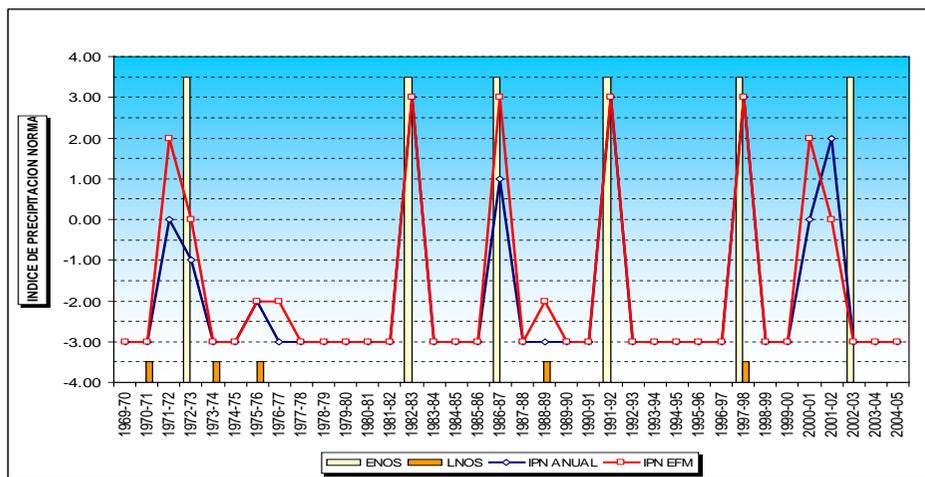


Figura 46 IPN para la estación Miraflores

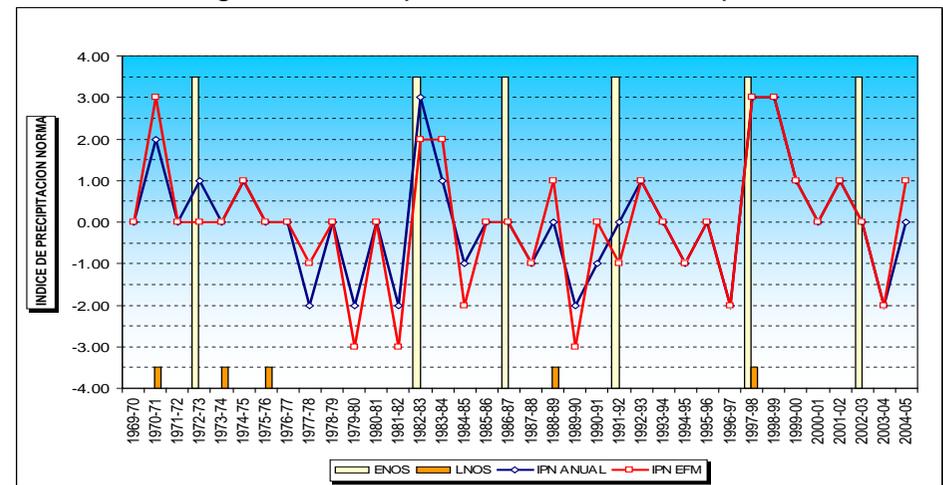


Figura 47 IPN para la estación Nangay Matalac

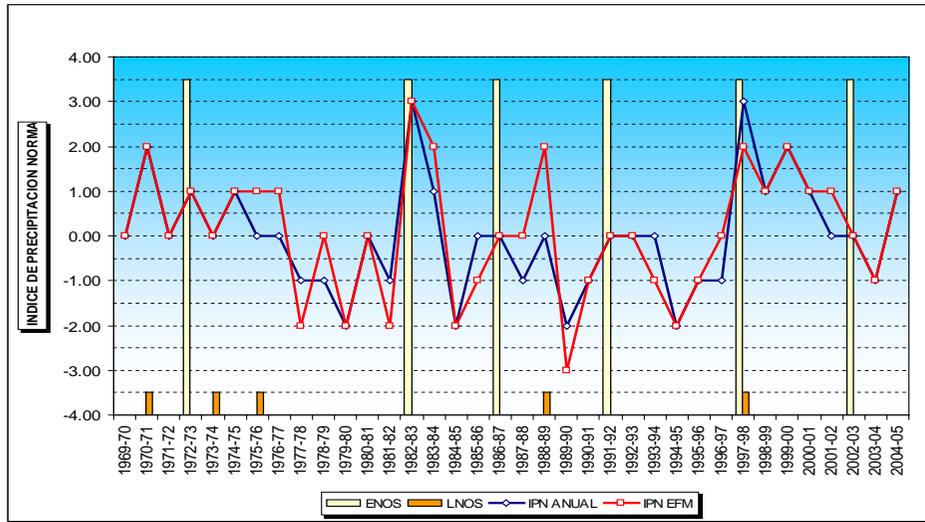


Figura 48 IPN para la estación Pacaipampa

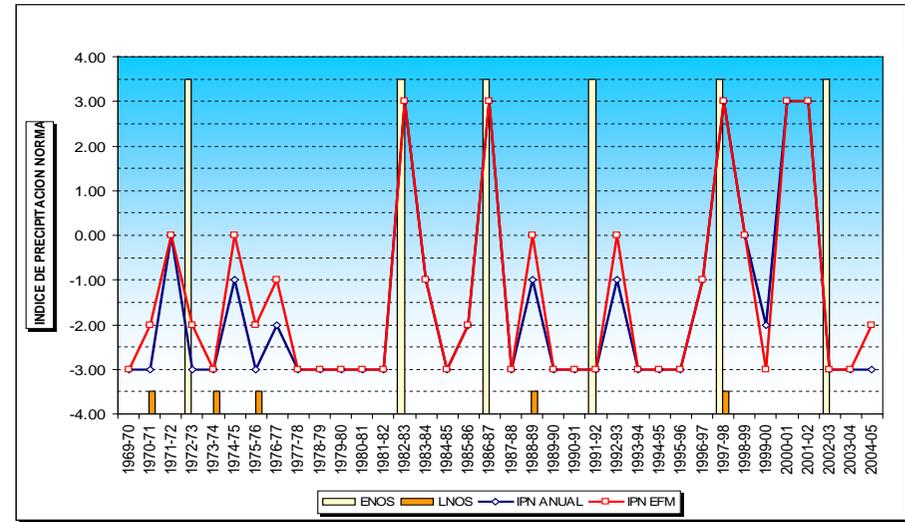


Figura 49 IPN para la estación Pananga

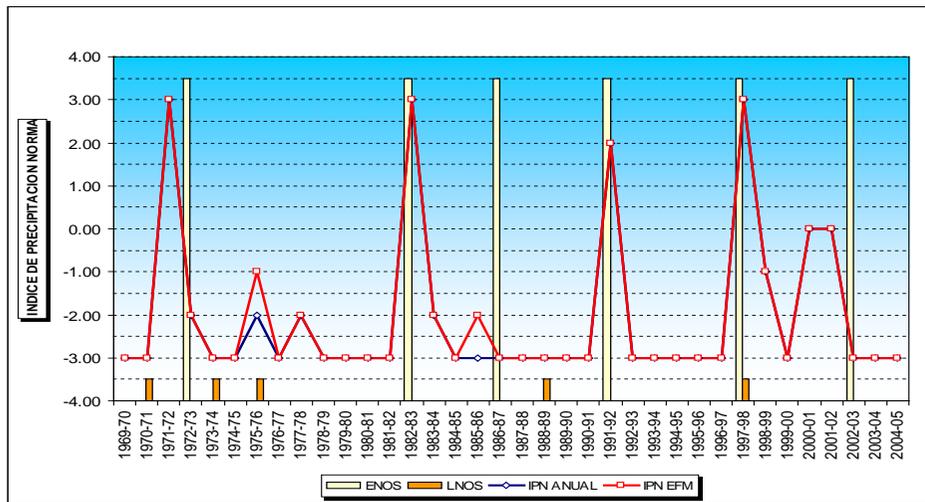


Figura 50 IPN para la estación Paíta

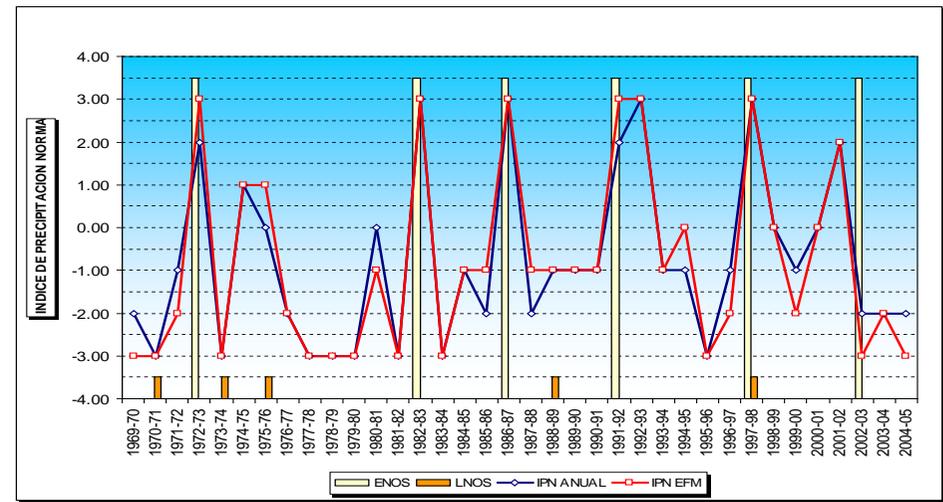


Figura 51 IPN para la estación Papayal

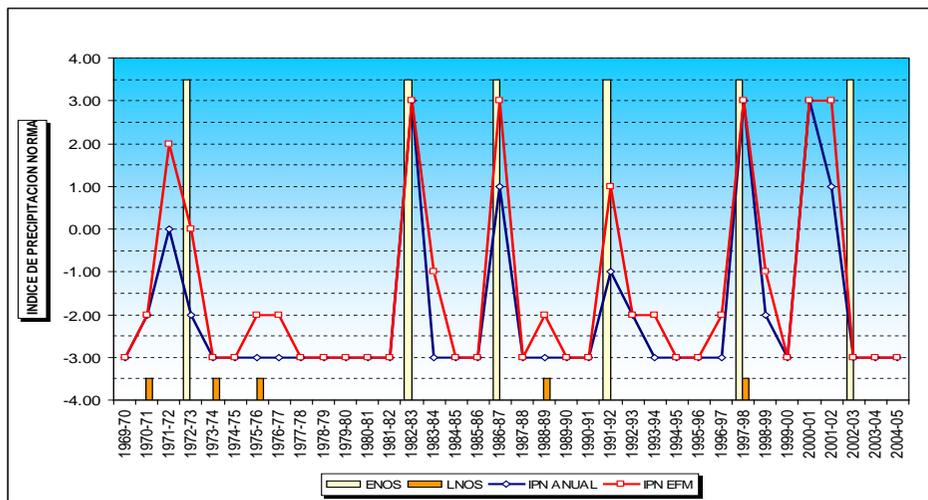


Figura 52 IPN para la estación Piura

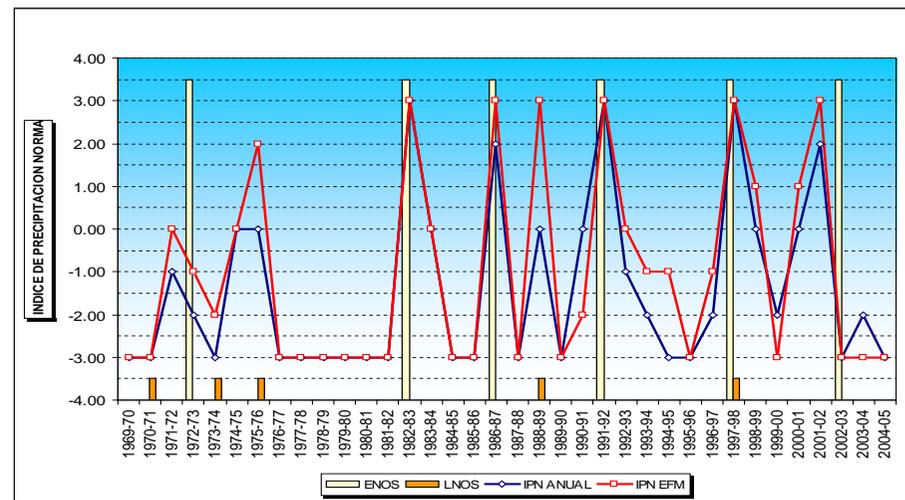


Figura 53 IPN para la estación Puerto Pizarro

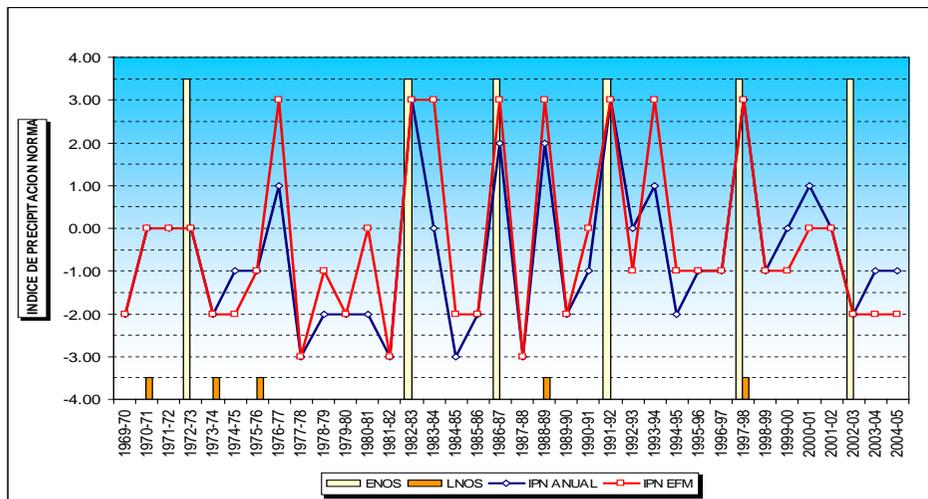


Figura 54 IPN para la estación Puente Internacional

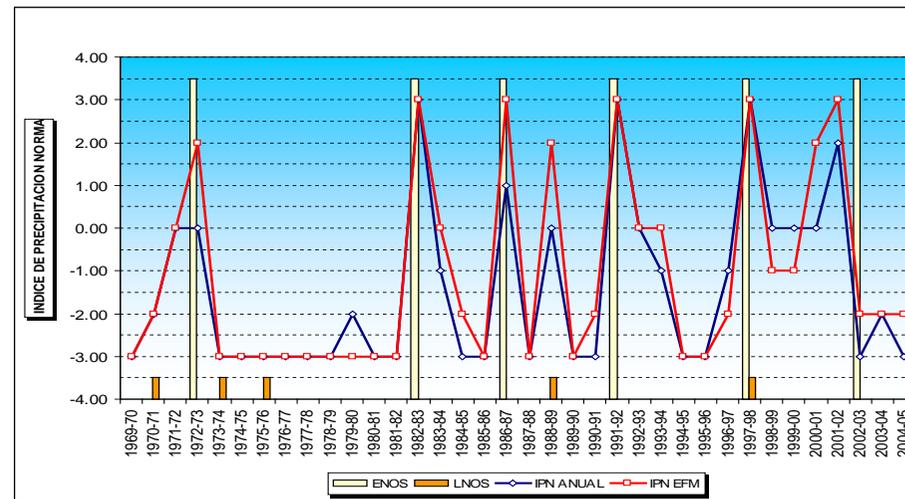


Figura 55 IPN para la estación Rica Playa

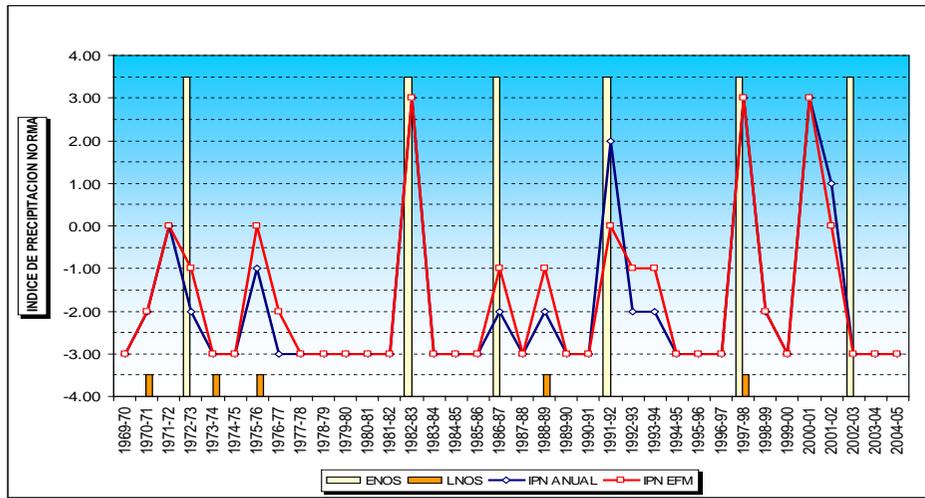


Figura 56 IPN para la estación San Miguel

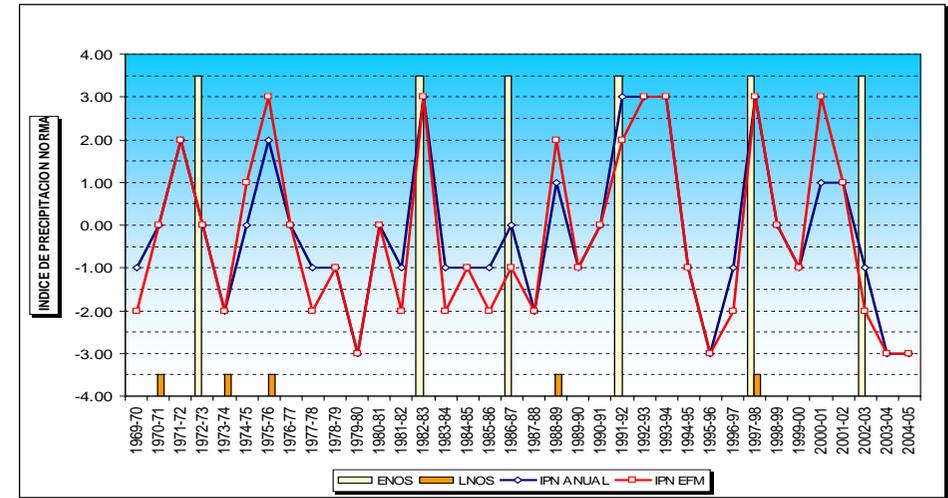


Figura 57 IPN para la estación Sapillica

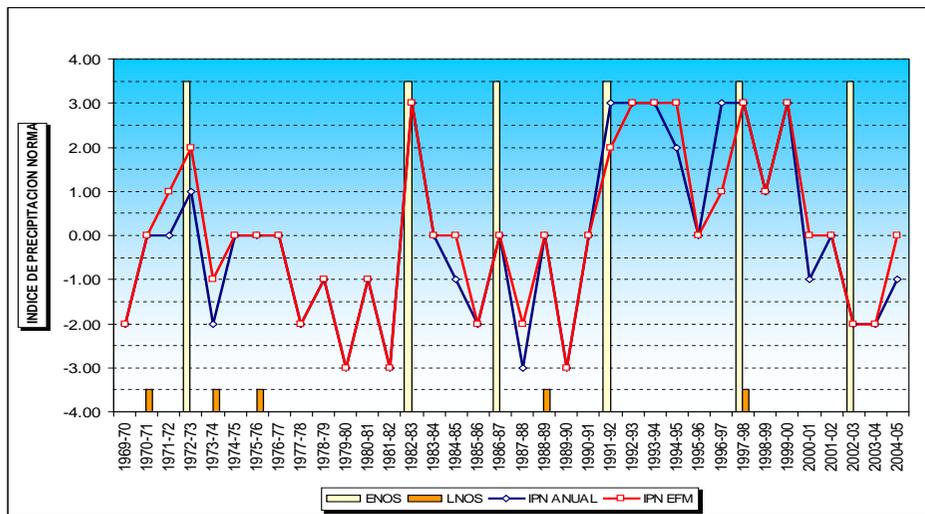


Figura 58 IPN para la estación Santo Domingo

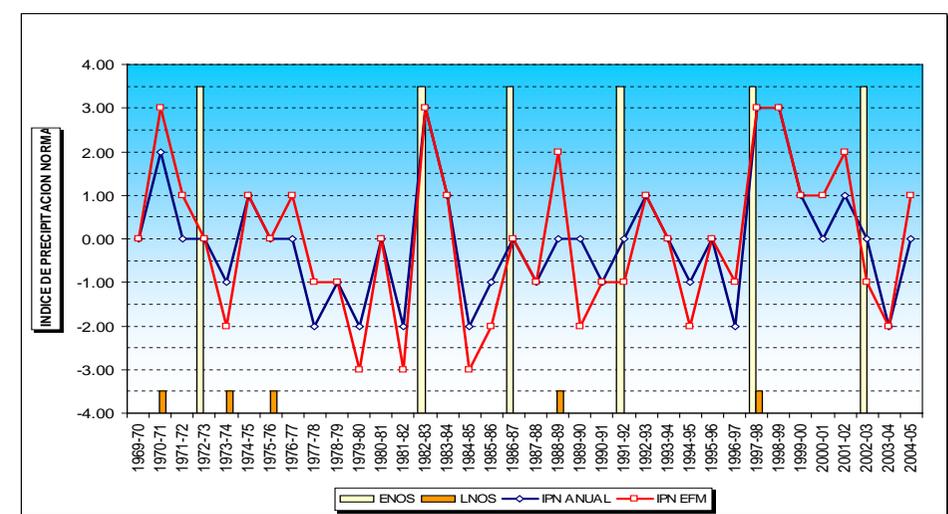


Figura 59 IPN para la estación Sausal de Culucan

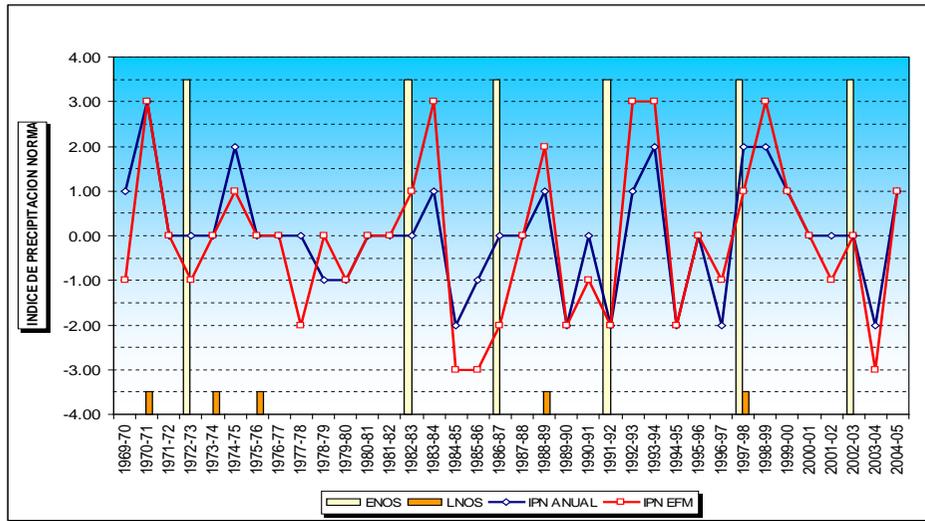


Figura 60 IPN para la estación Sondorillo

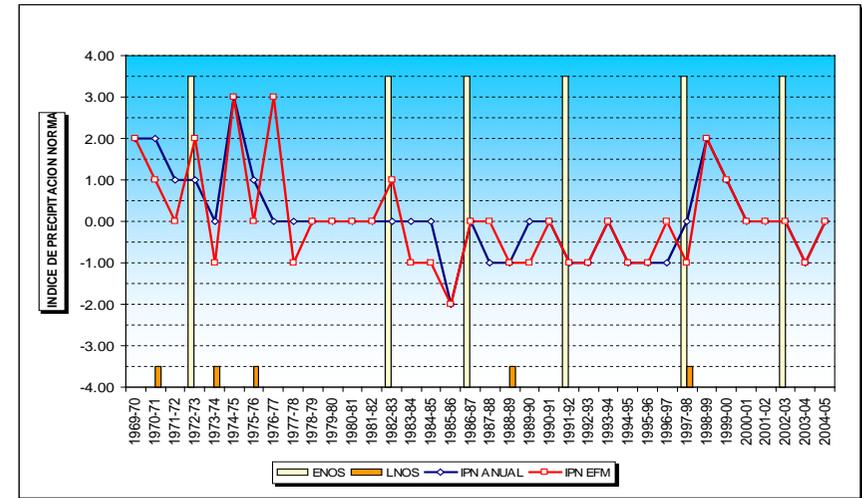


Figura 61 IPN para la estación Tuluce

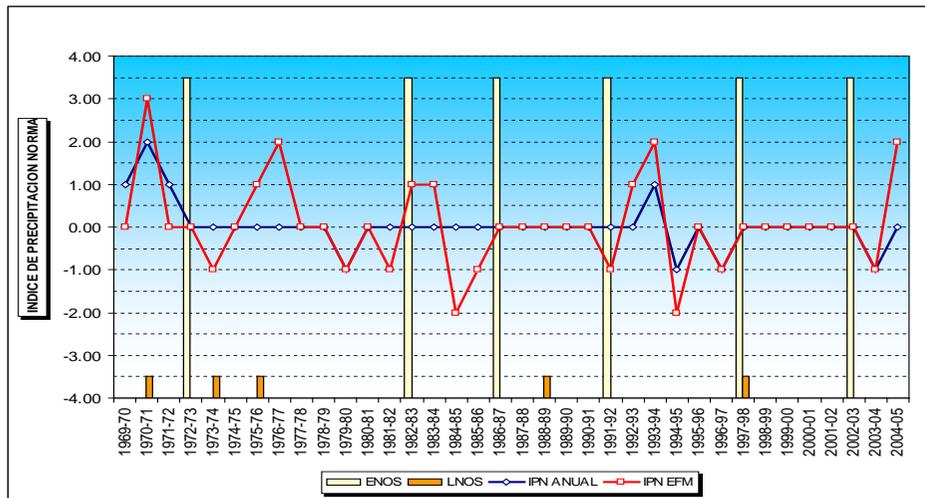


Figura 62 IPN para la estación Tabaconas

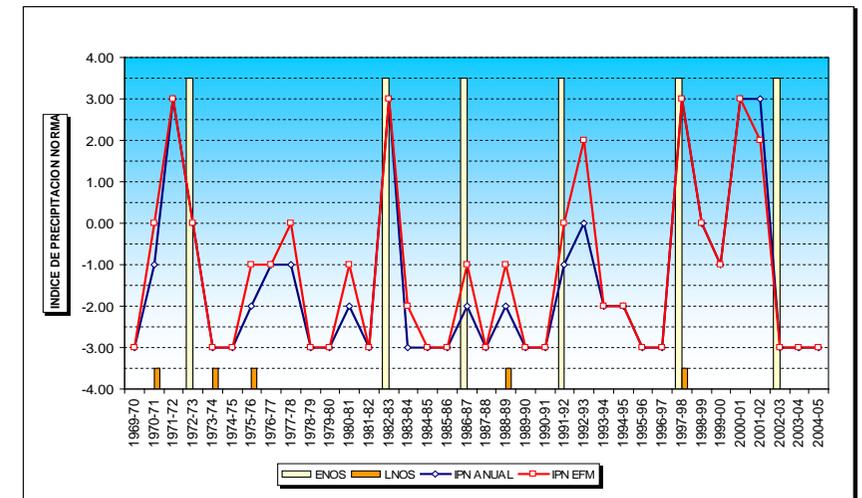


Figura 63 IPN para la estación Virrey

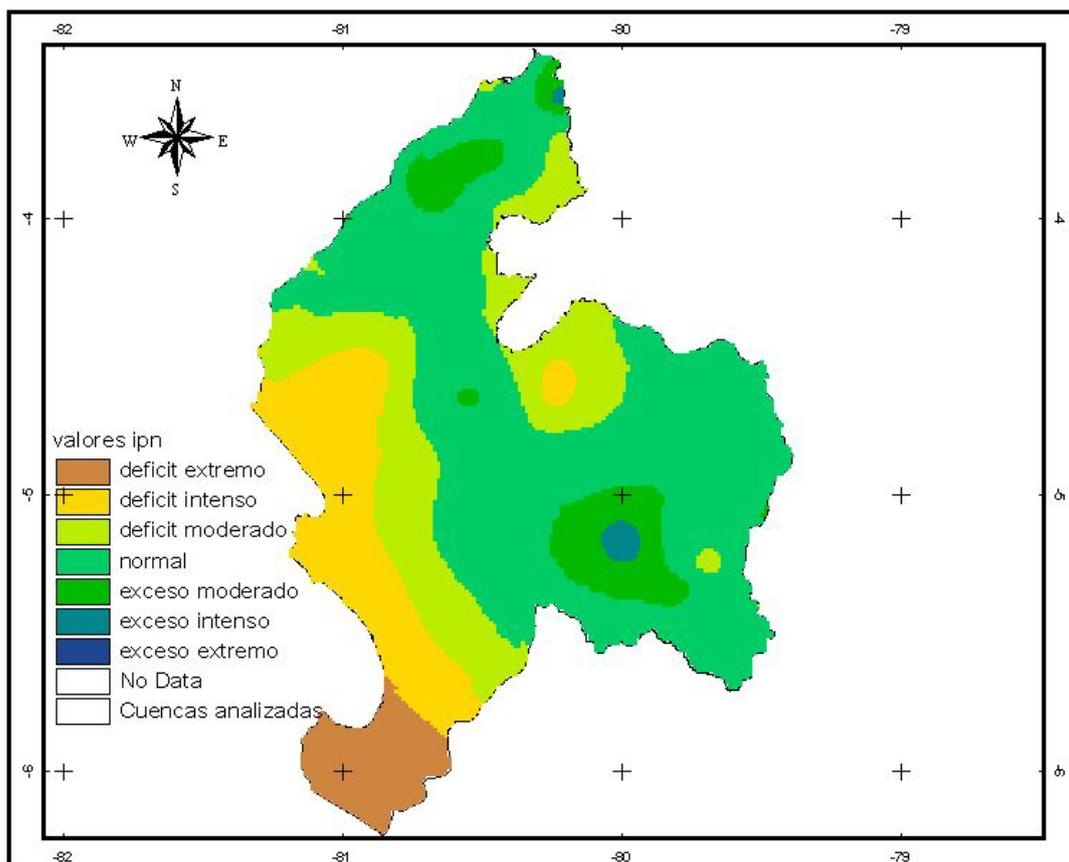


Figura 64 Valores del IPN (EFM) para el evento ENOS 72-73

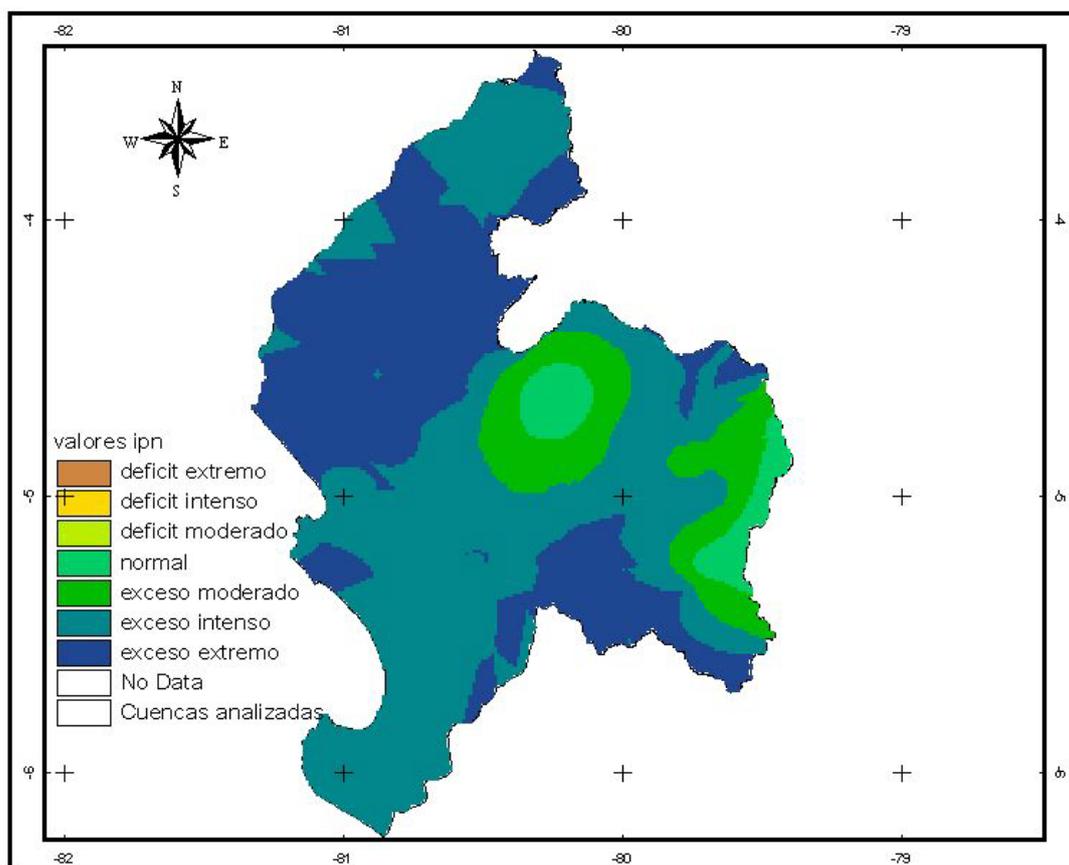


Figura 65 Valores del IPN (EFM) para el evento ENOS 82-83

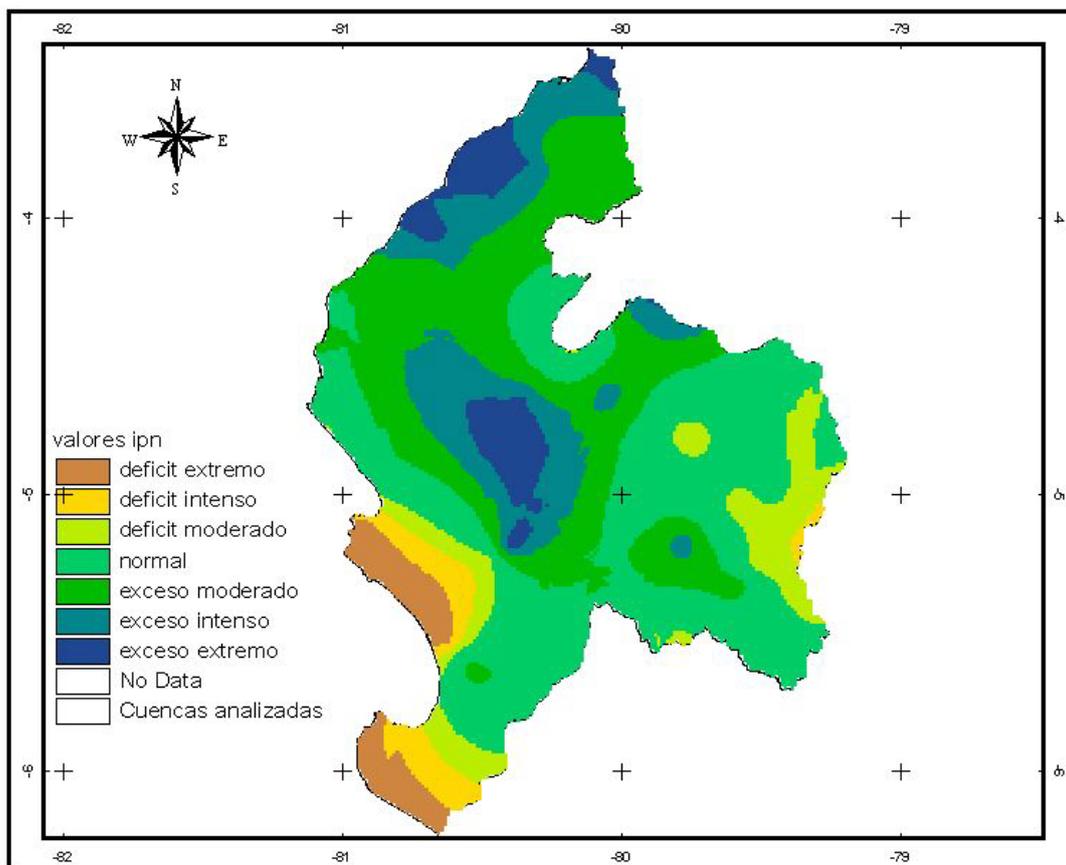


Figura 66 Valores del IPN (EFM) para el evento ENOS 86-87

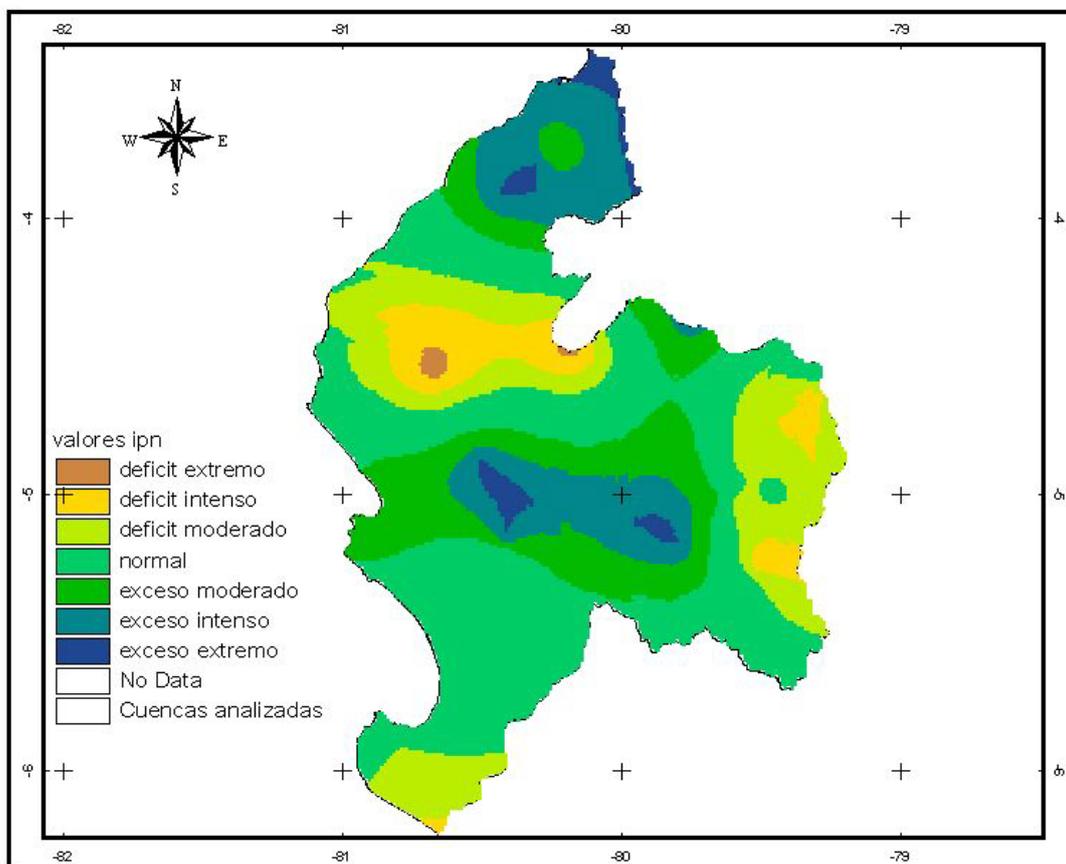


Figura 67 Valores del IPN (EFM) para el evento ENOS 91-92

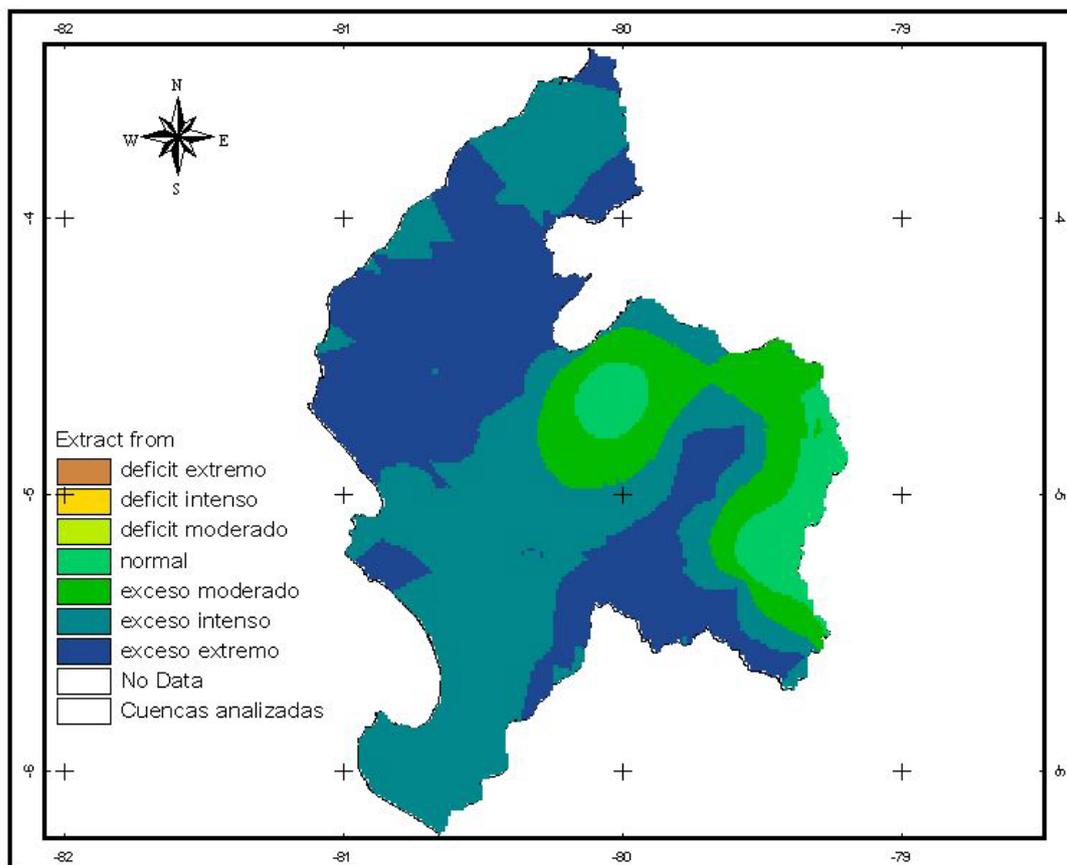


Figura 68 Valores del IPN (EFM) para el evento ENOS 97-98

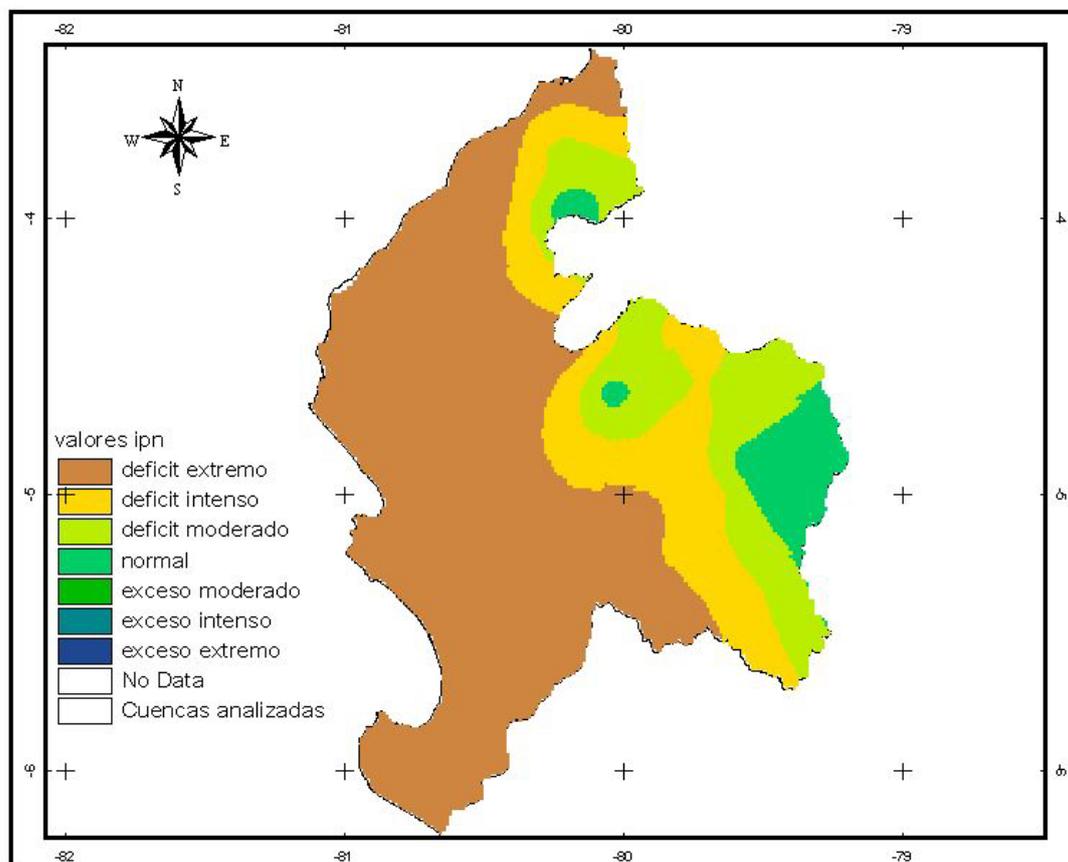


Figura 69 Valores del IPN (EFM) para el evento ENOS 02-03

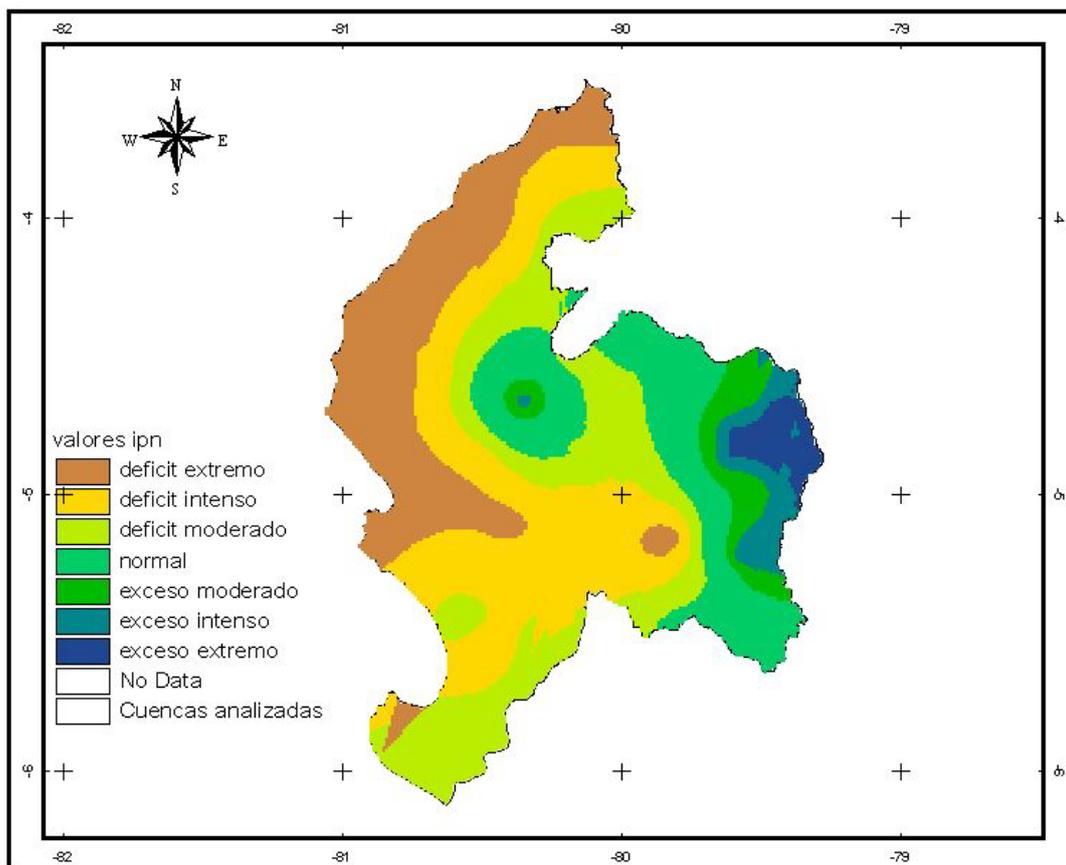


Figura 70 Valores del IPN (EFM) para el evento LNOS 70-71

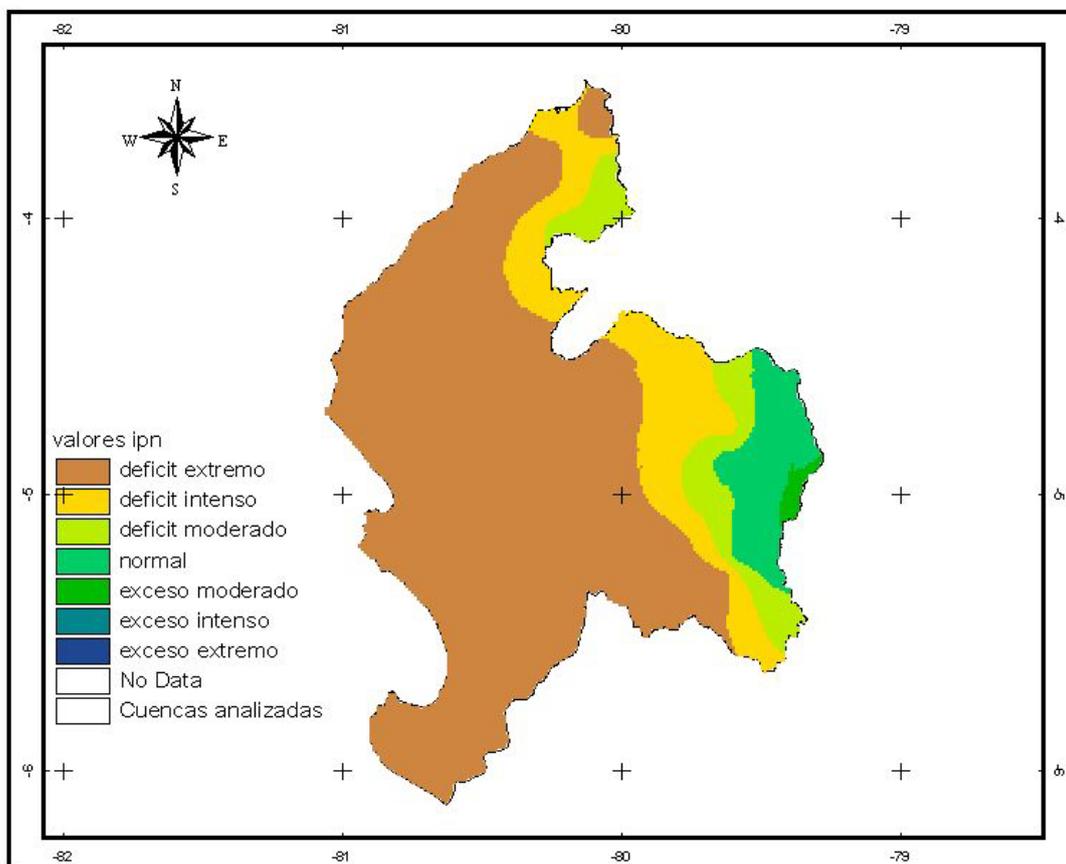


Figura 71 Valores del IPN (EFM) para el evento LNOS 73-74

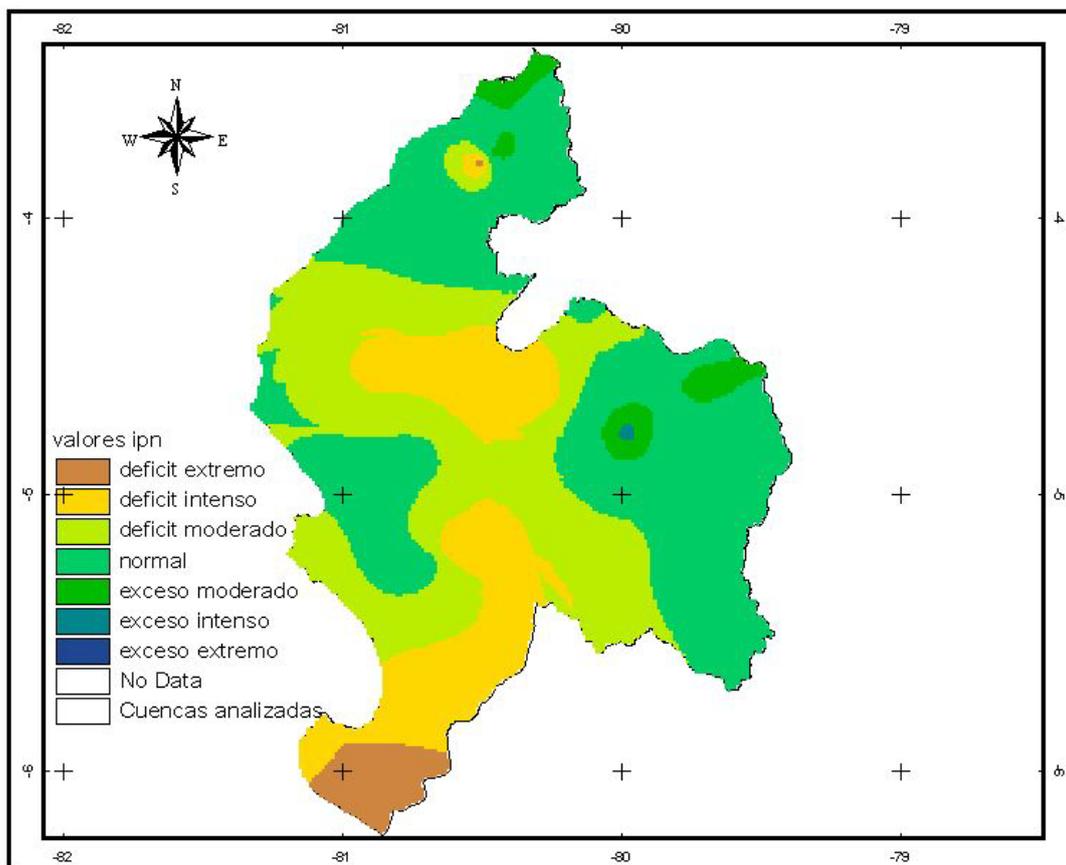


Figura 72 Valores del IPN (EFM) para el evento LNOS 75-76

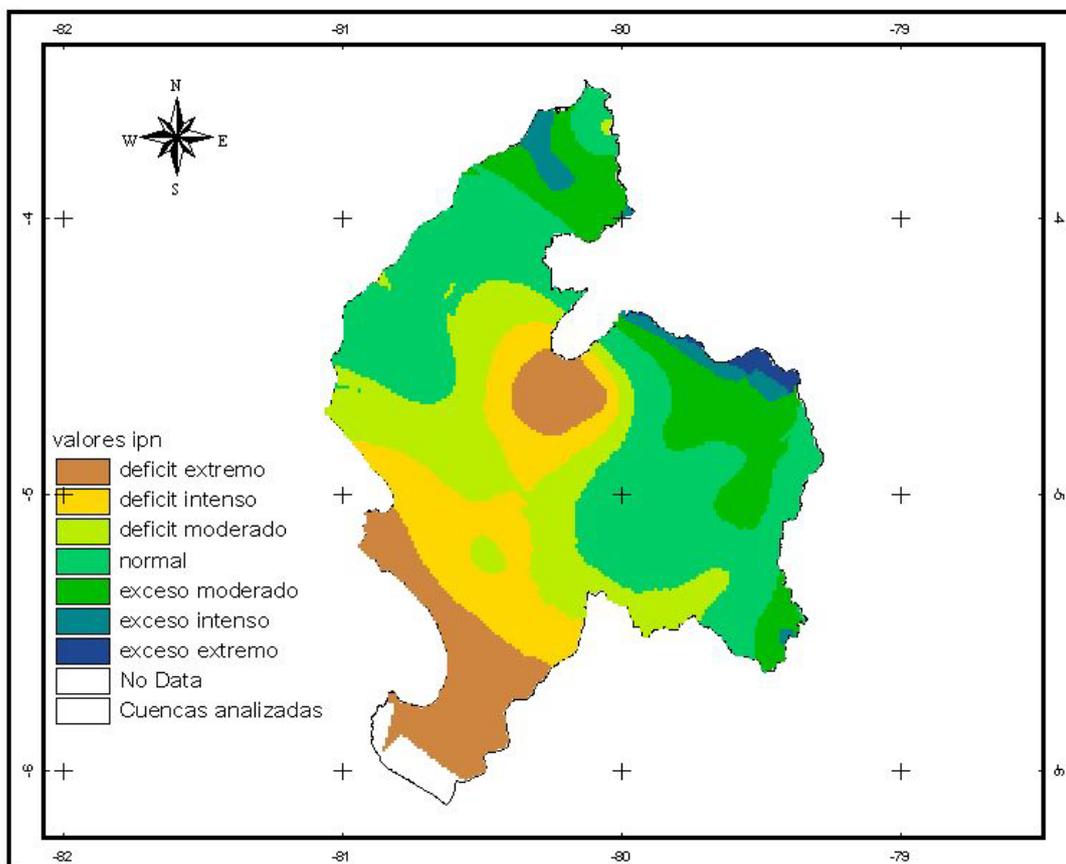


Figura 73 Valores del IPN (EFM) para el evento LNOS 88-89

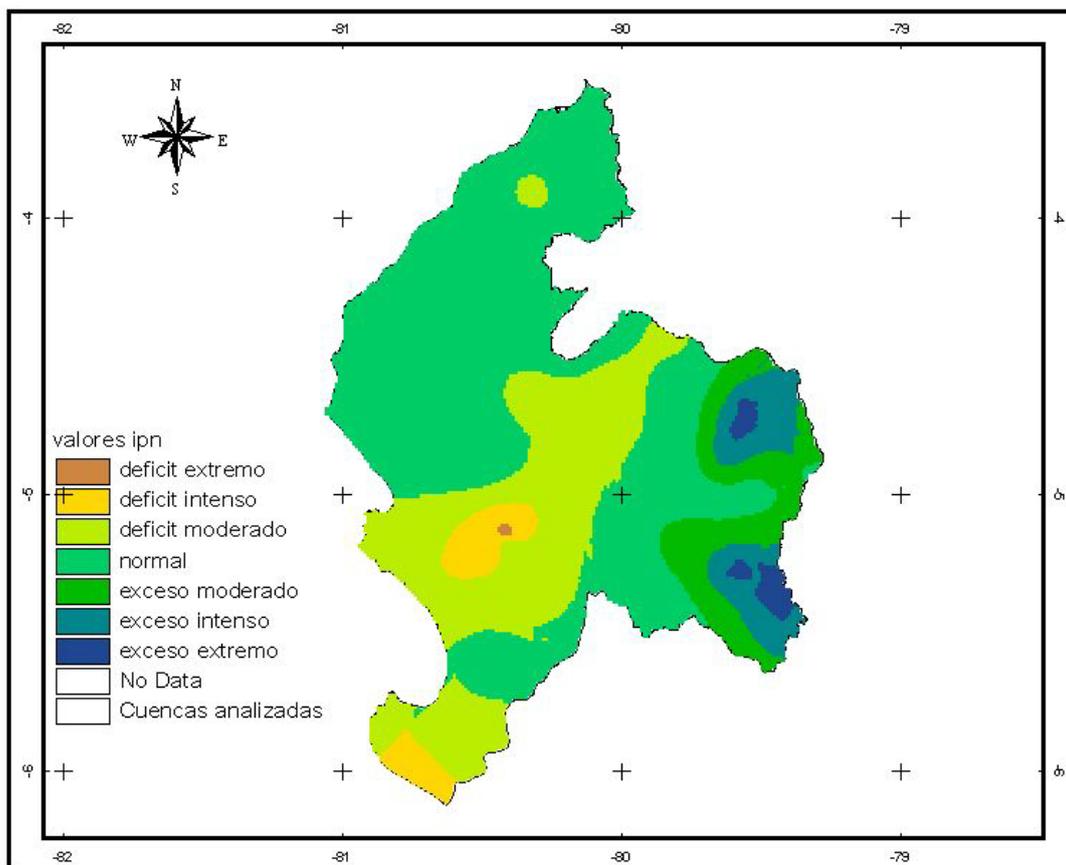


Figura 74 Valores del IPN (EFM) para el evento LNOS 98-99

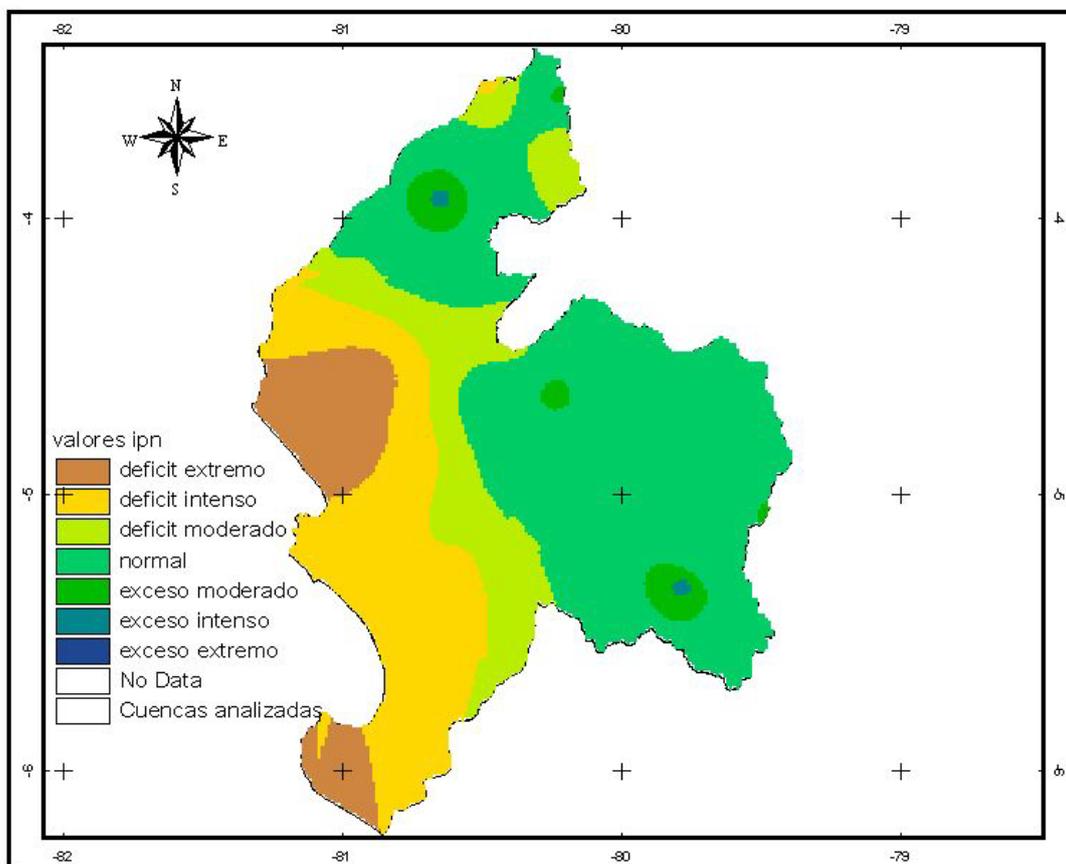


Figura 75 Valores del IPN (anual) para el evento ENOS 72-73

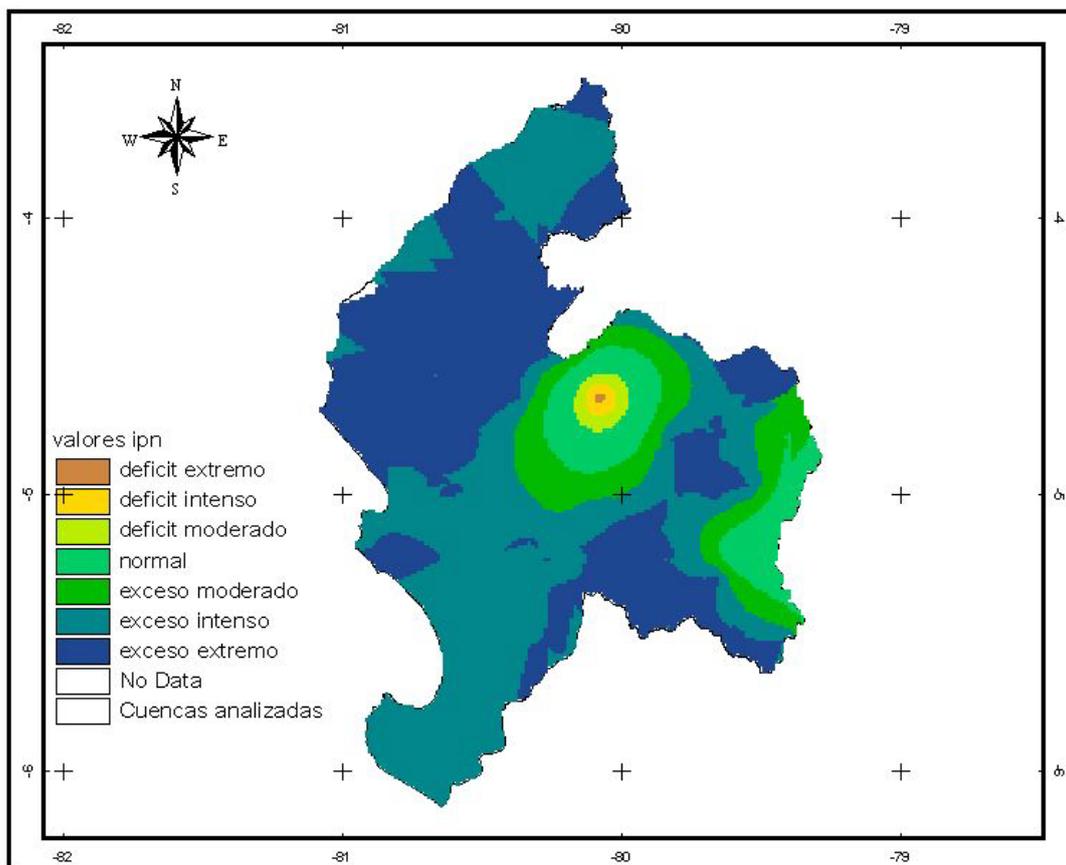


Figura 76 Valores del IPN (anual) para el evento ENOS 82-83

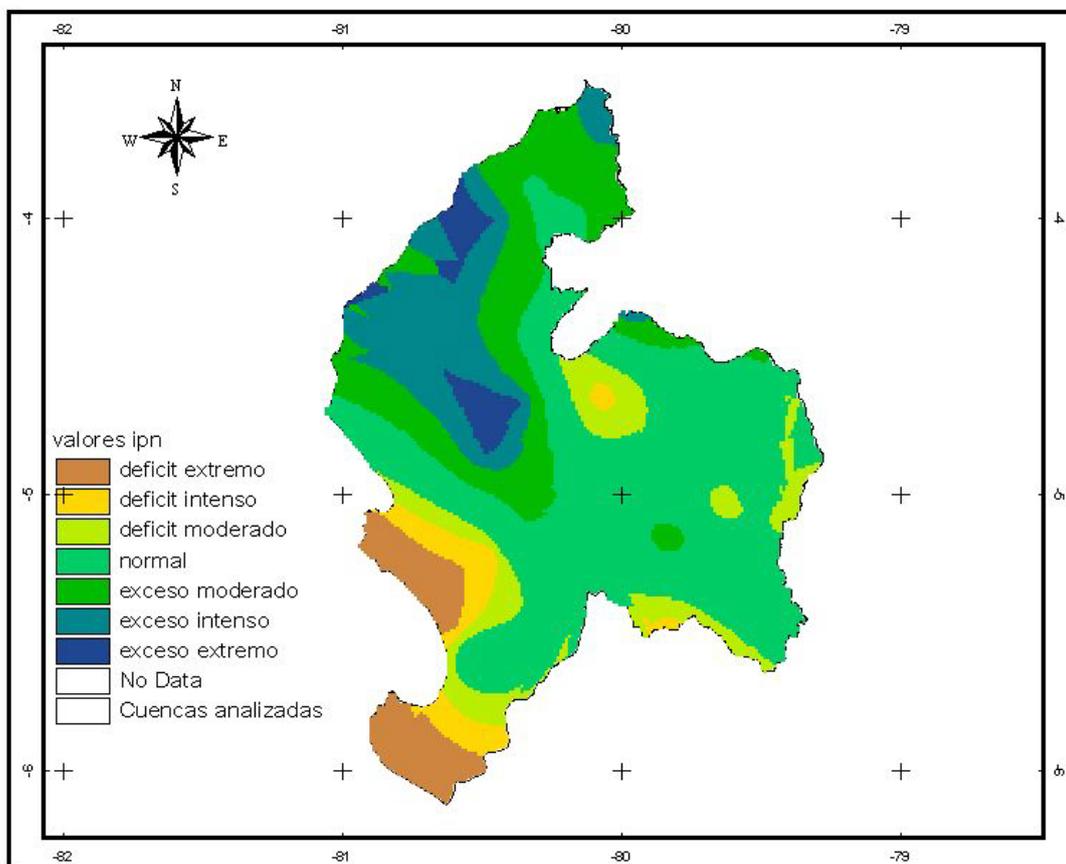


Figura 77 Valores del IPN (anual) para el evento ENOS 86-87

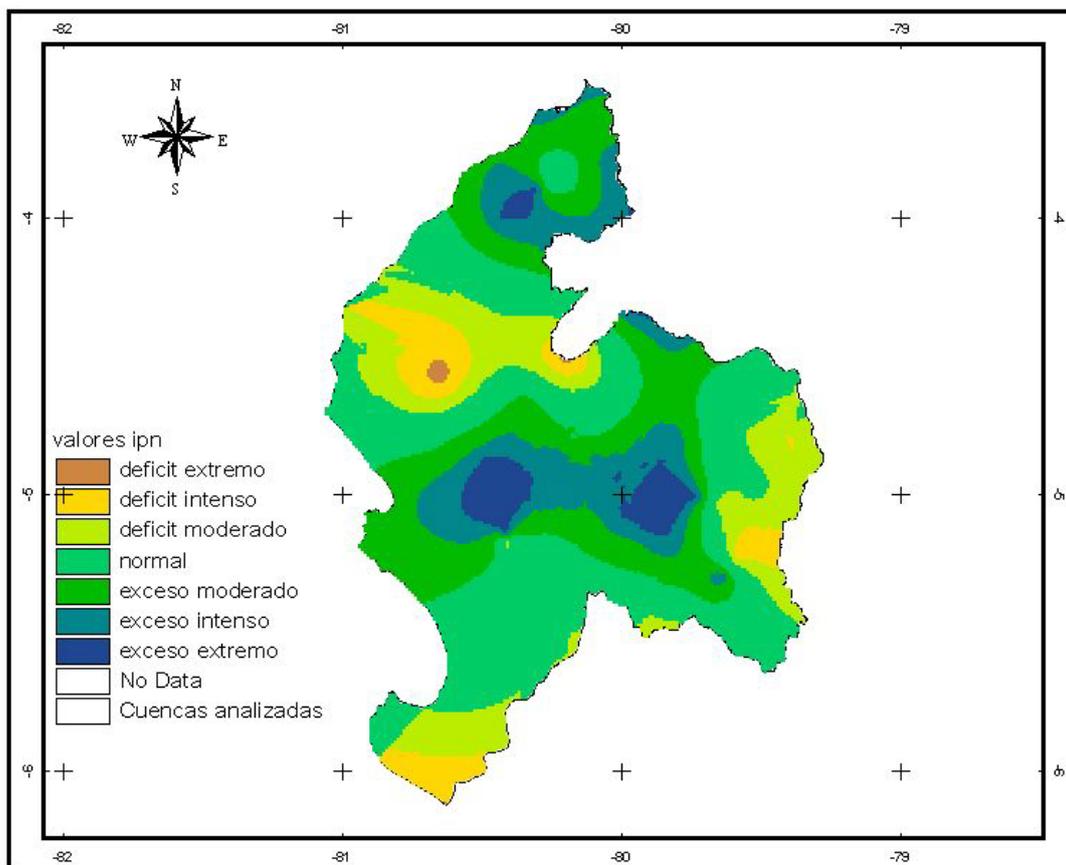


Figura 78 Valores del IPN (anual) para el evento ENOS 91-92

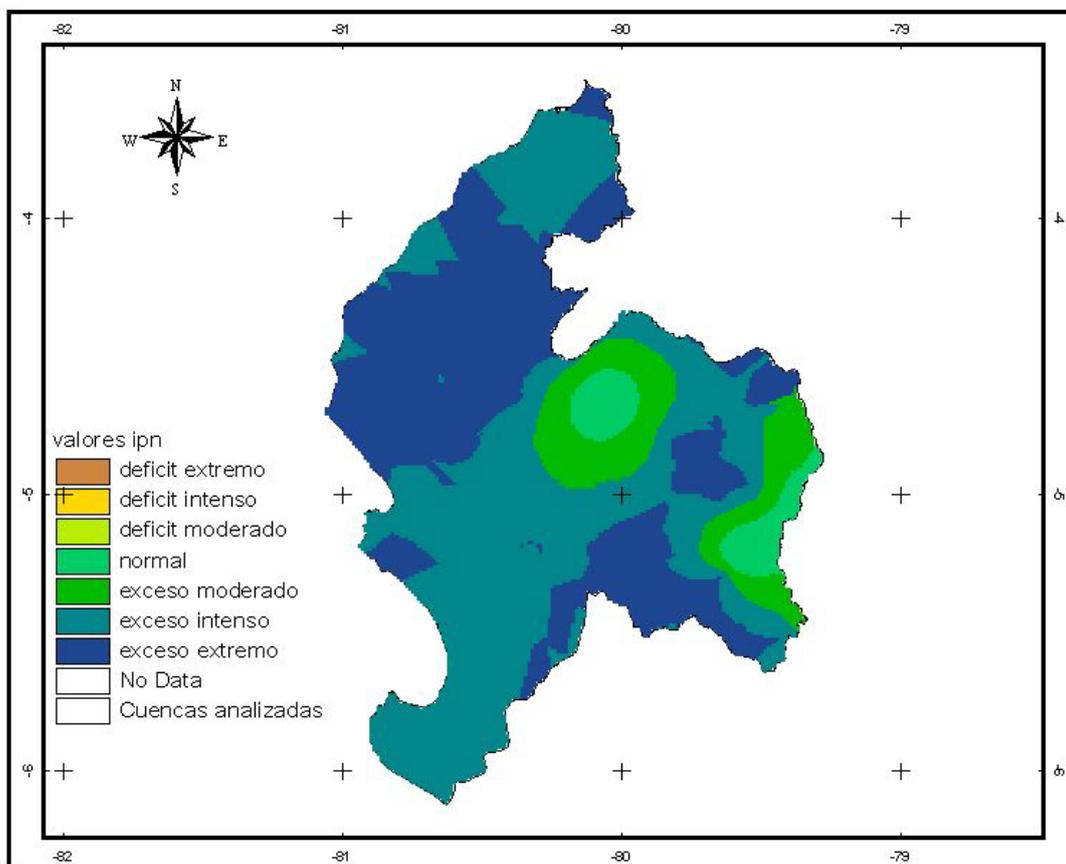


Figura 79 Valores del IPN (anual) para el evento ENOS 97-98

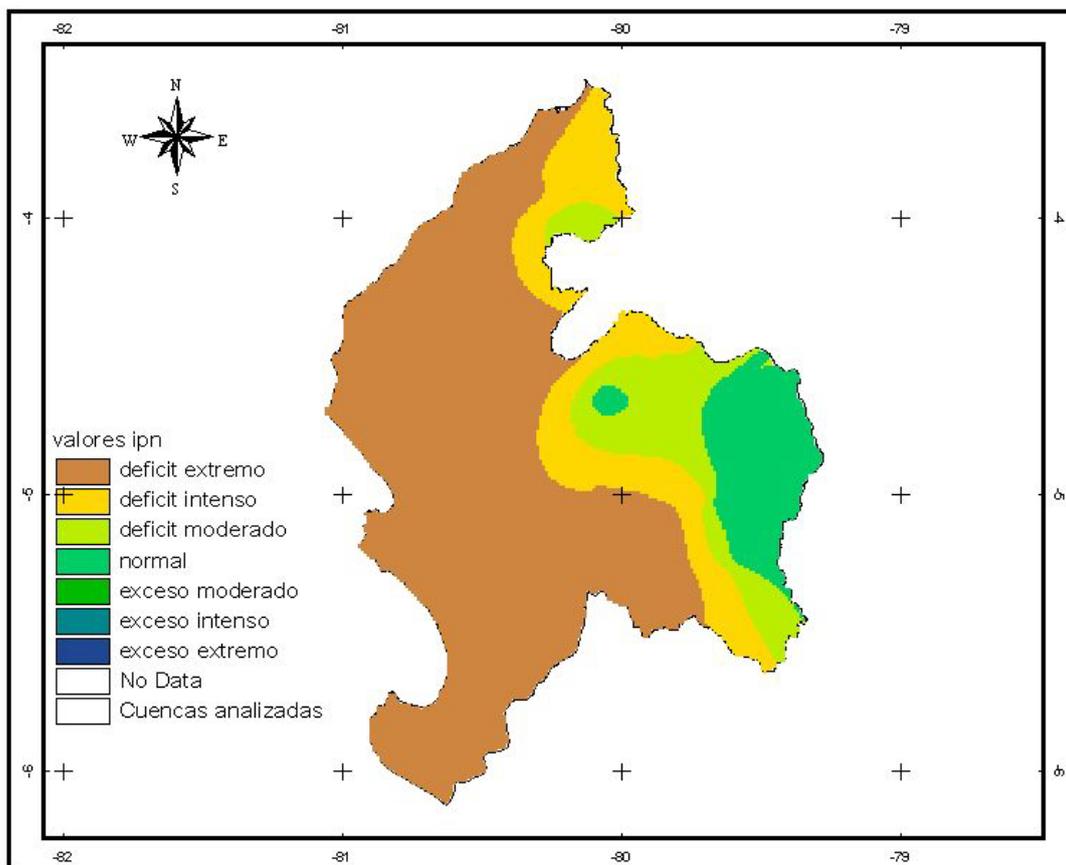


Figura 80 Valores del IPN (anual) para el evento ENOS 02-03

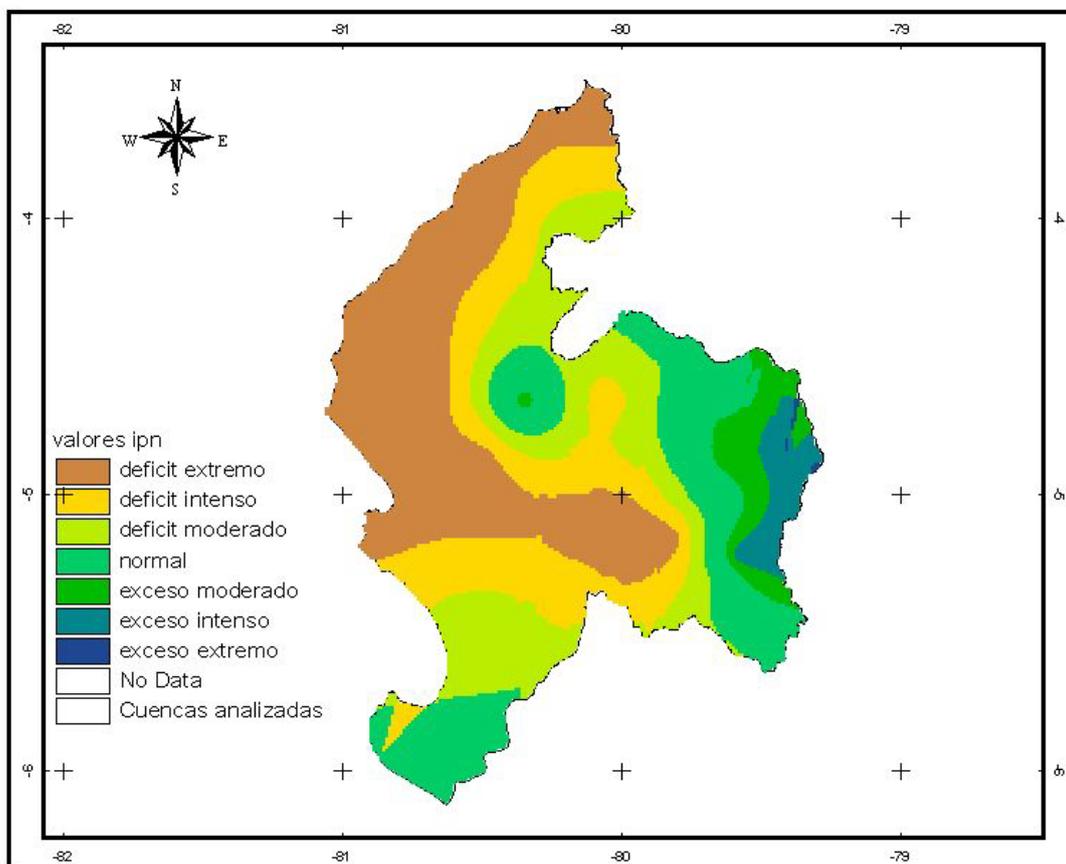


Figura 81 Valores del IPN (anual) para el evento LNOS 70-71

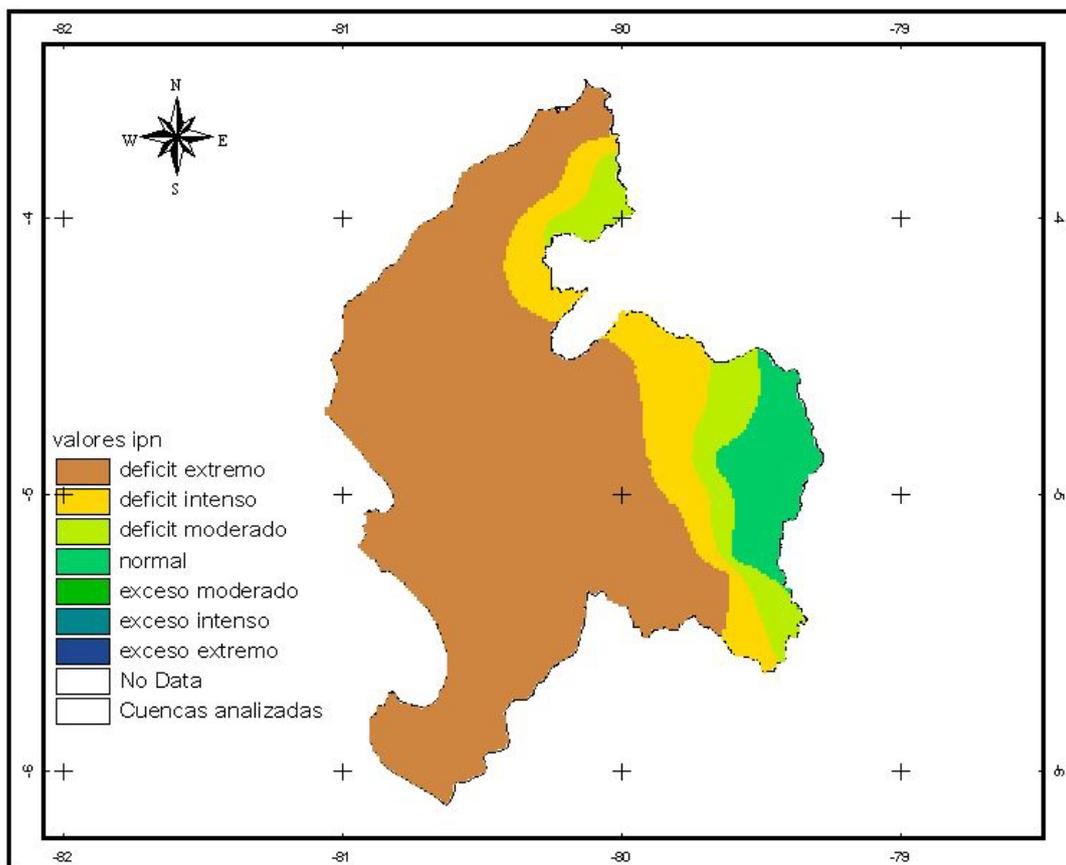


Figura 82 Valores del IPN (anual) para el evento LNOS 73-74

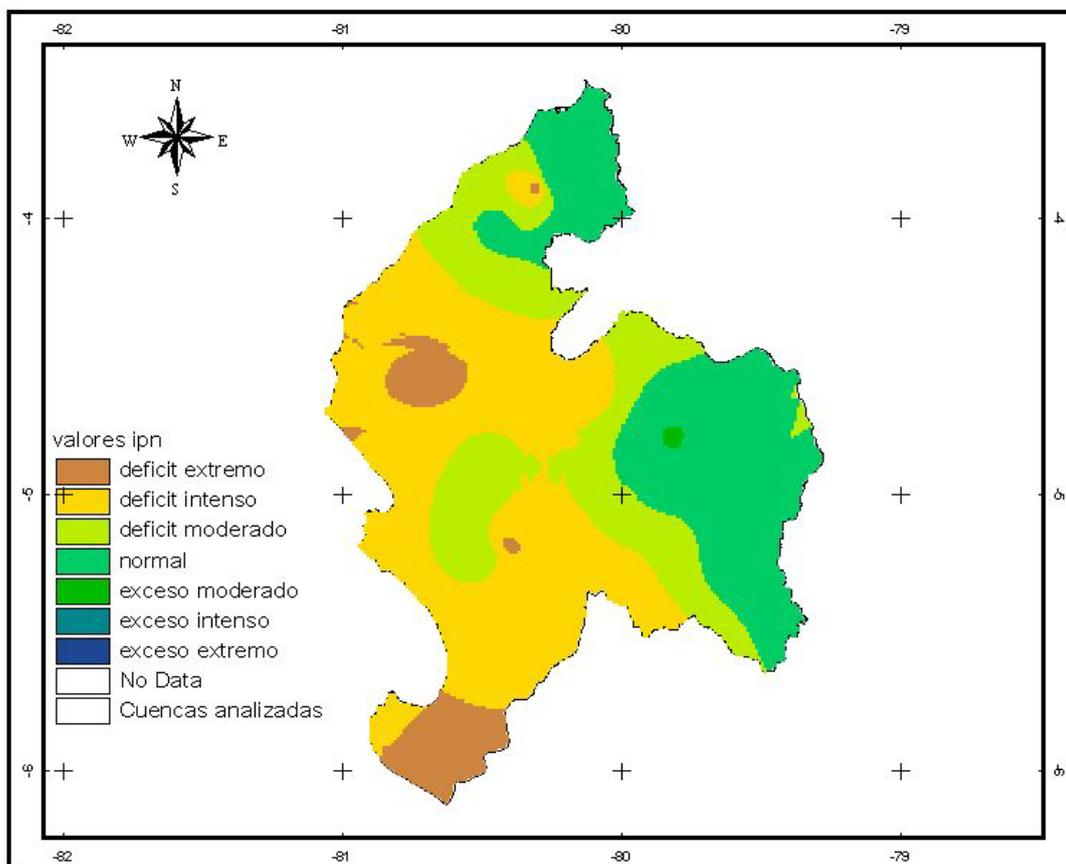


Figura 83 Valores del IPN (anual) para el evento LNOS 75-76

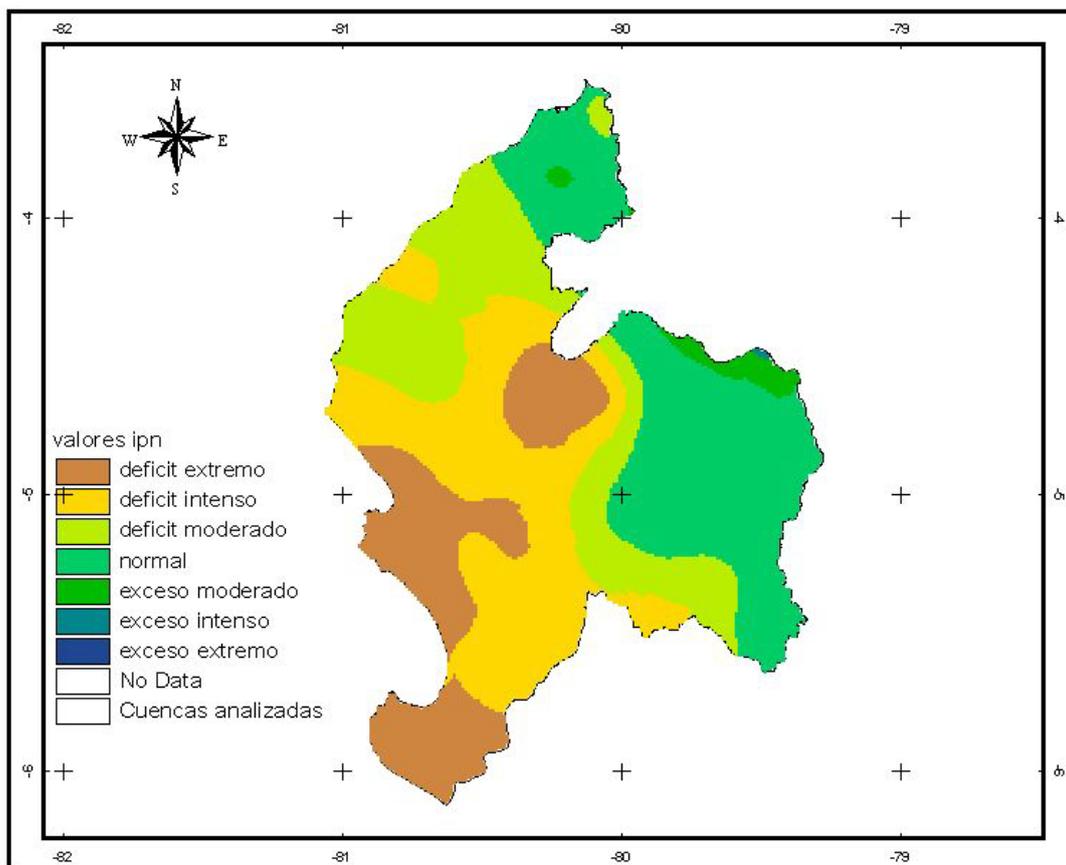


Figura 84 Valores del IPN (anual) para el evento LNOS 88-89

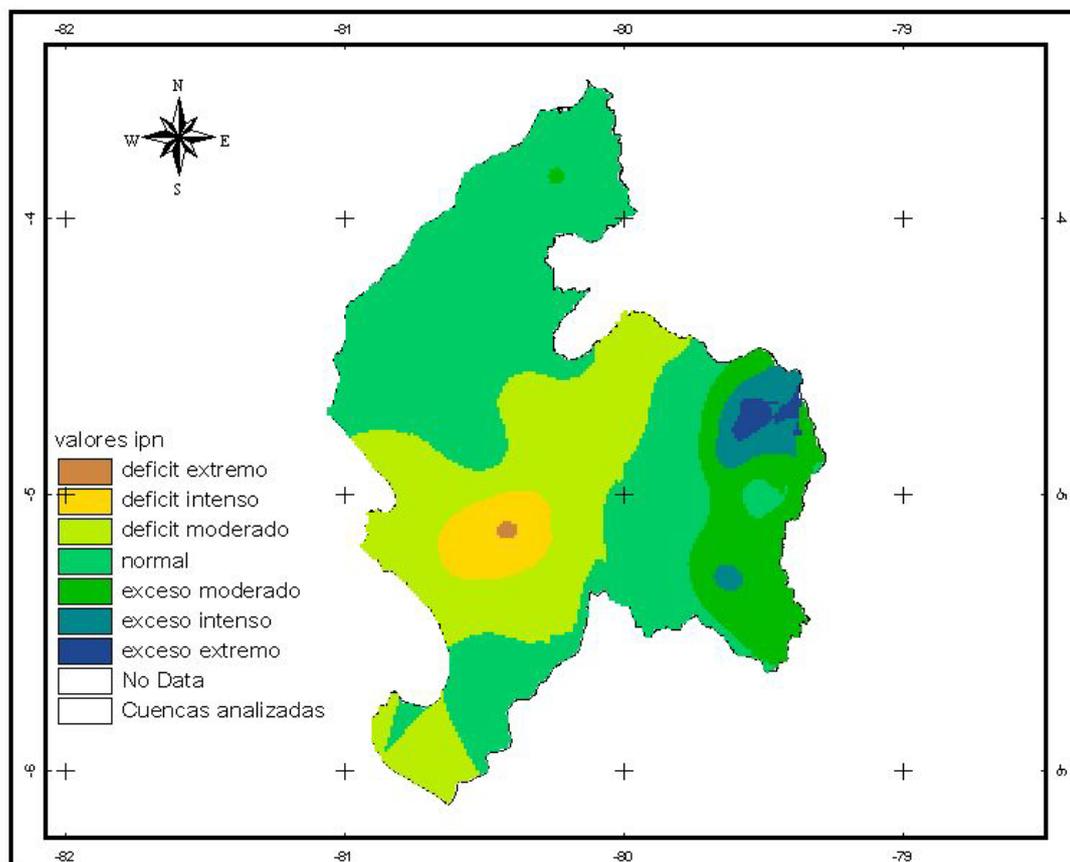


Figura 85 Valores del IPN (anual) para el evento LNOS 98-99

# **ANEXO 3**

## **FIGURAS DE VALORES DE IPE 3, 6, 12 Y 24 MESES**

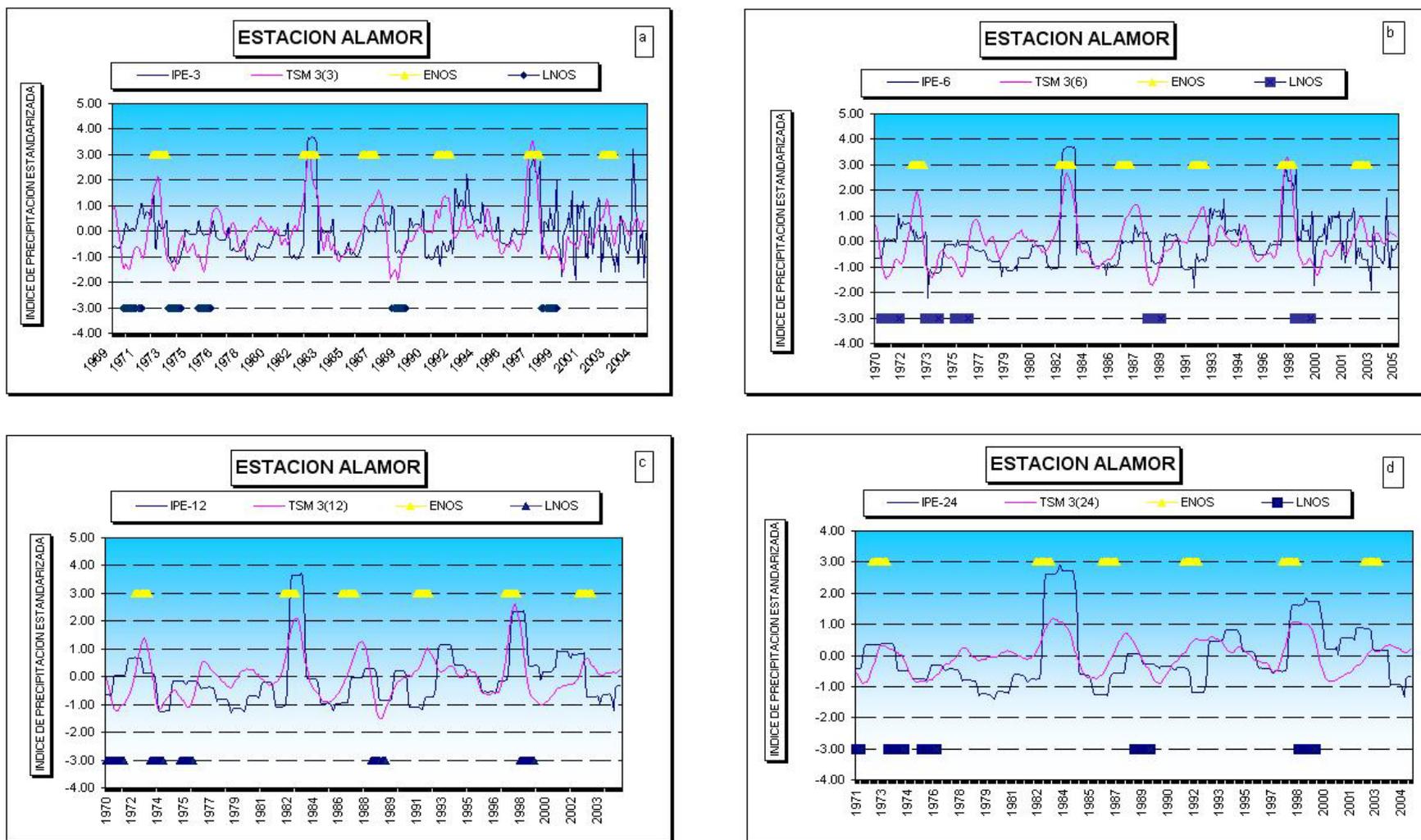


Figura 85 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Alamor.

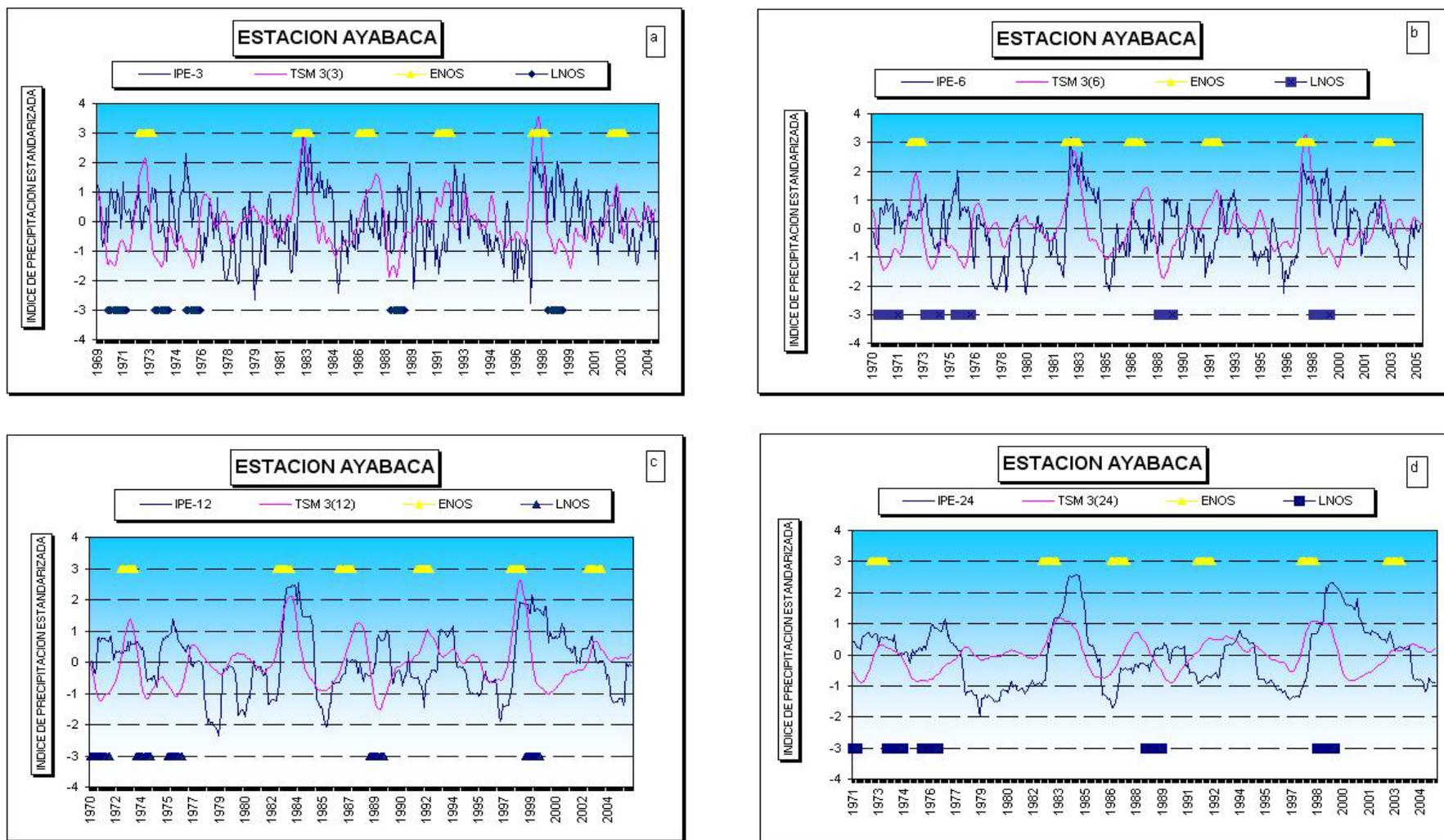


Figura 86 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Ayabaca.

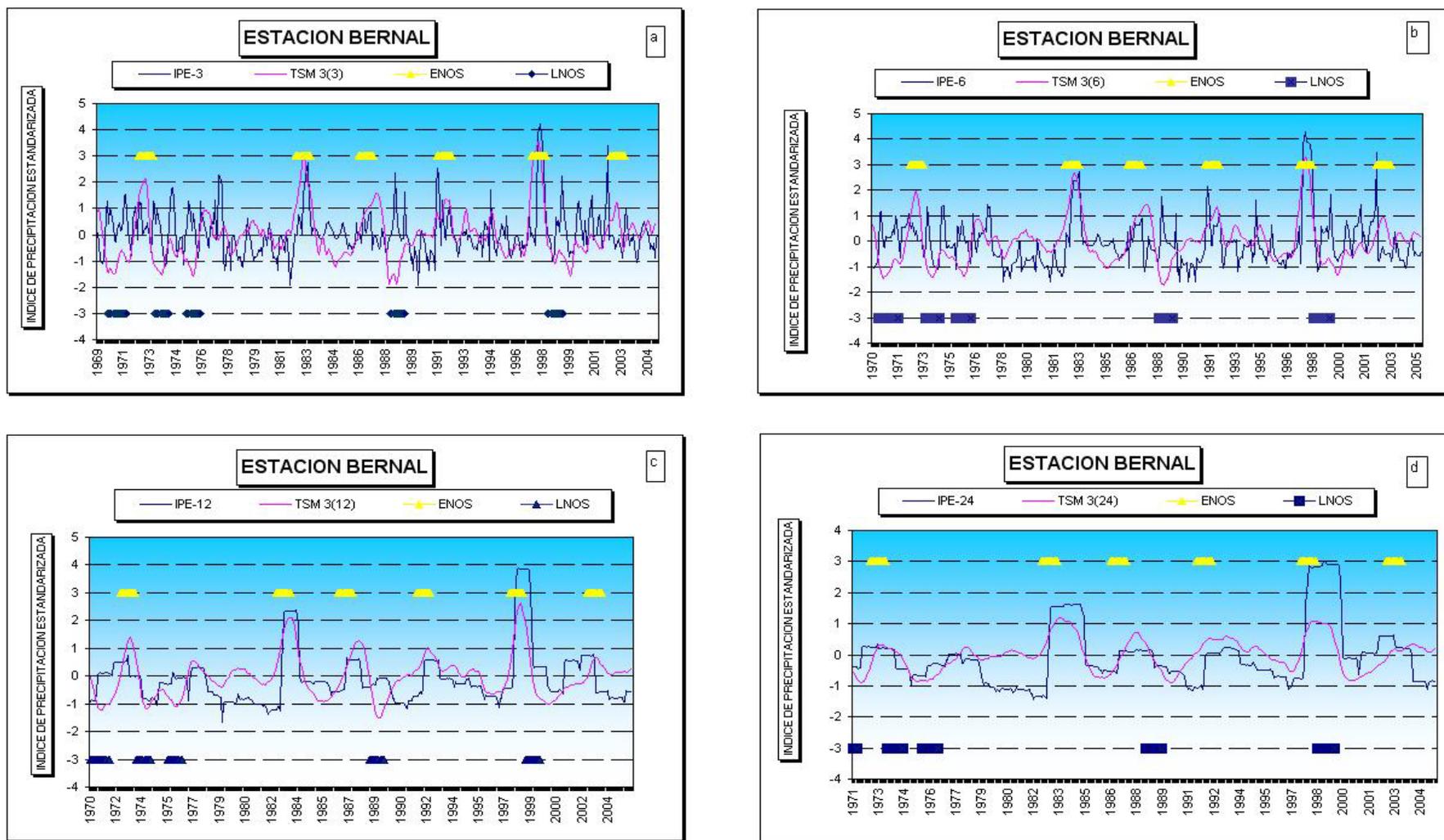


Figura 87 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Bernal.

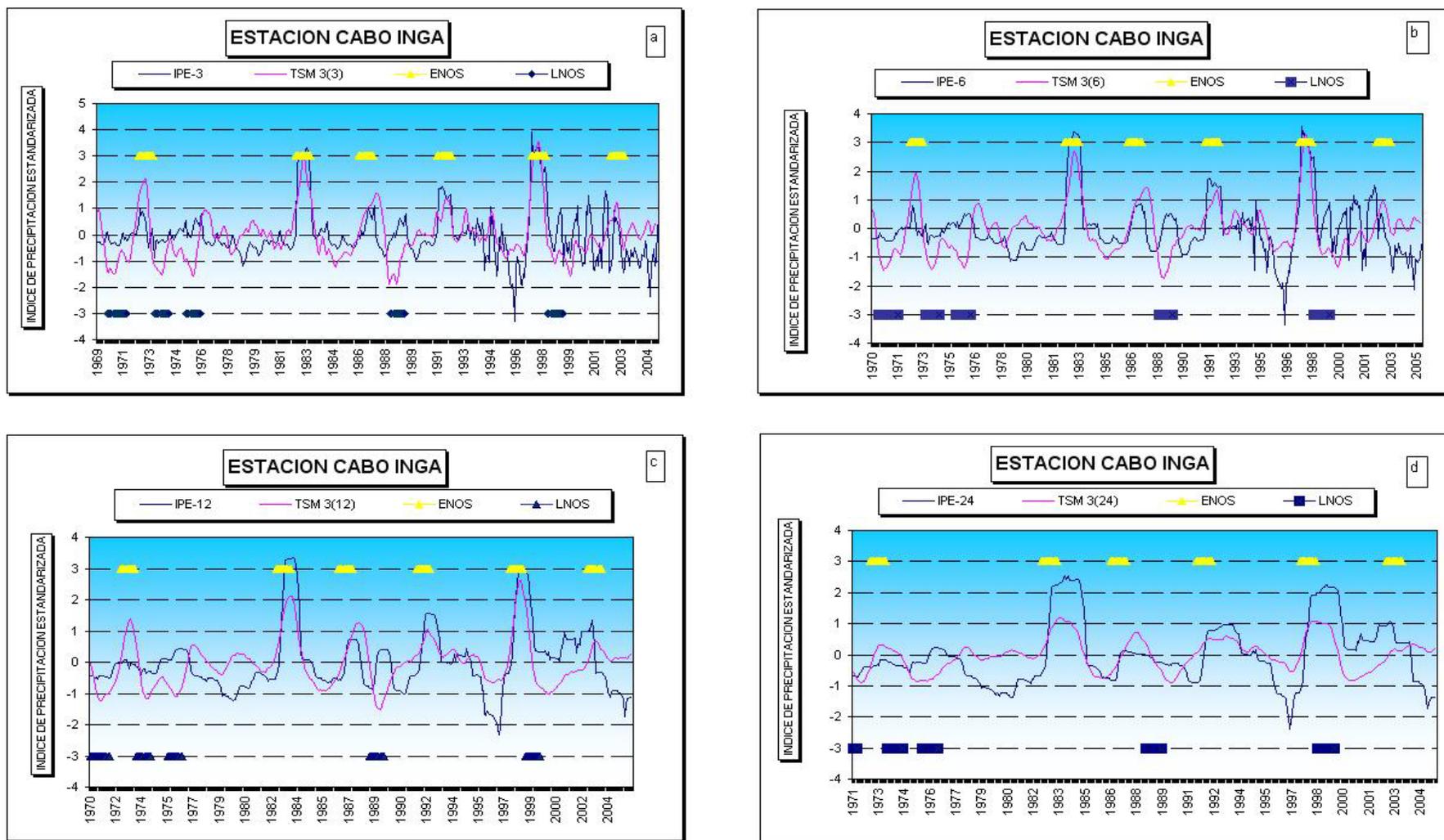


Figura 88 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Cabo Inga.

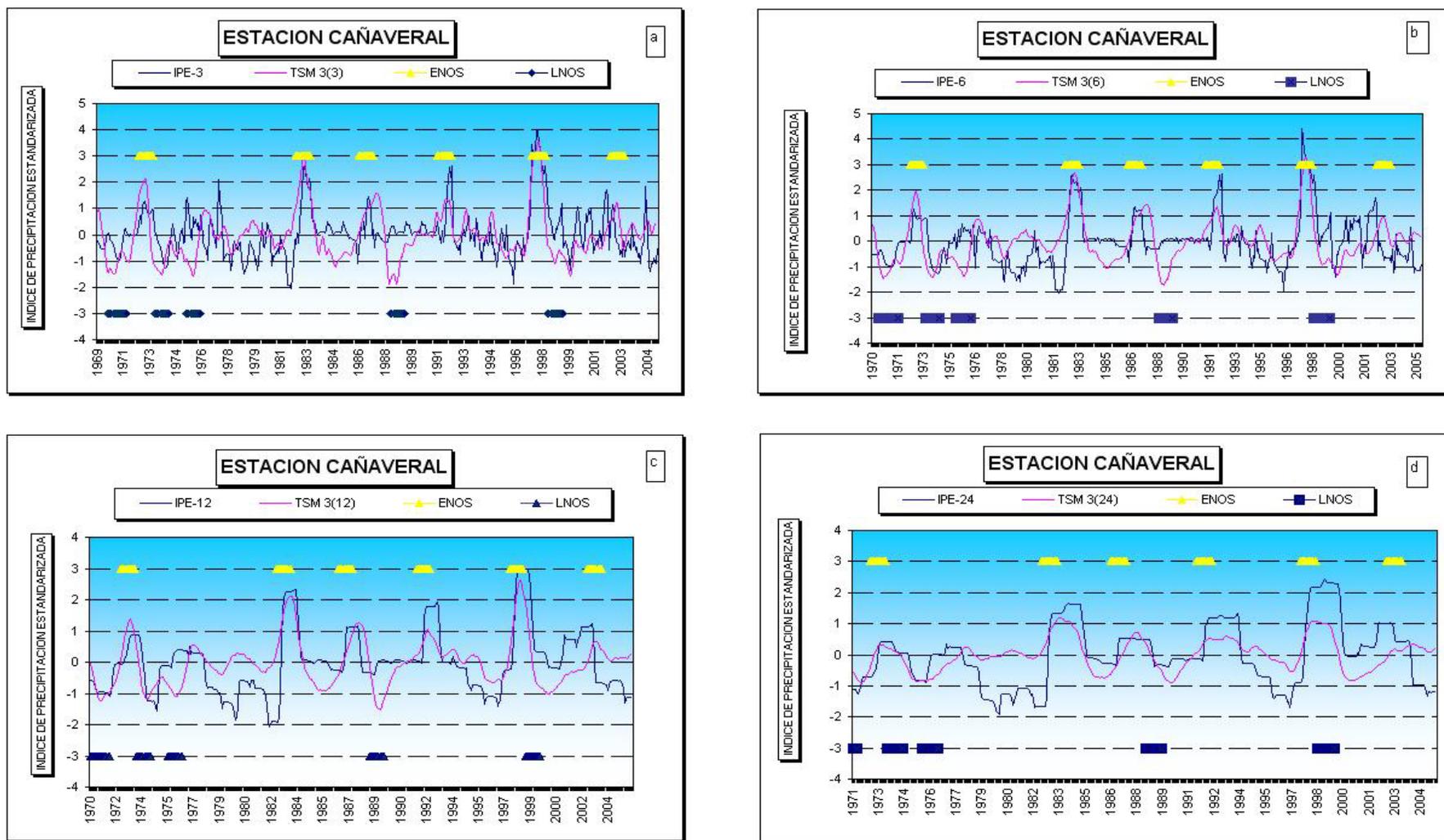


Figura 89 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Cañaverl.

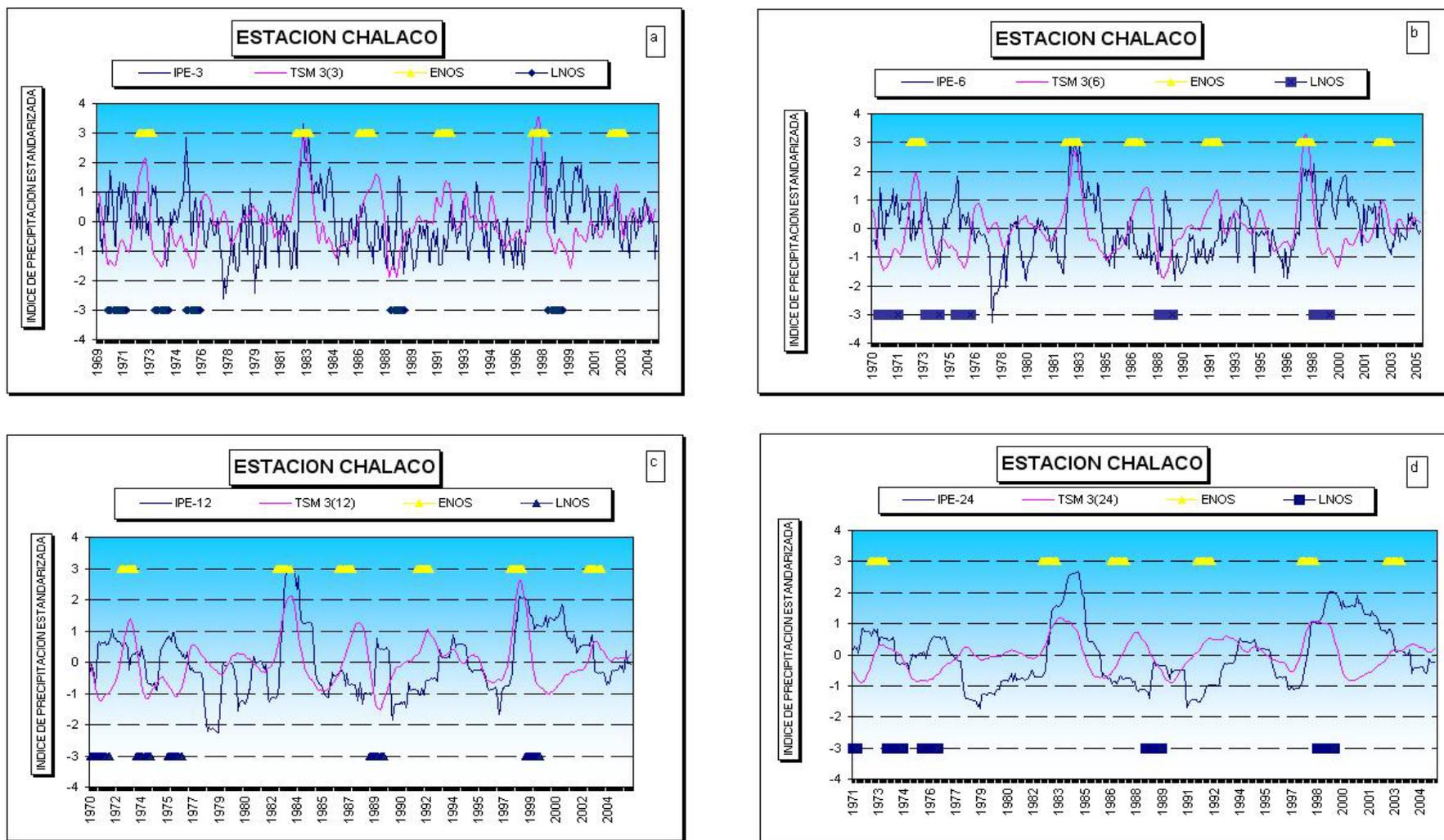


Figura 90 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Chalaco.

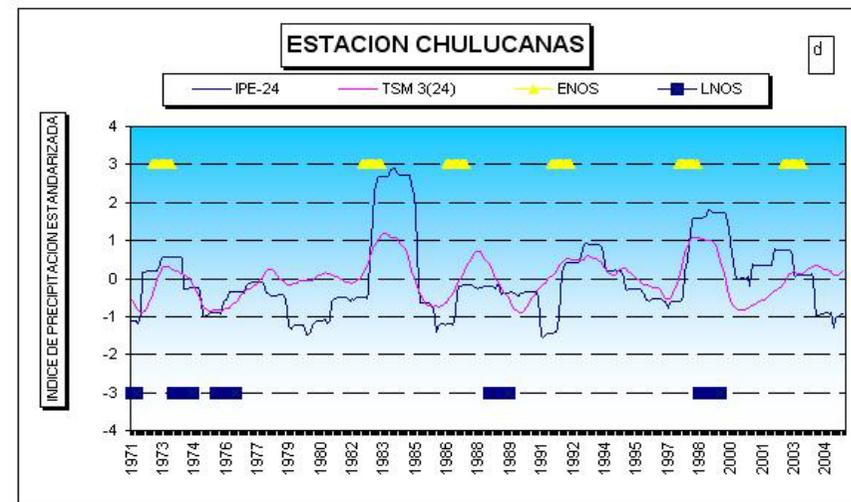
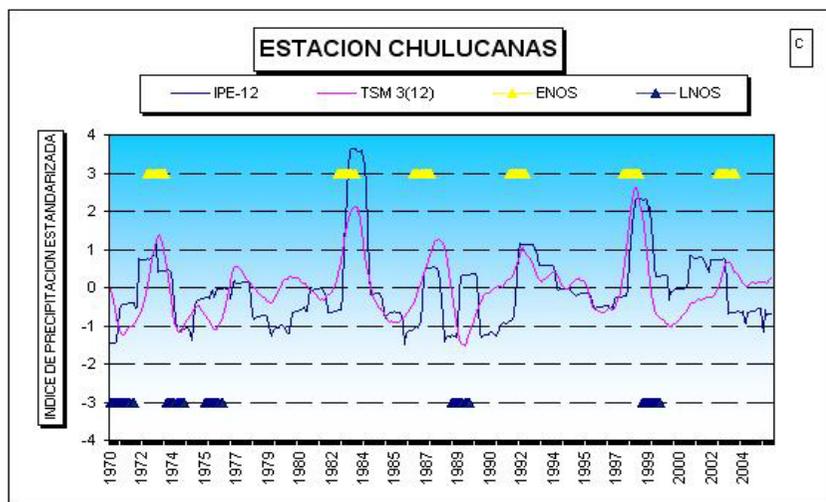
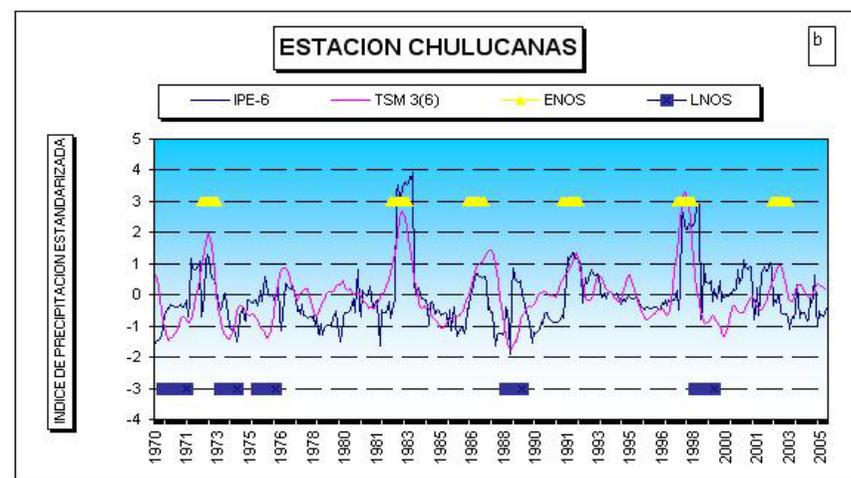
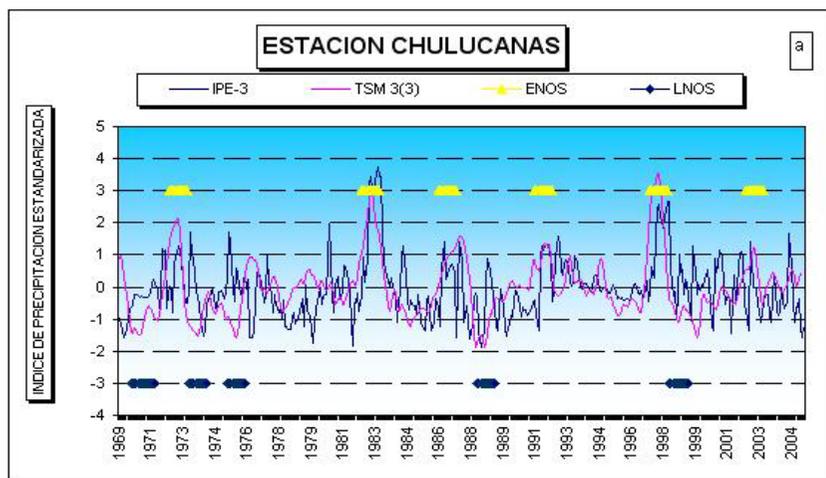


Figura 91 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Chulucanas.

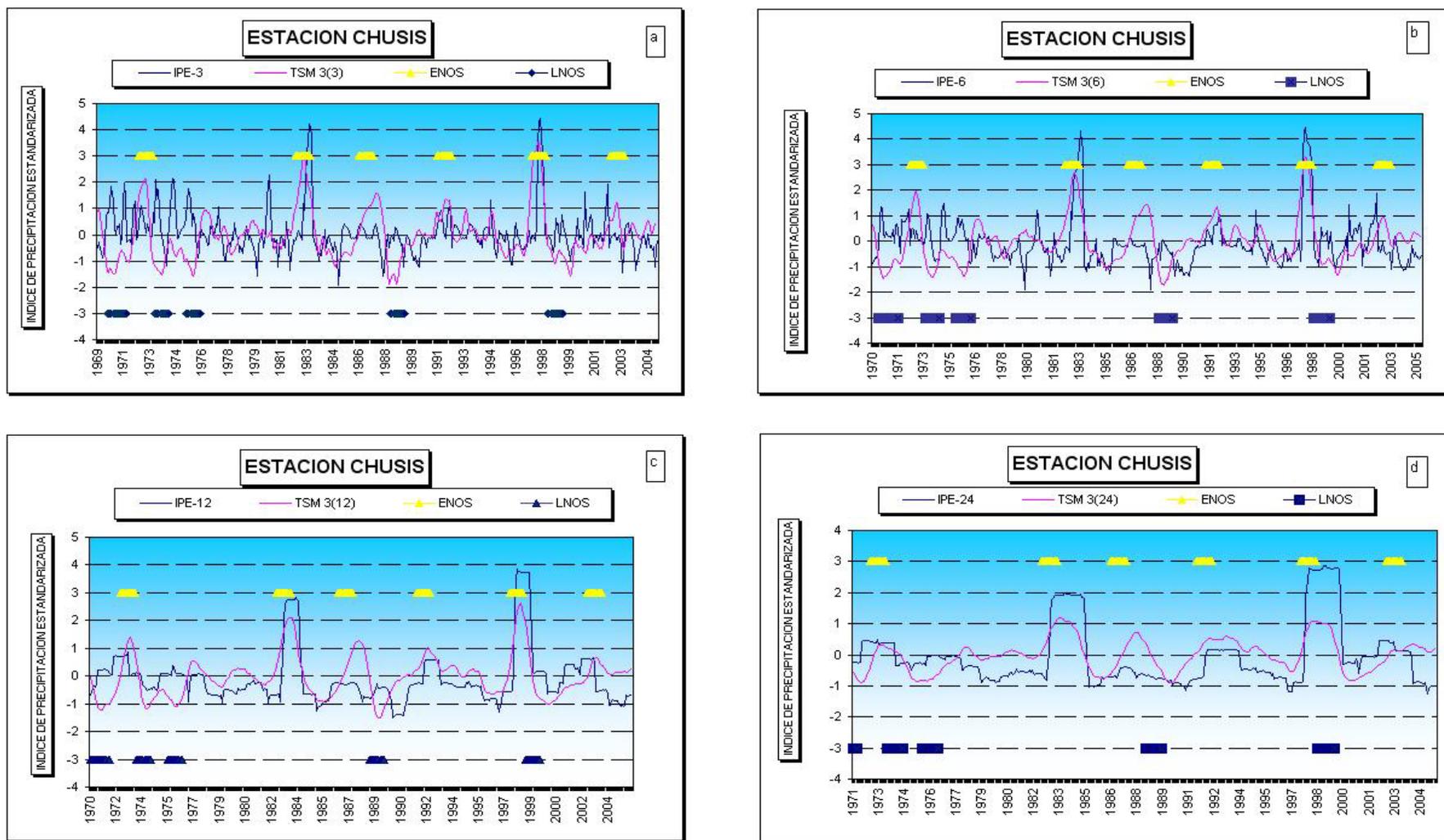


Figura 92 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Chusis.

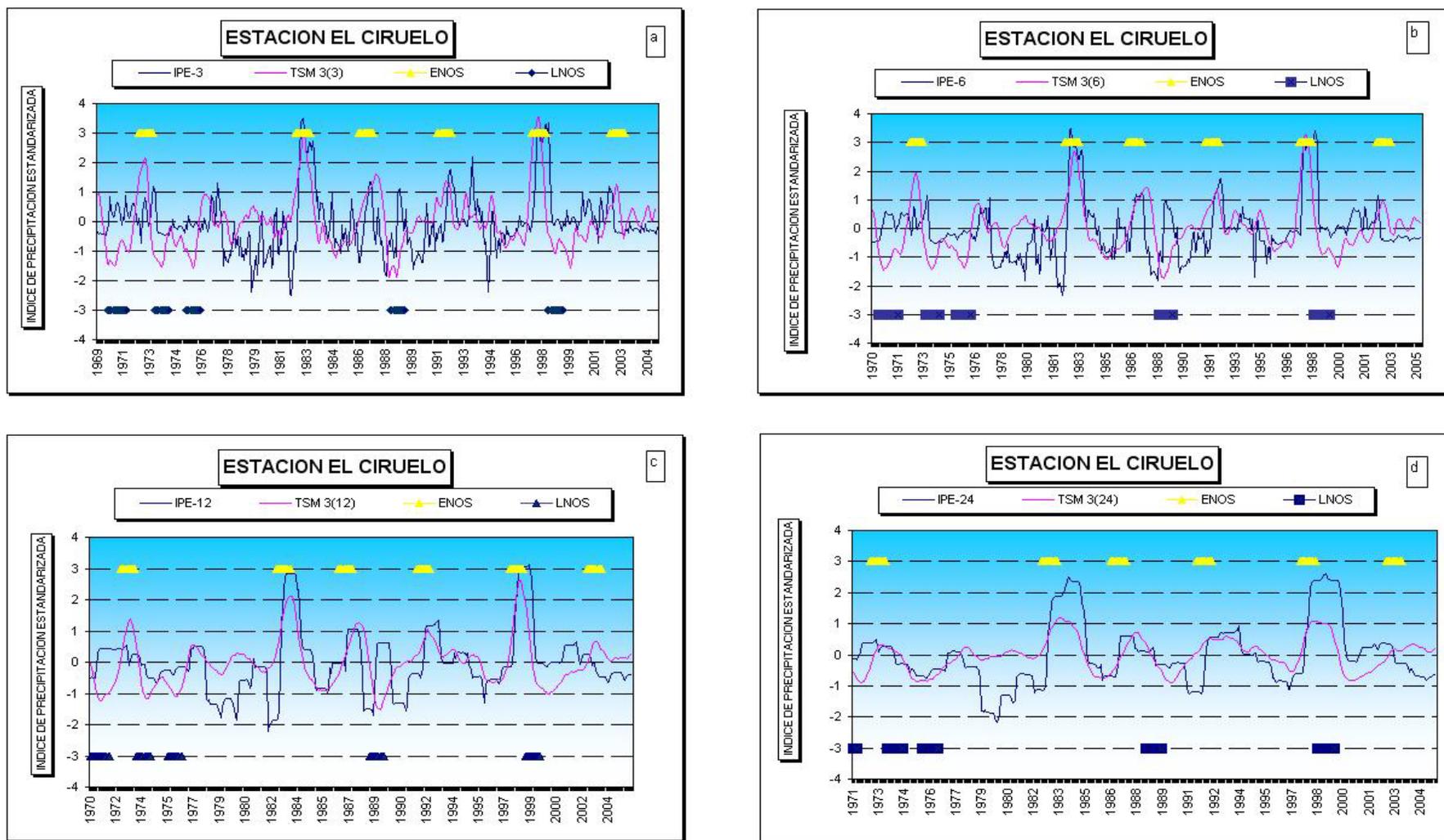


Figura 93 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación El Ciruelo.

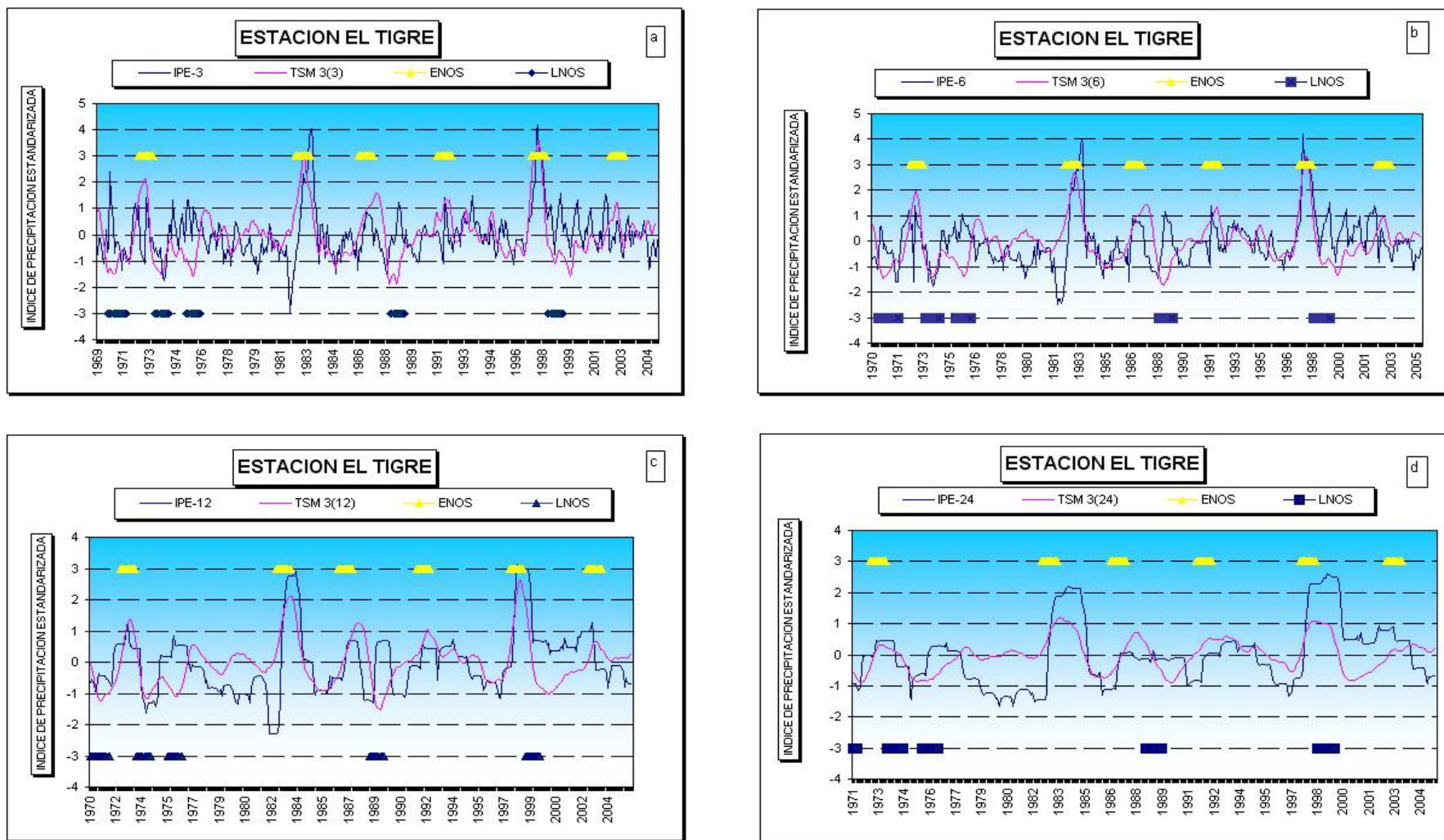


Figura 94 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación El Tigre.

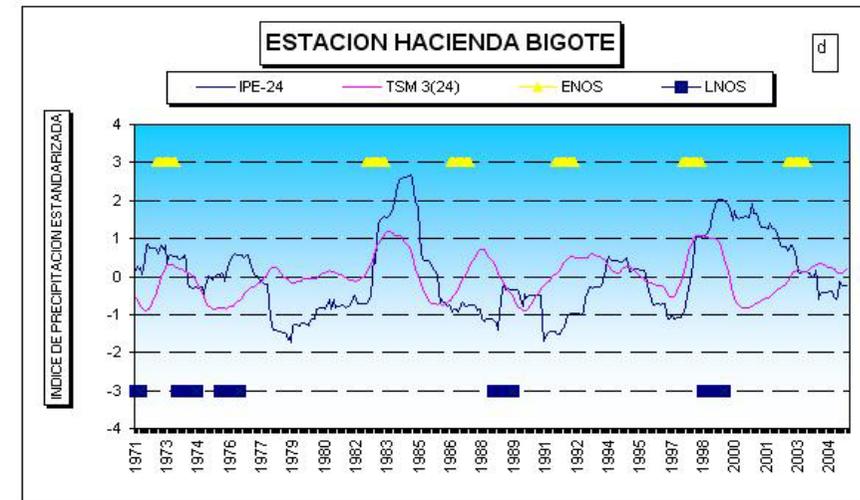
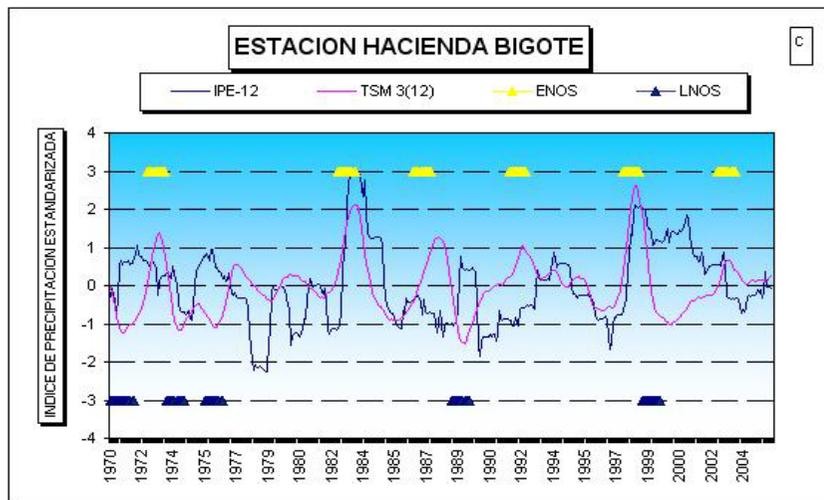
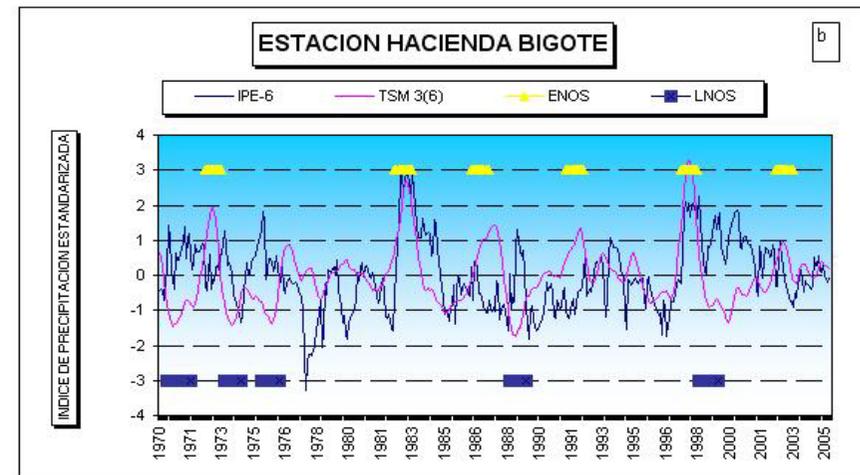
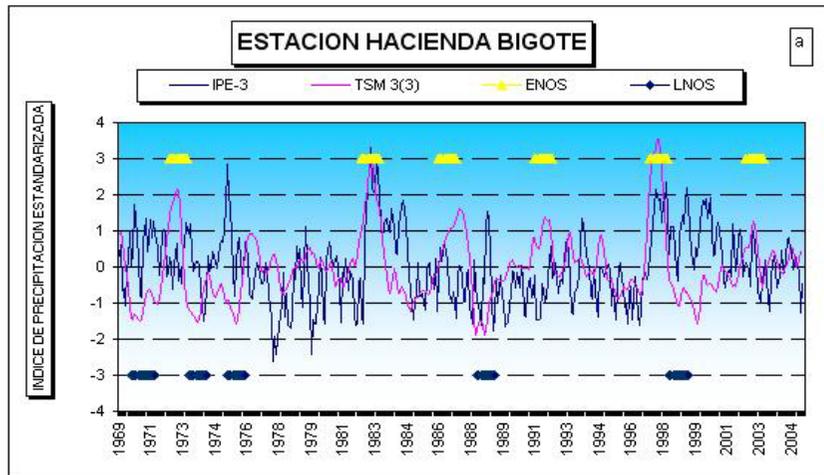


Figura 95 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Hacienda Bigote.

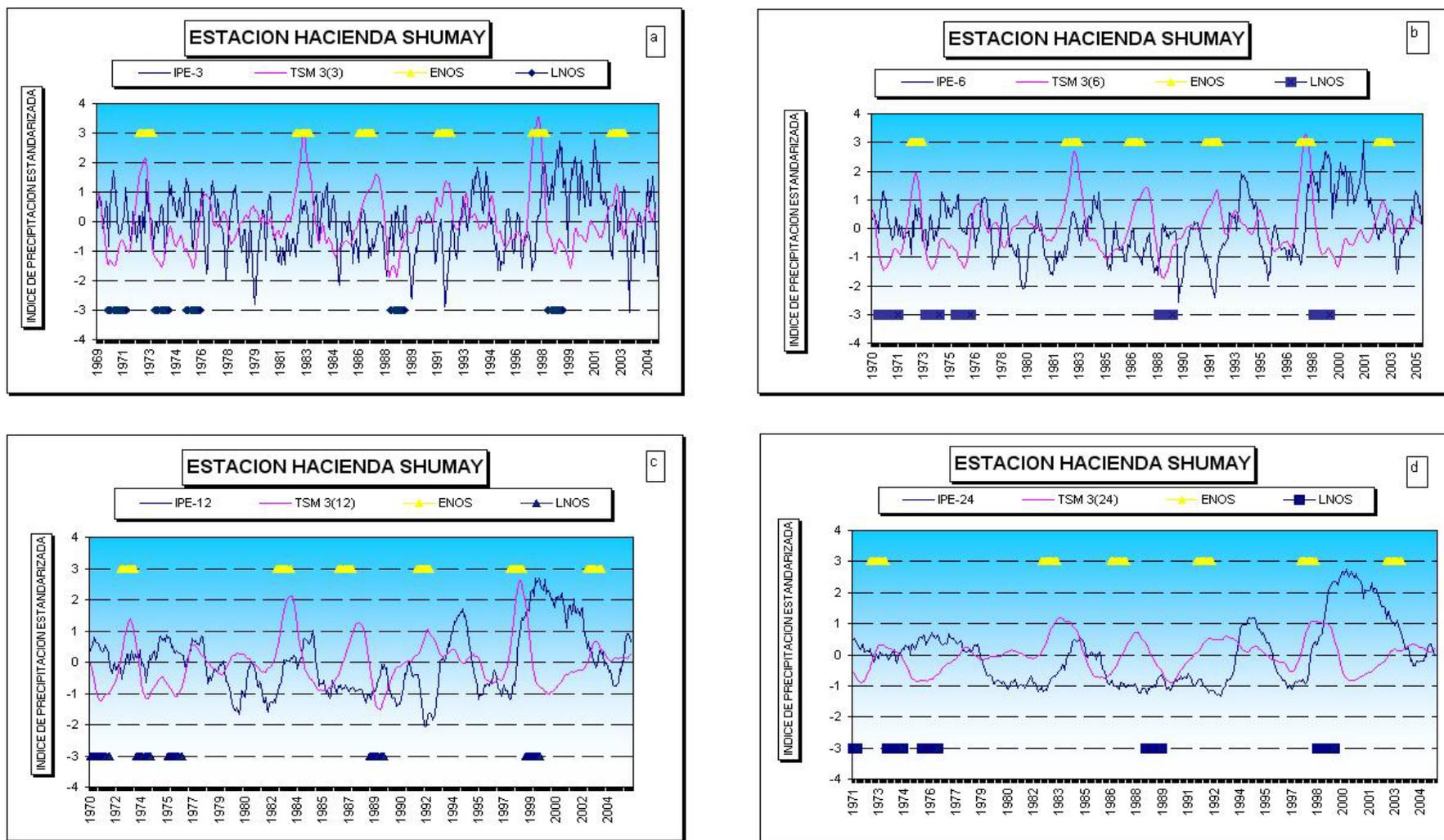


Figura 96 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Hacienda Shumay.

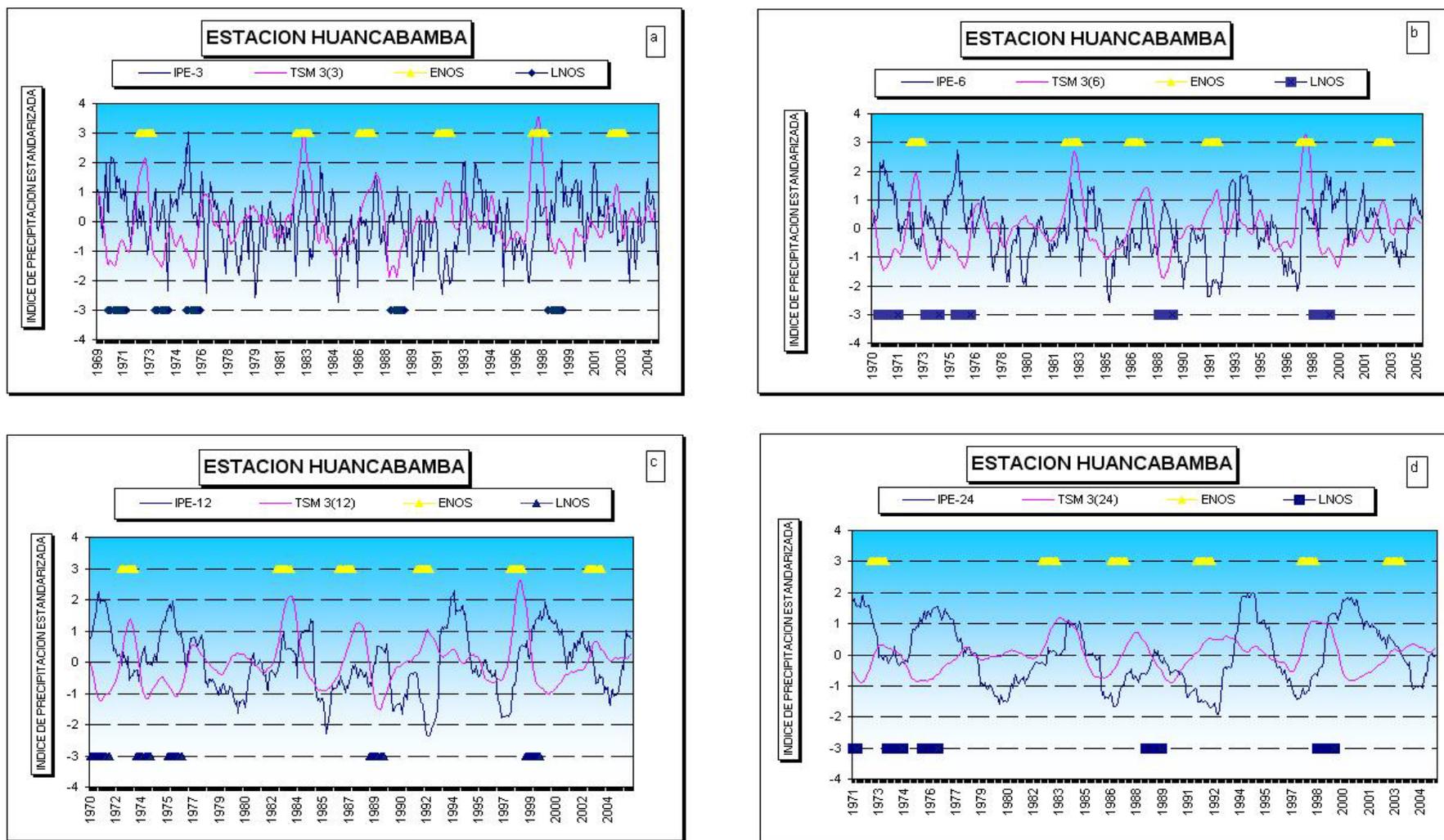


Figura 97 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Huancabamba.

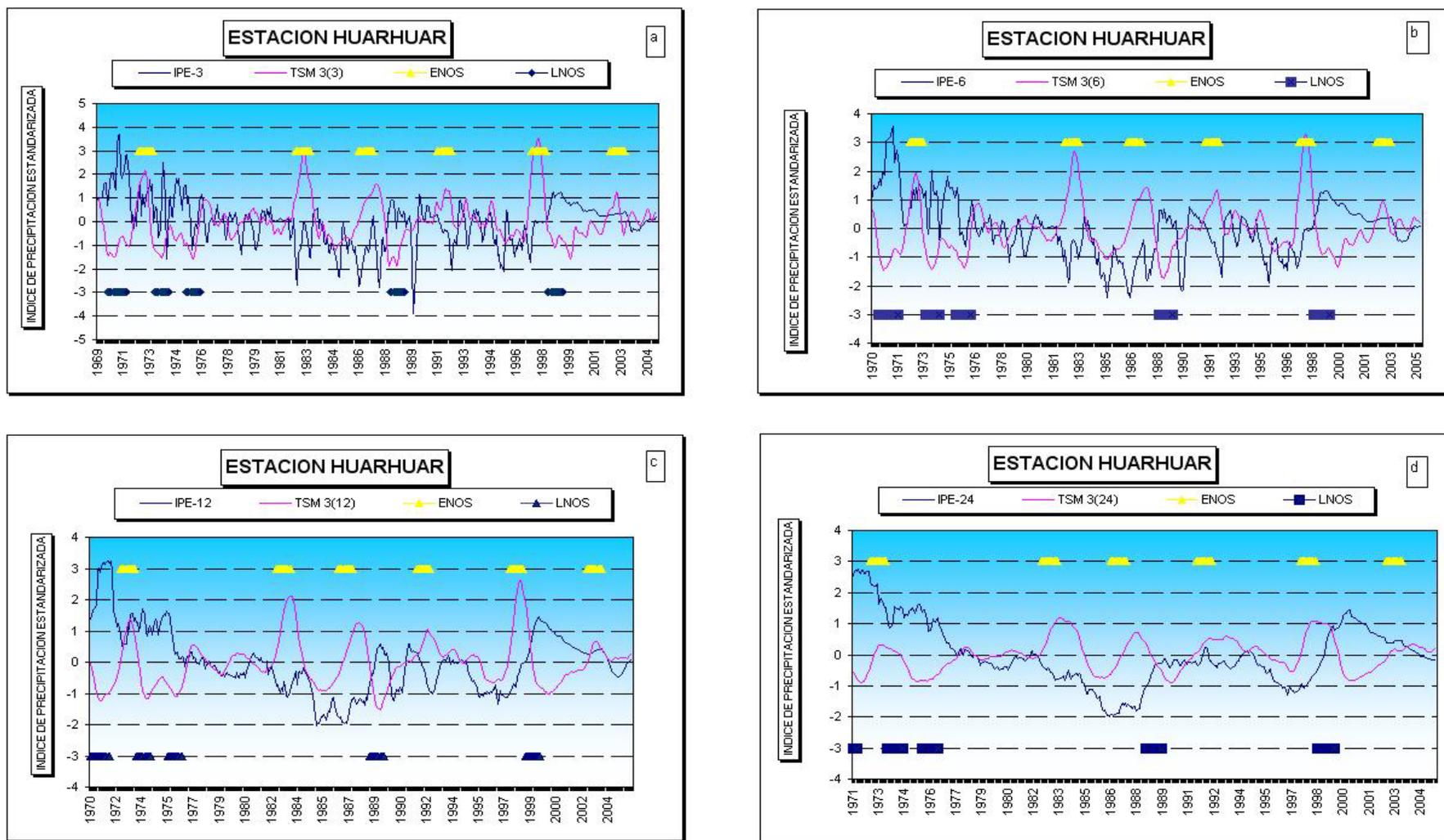


Figura 98 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Huarhuar.

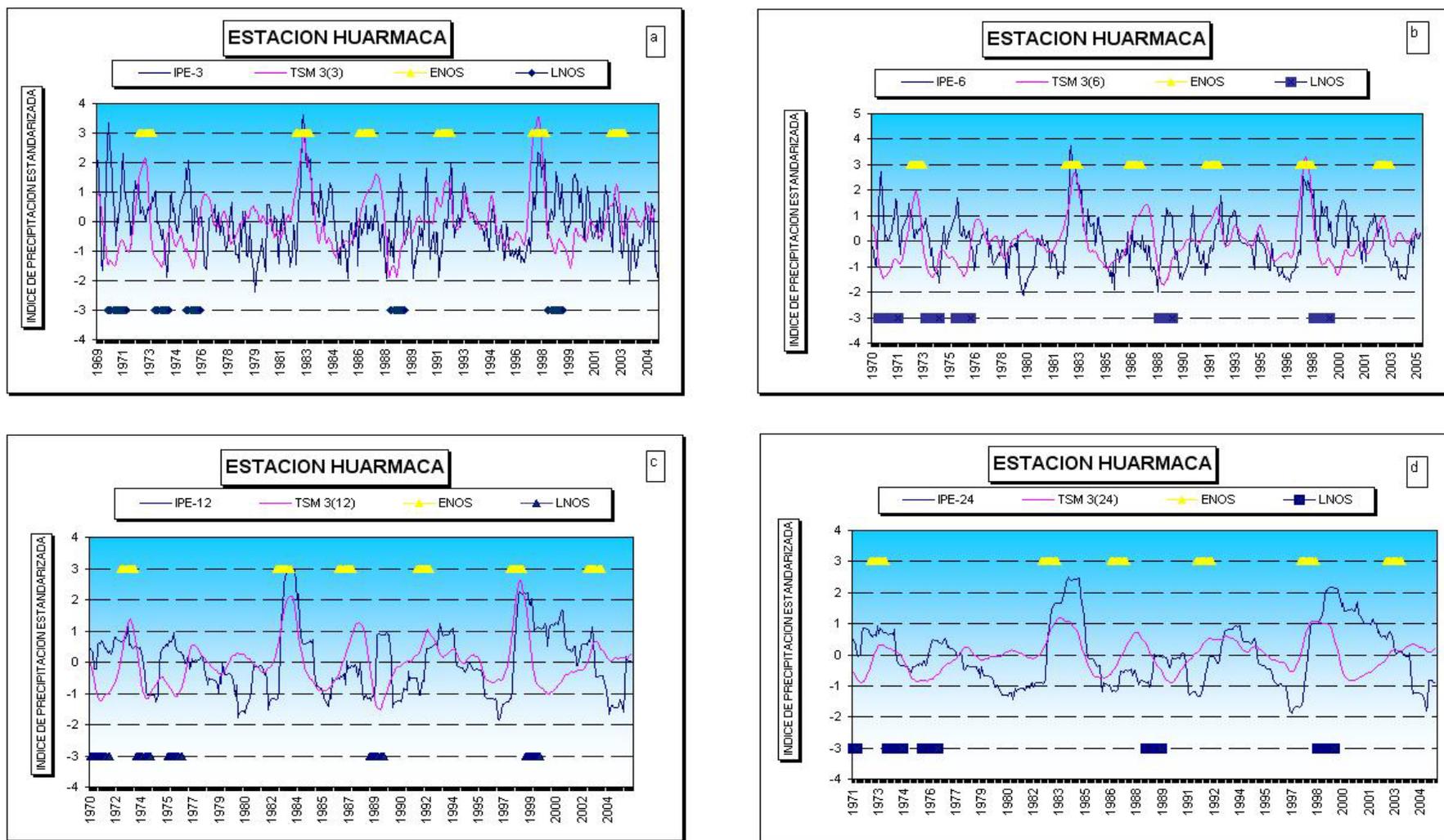


Figura 99 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Huarmaca.

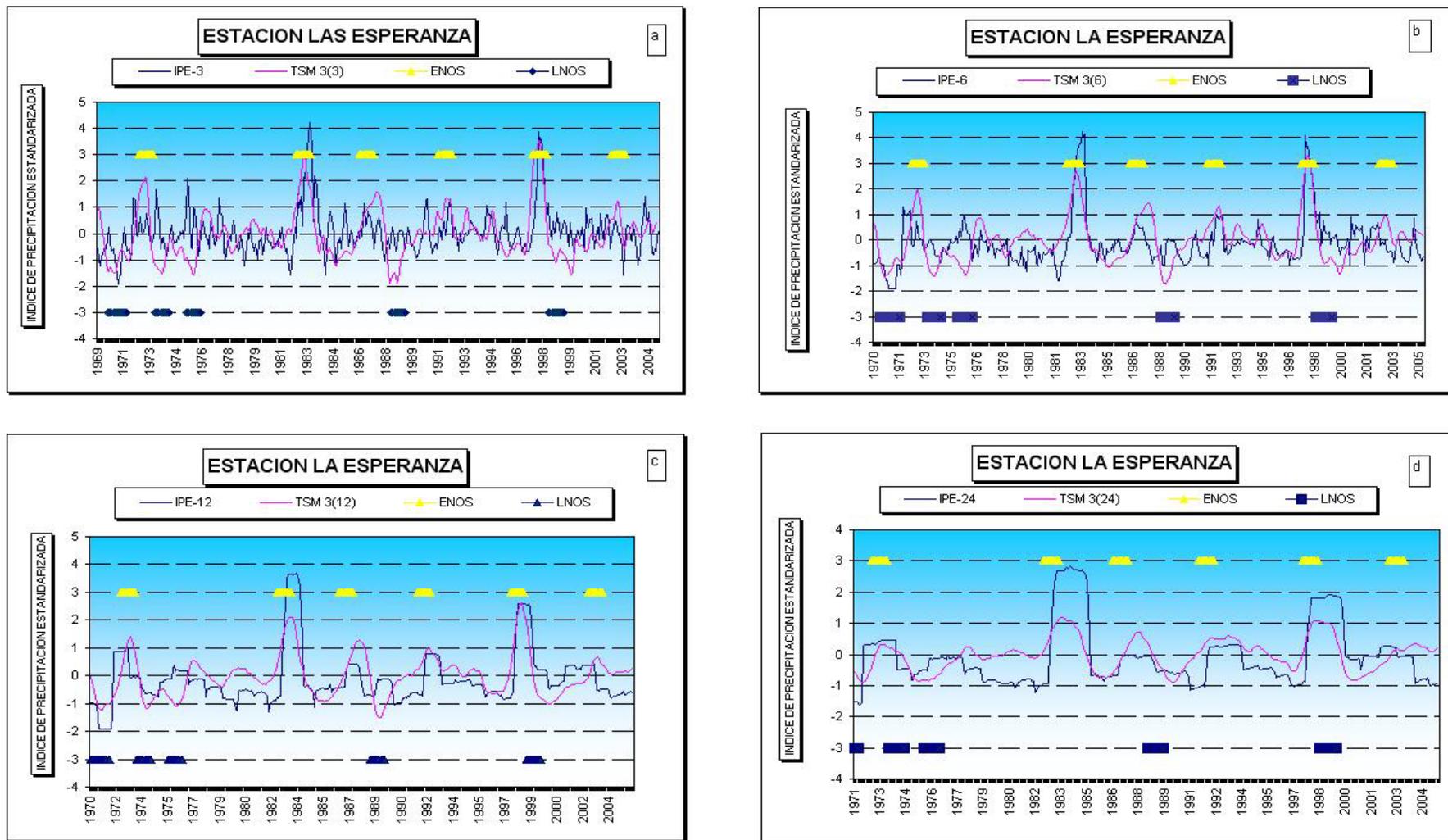


Figura 100 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación La Esperanza.

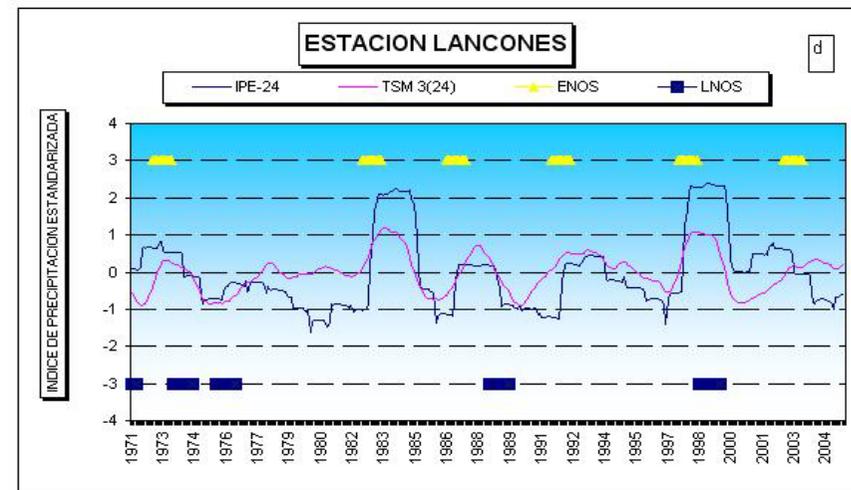
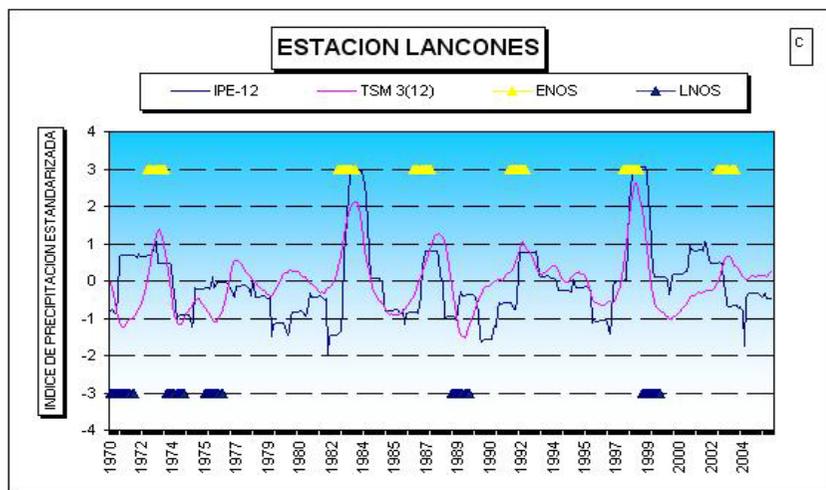
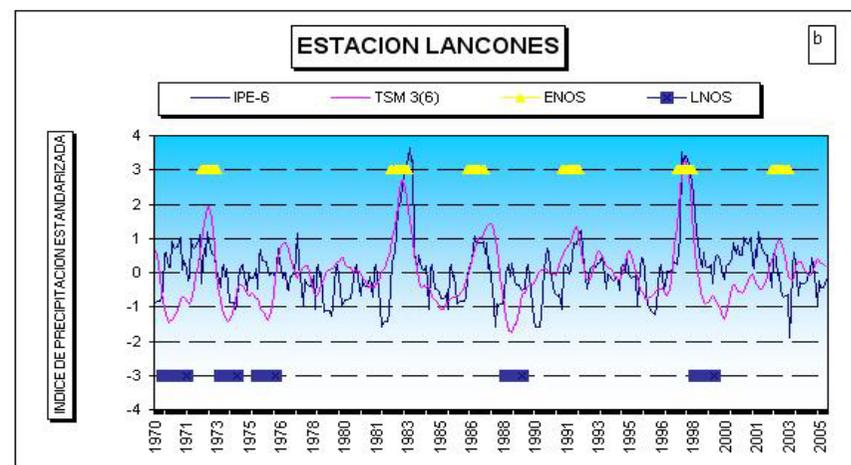
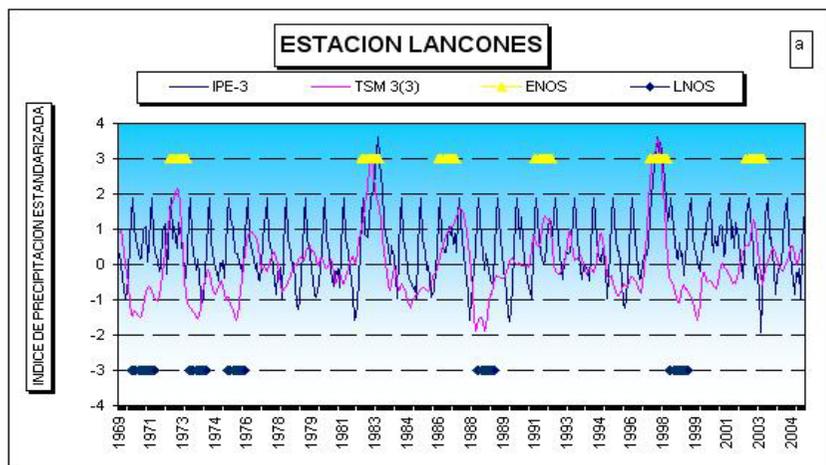


Figura 101 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Lancones.

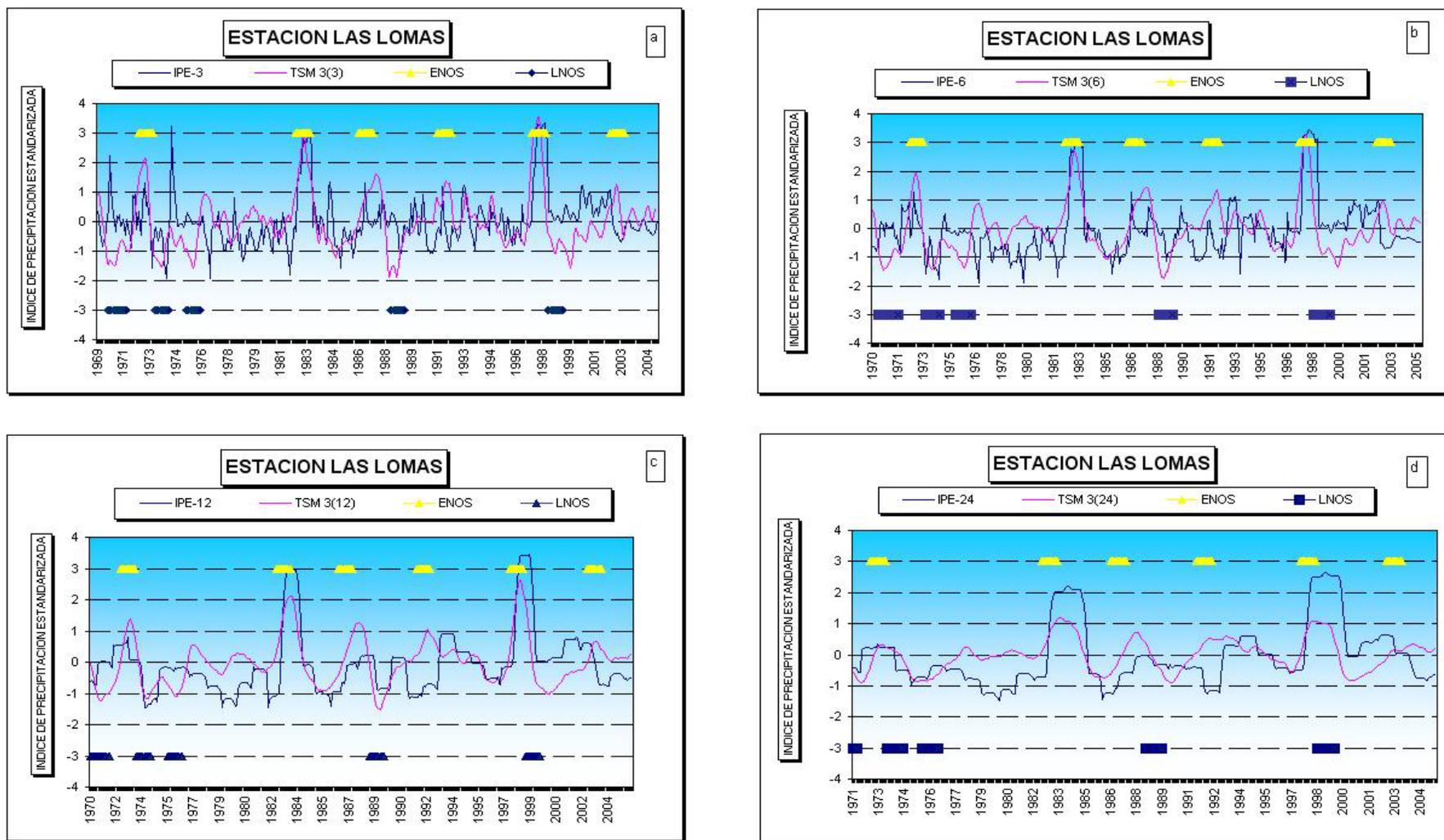


Figura 102 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Las Lomas.

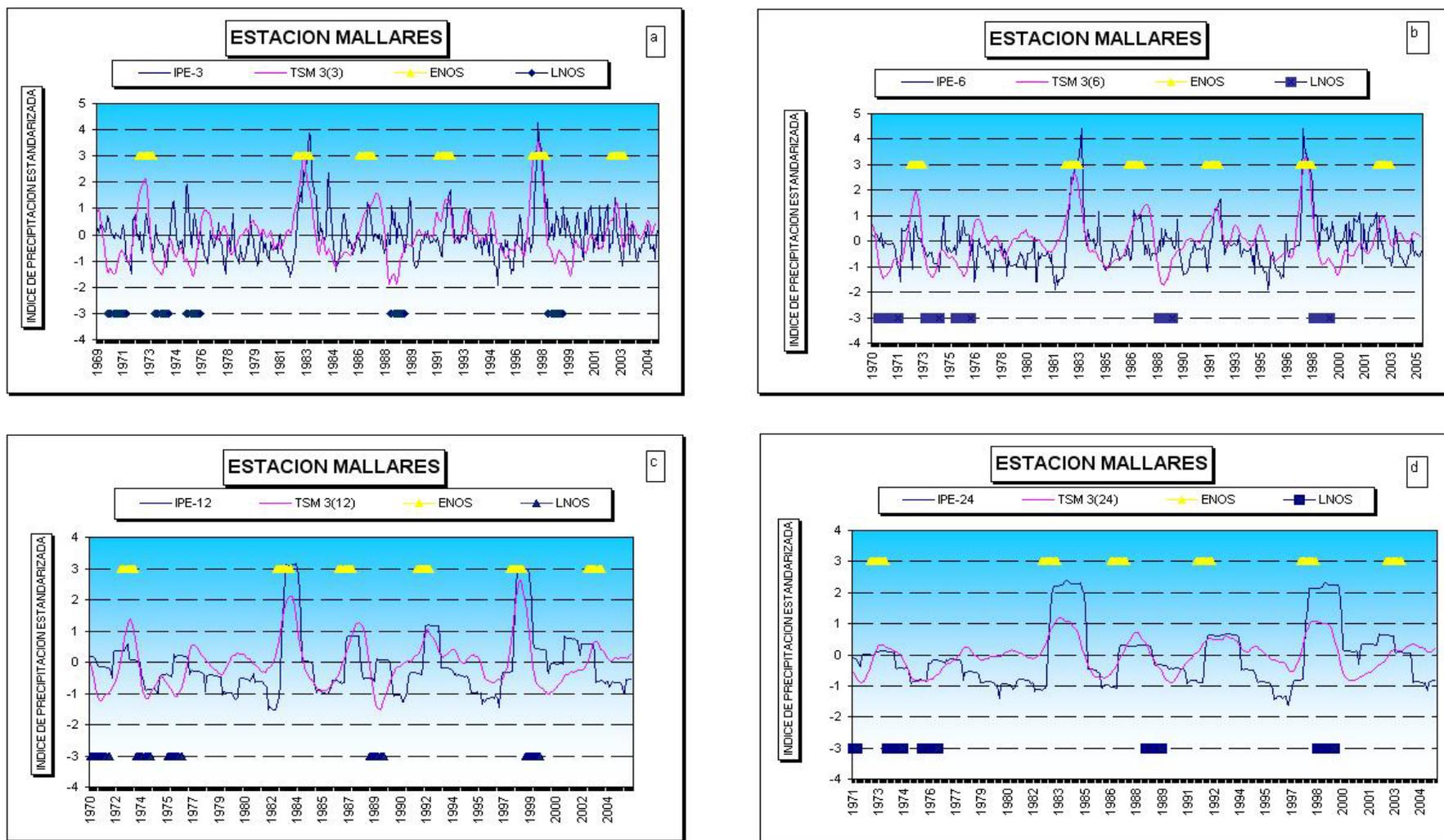


Figura 103 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Mallares.

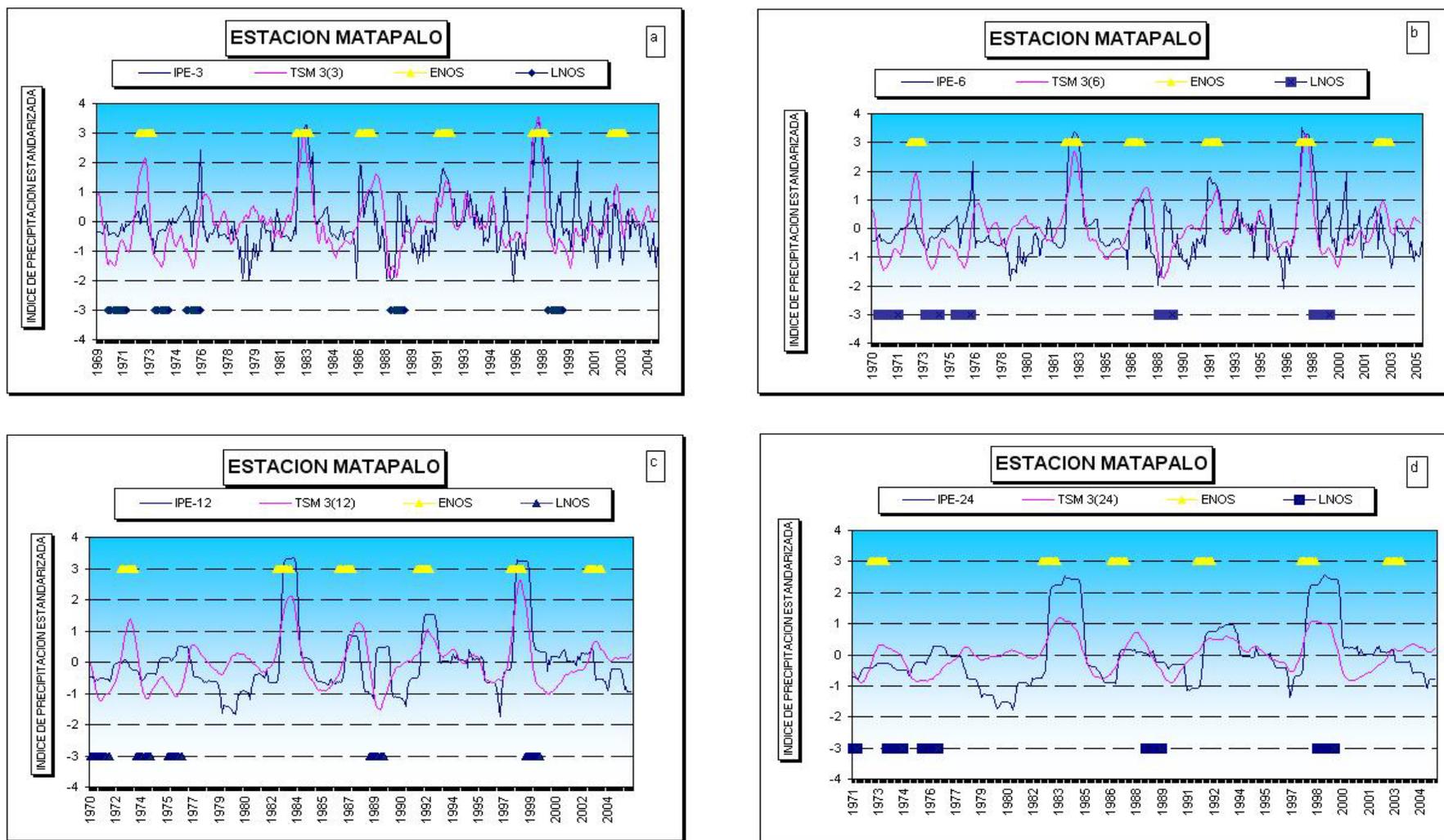


Figura 104 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Matapalo.

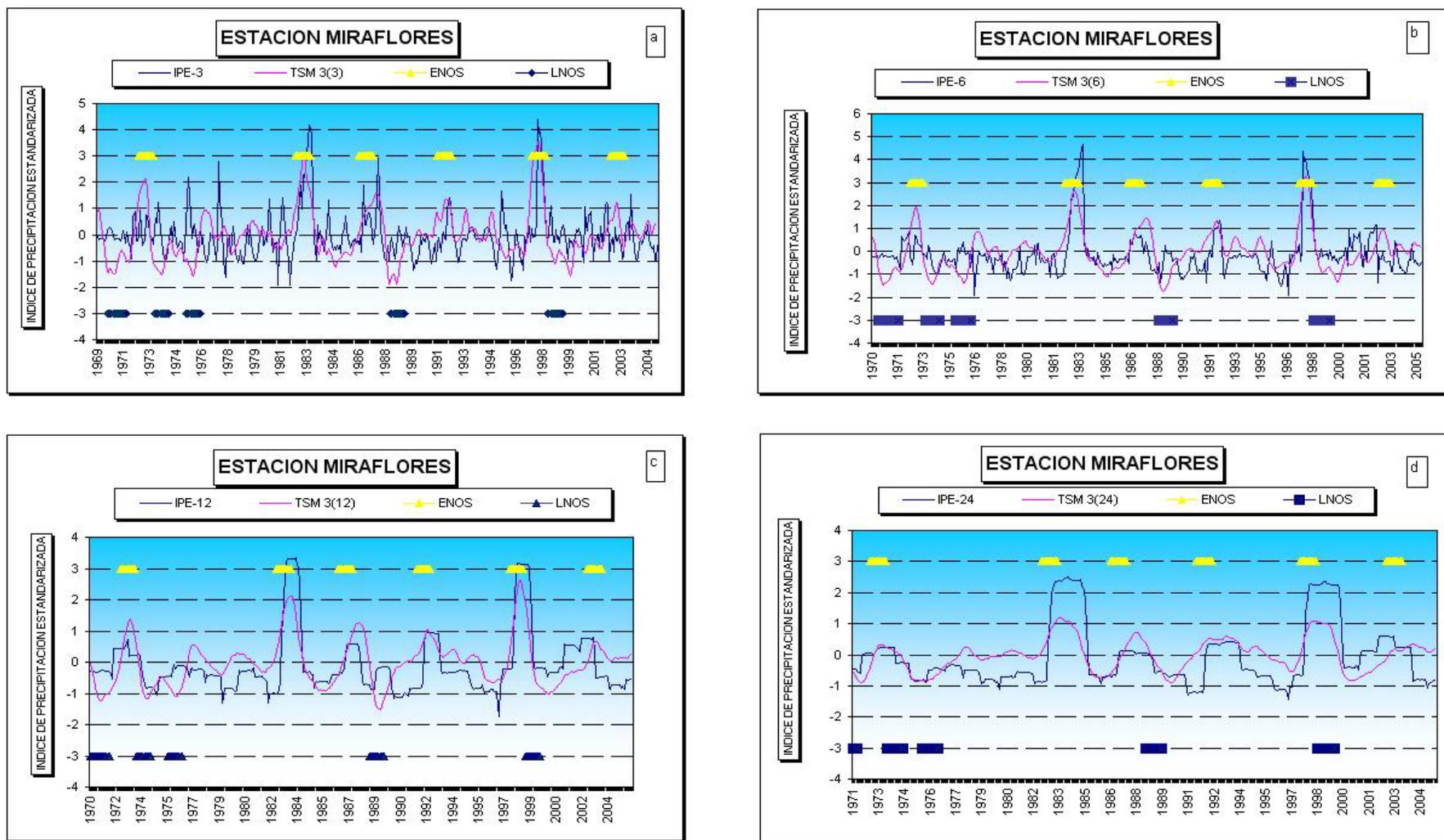


Figura 105 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Miraflores.

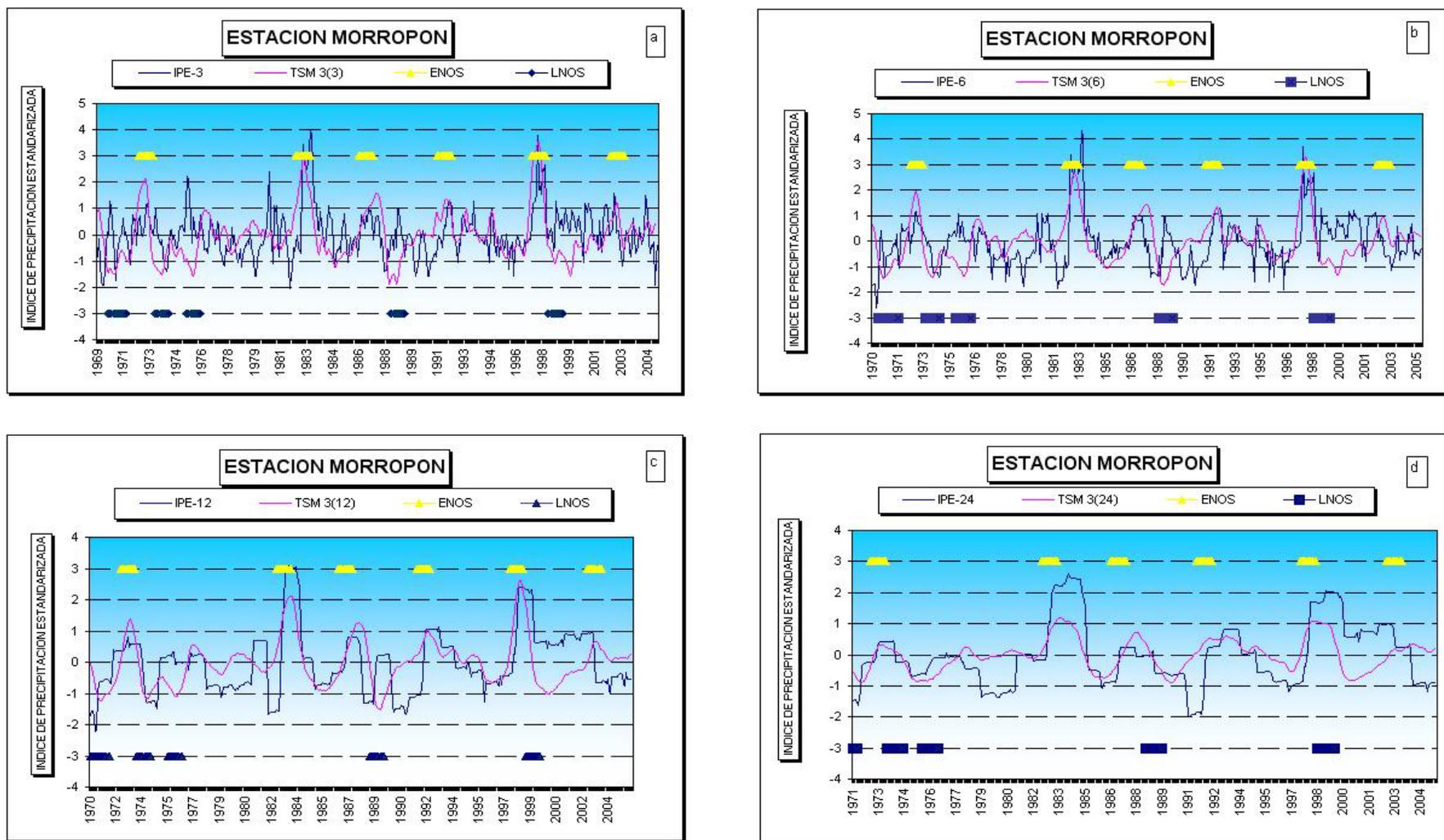


Figura 106 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Morropón.

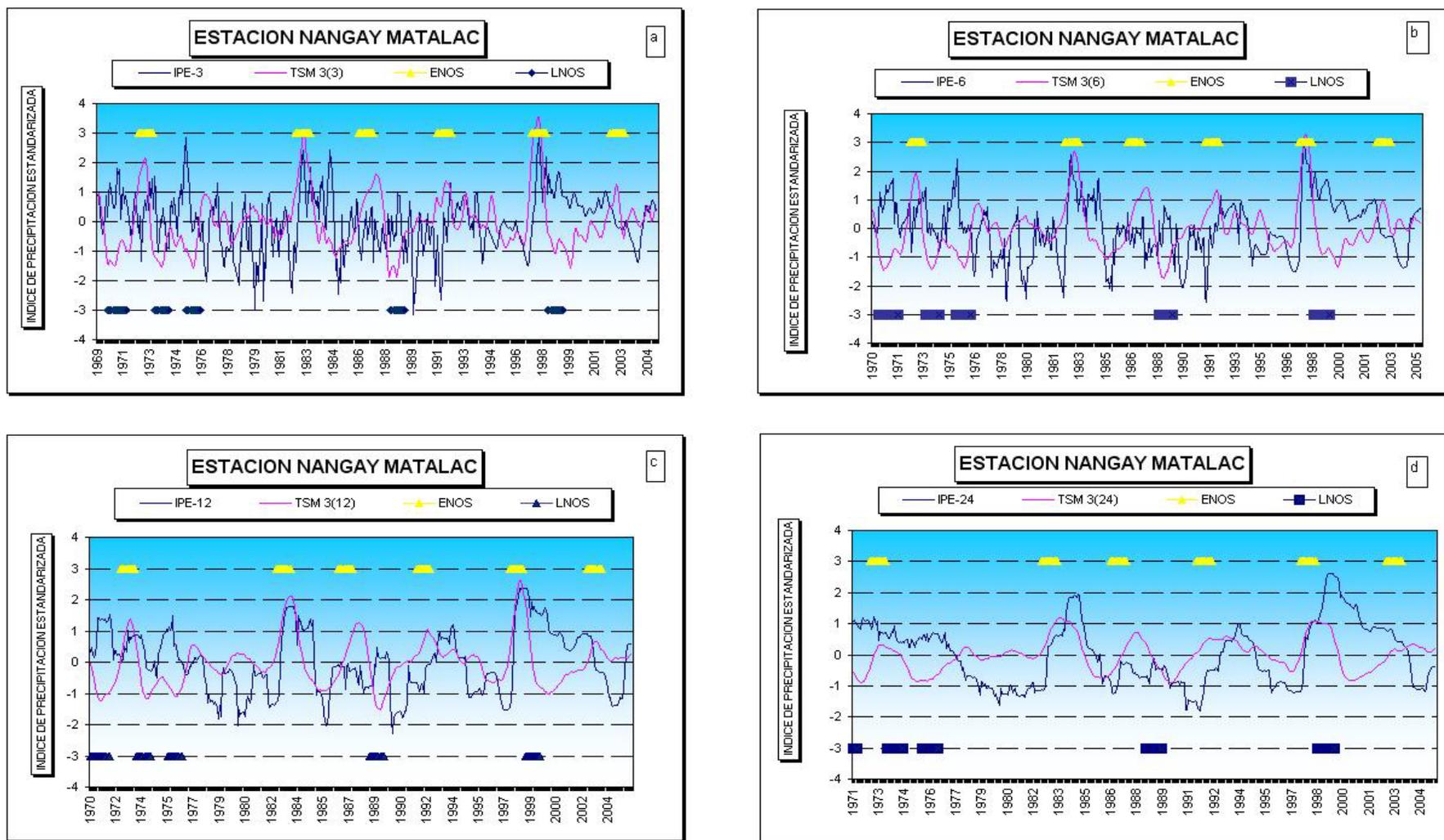


Figura 107 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Sangay Matalac.

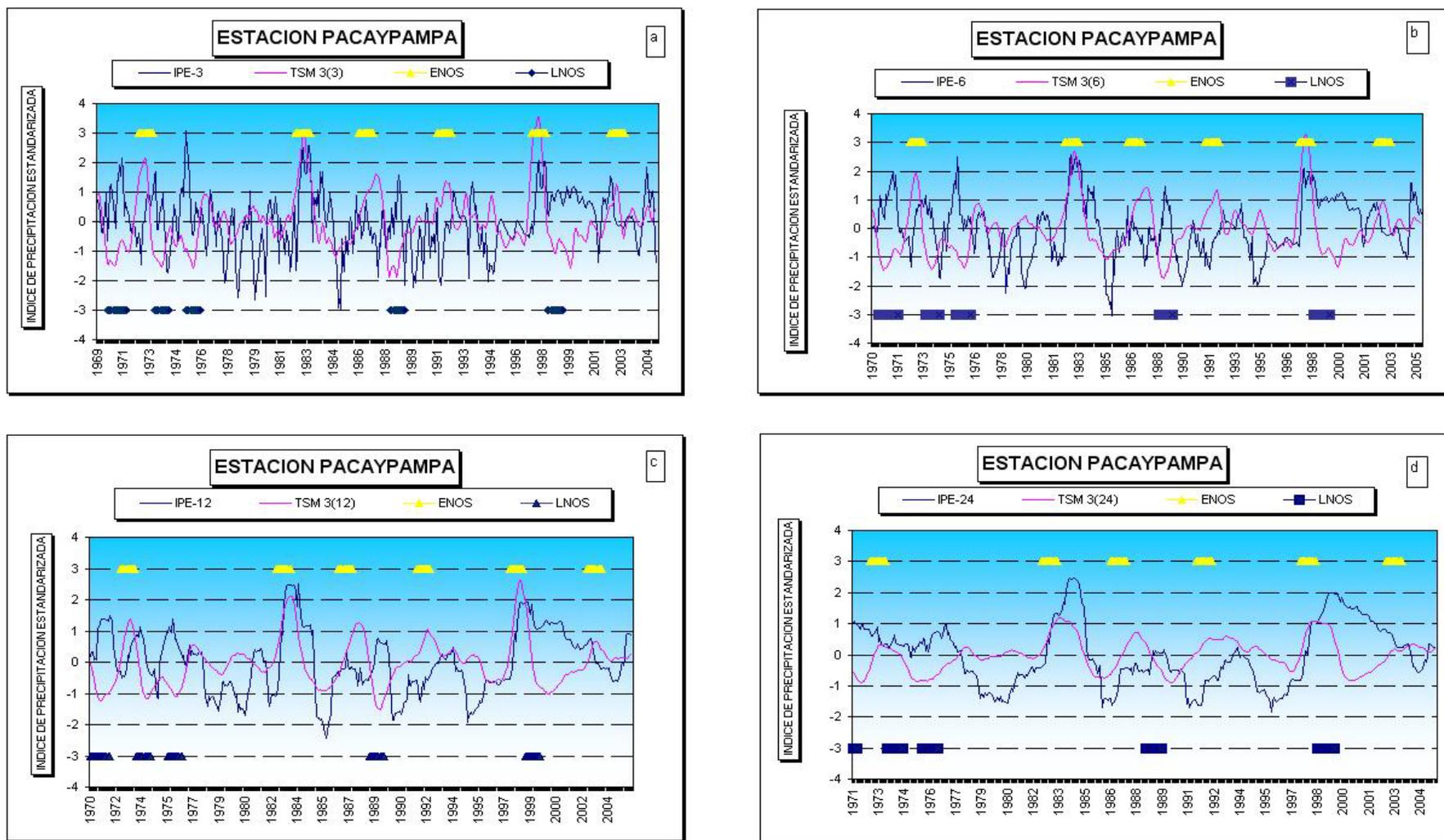


Figura 108 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Pacaypampa.

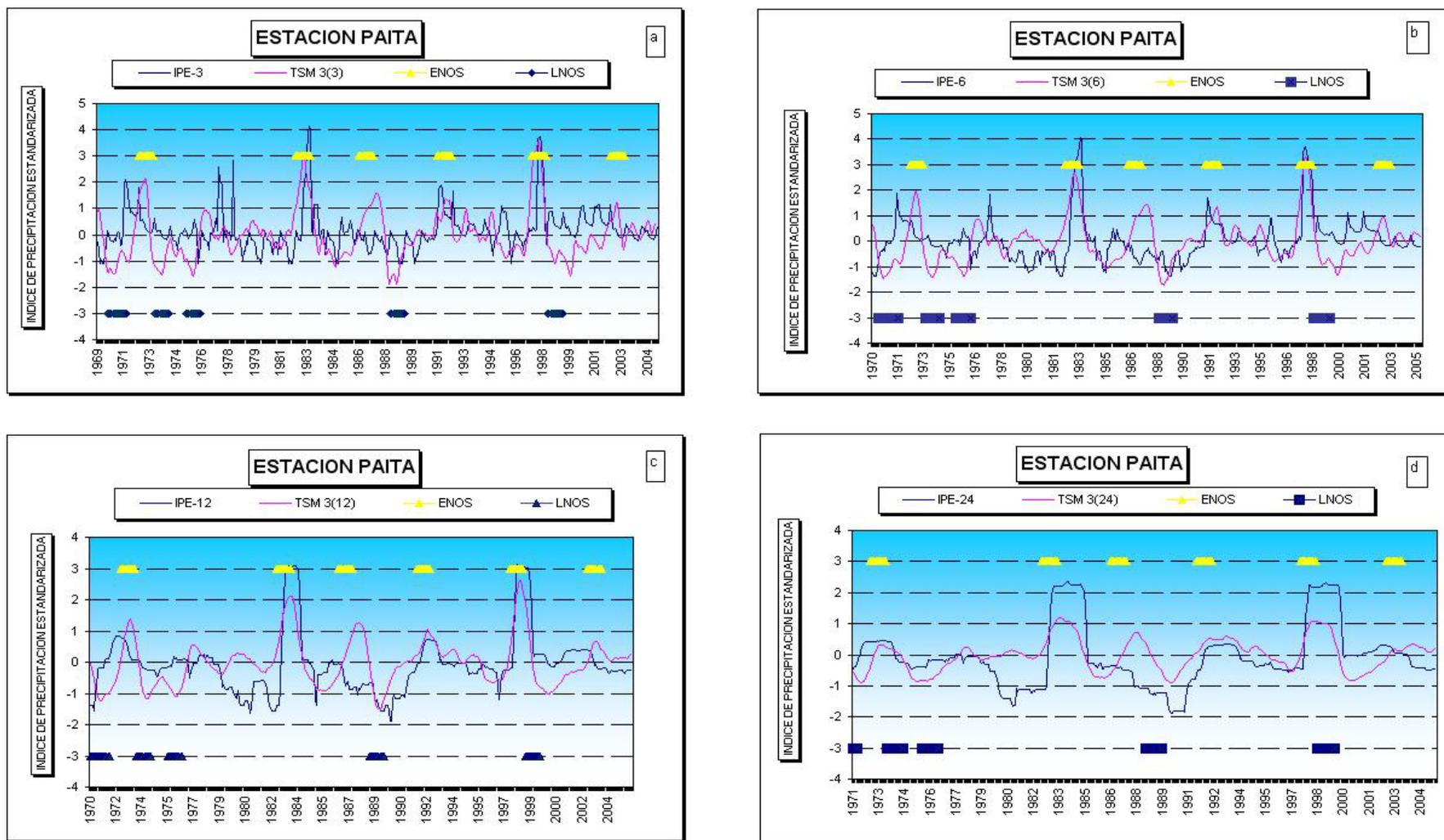


Figura 109 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Paita.

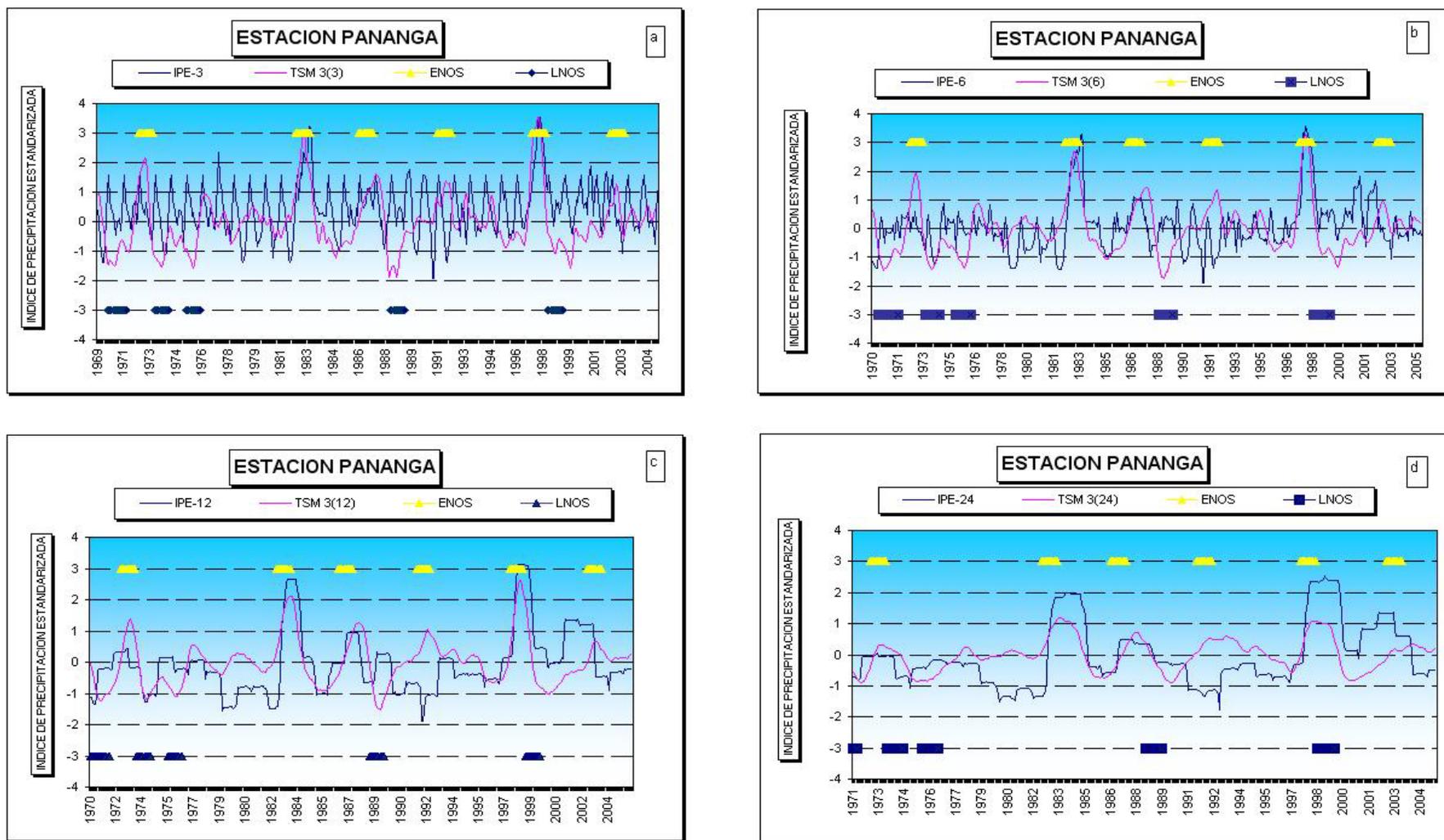


Figura 110 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Pananga.

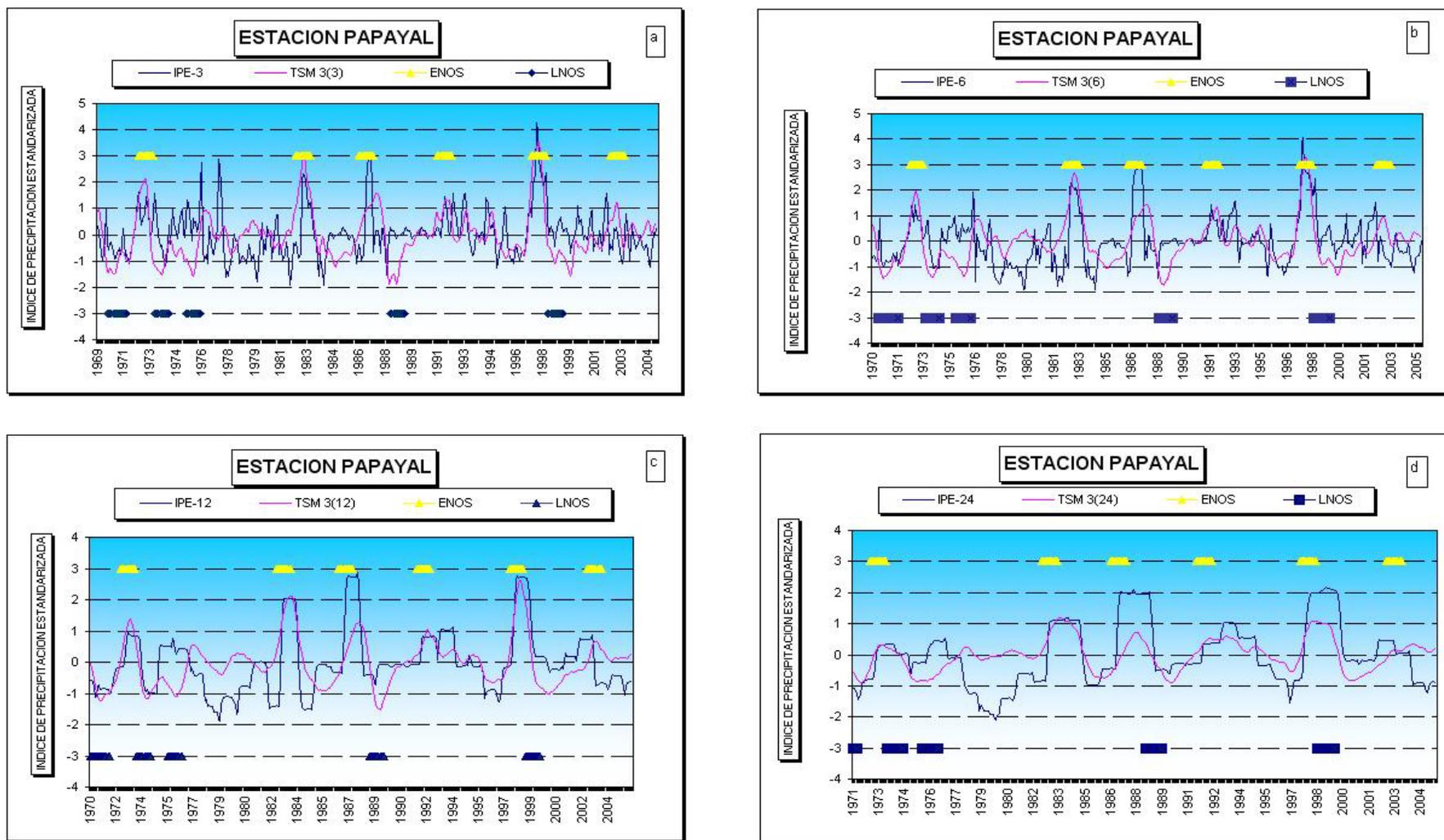


Figura 111 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Papayal.

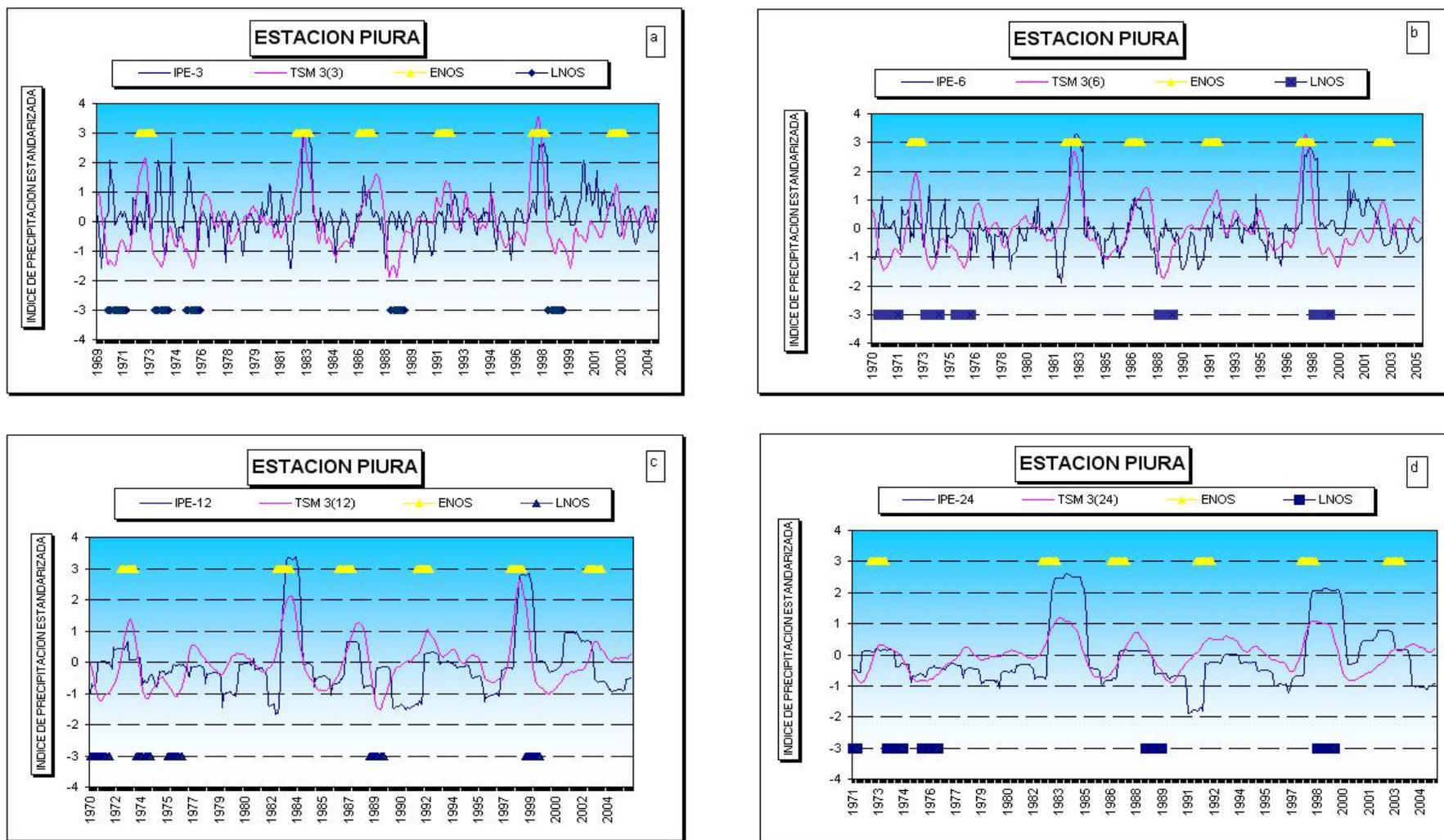


Figura 112 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Piura.

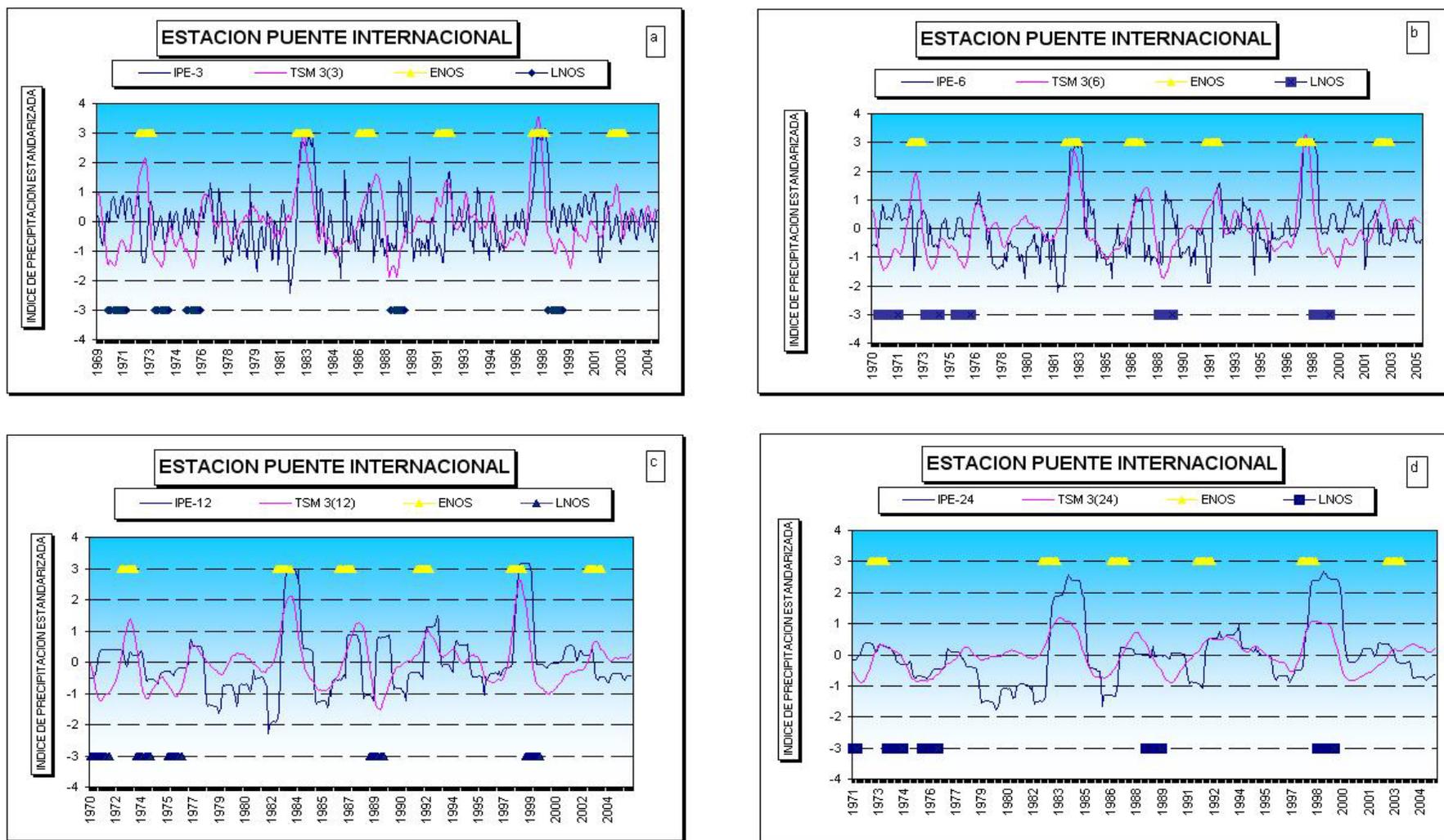


Figura 113 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Puente Internacional.

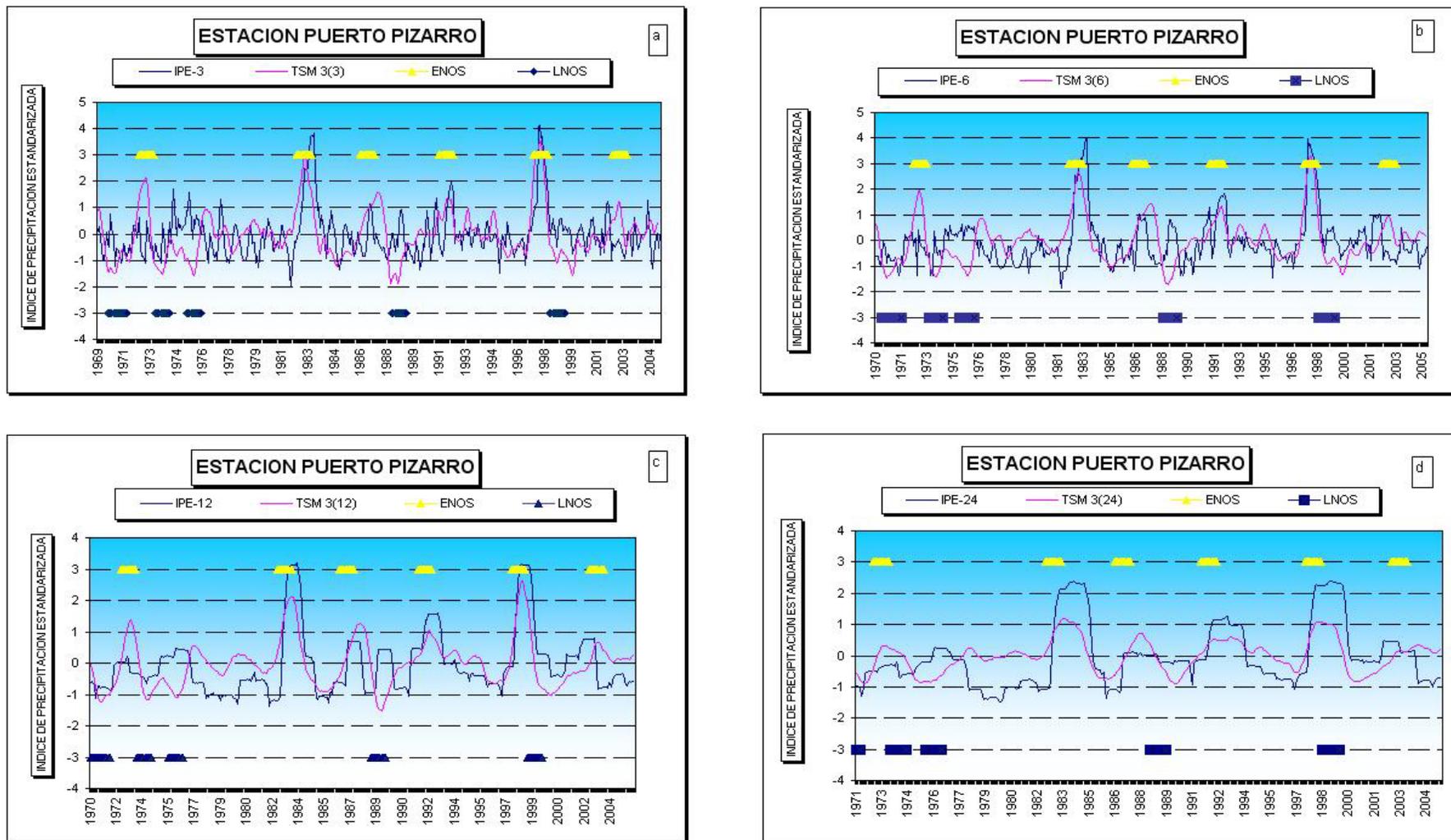


Figura 114 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Puerto Pizarro.

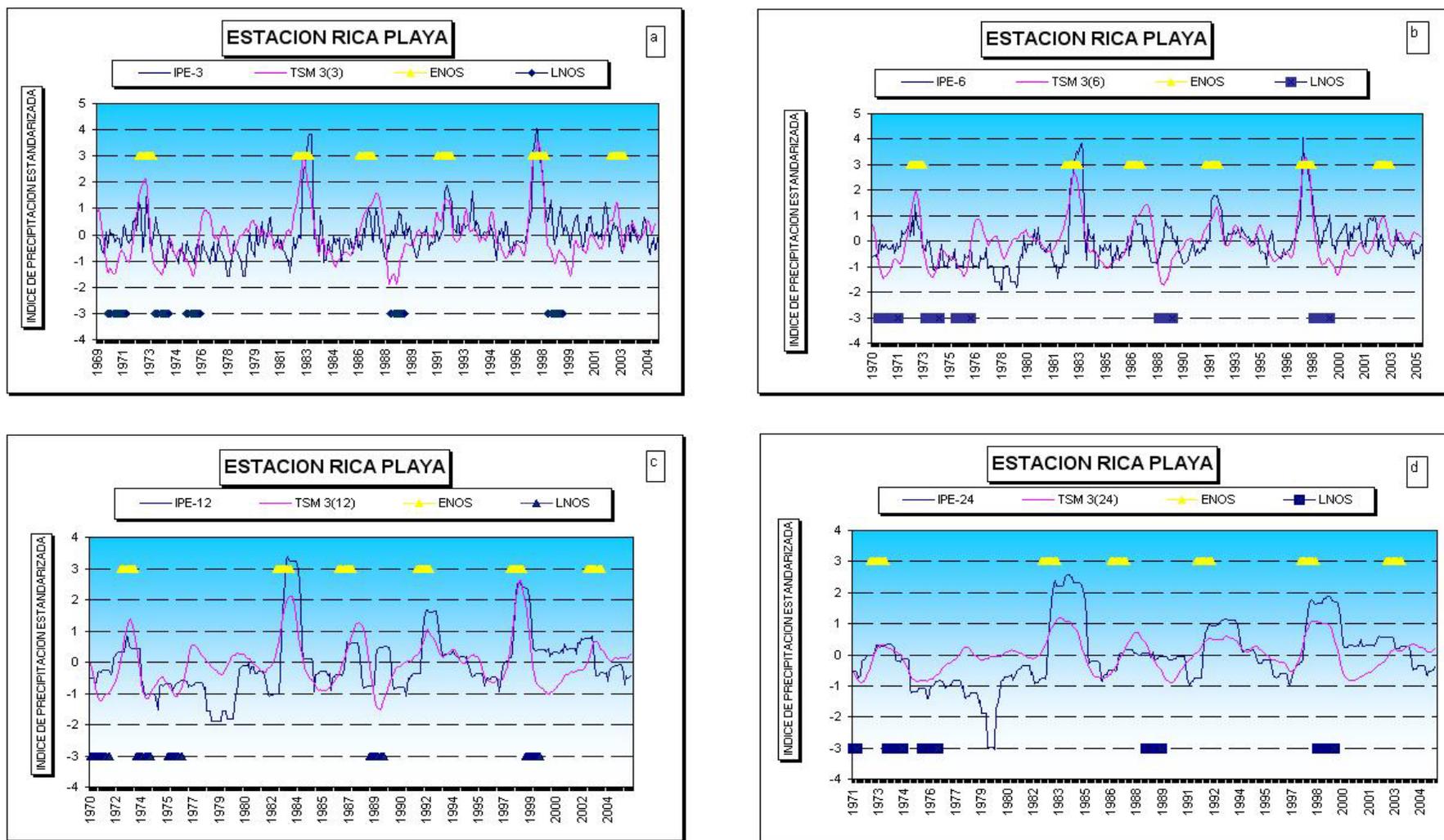


Figura 115 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Rica Playa.

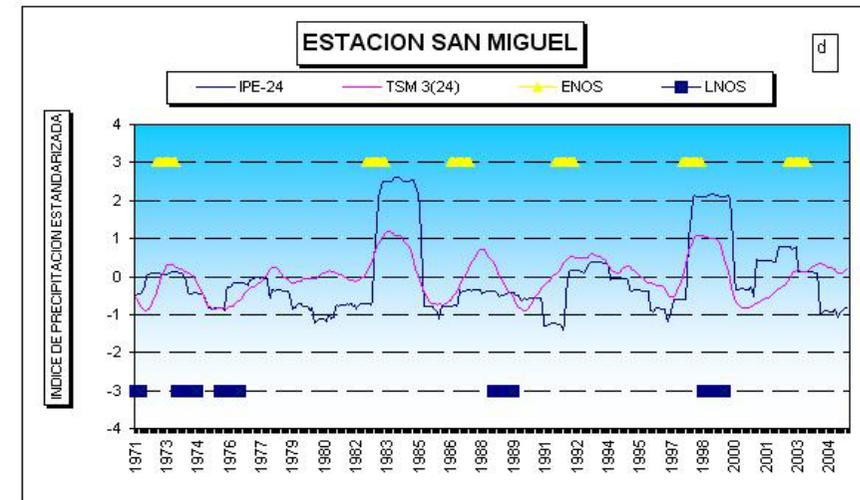
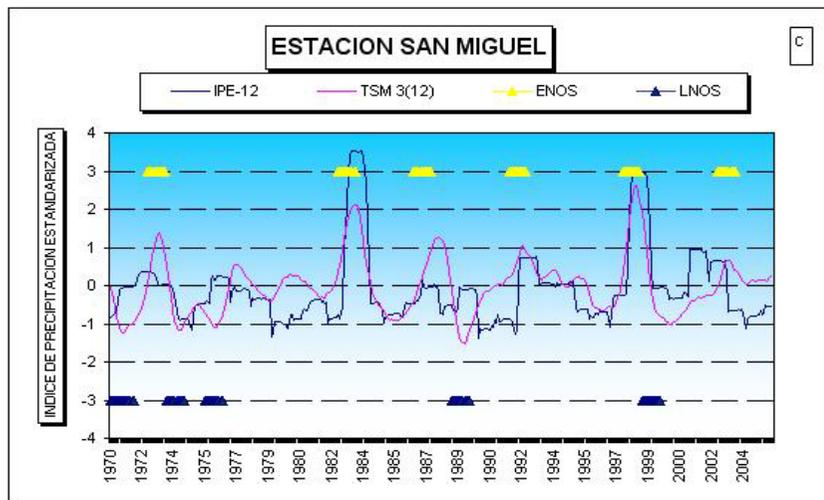
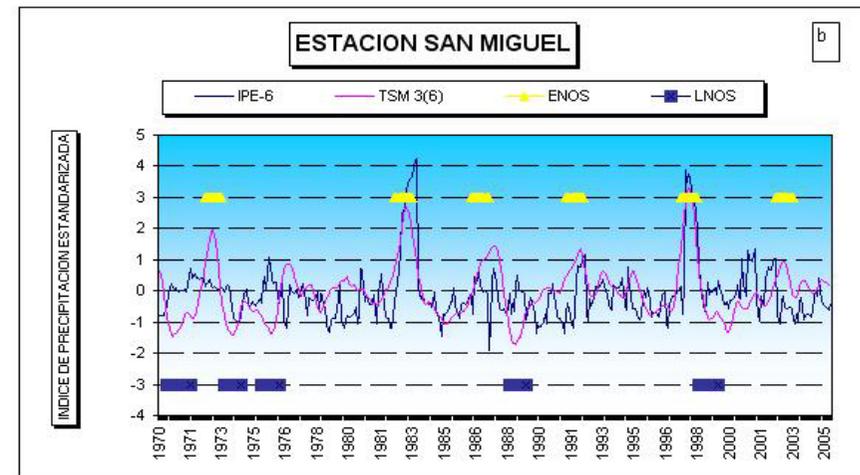
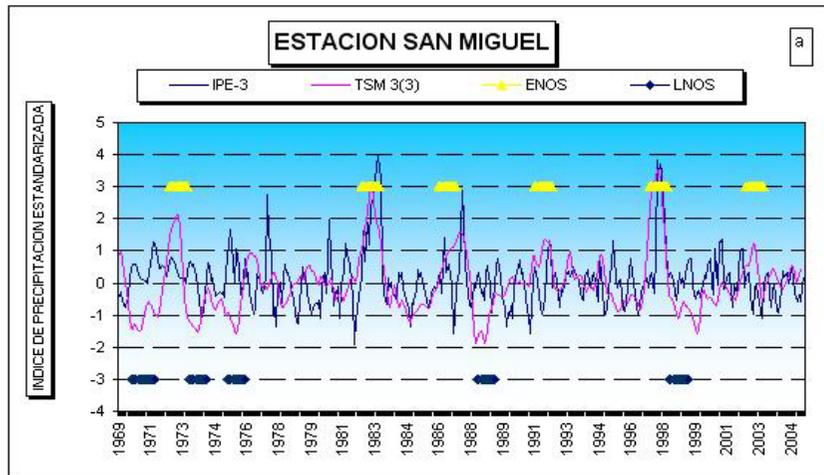


Figura 116 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación San Miguel.

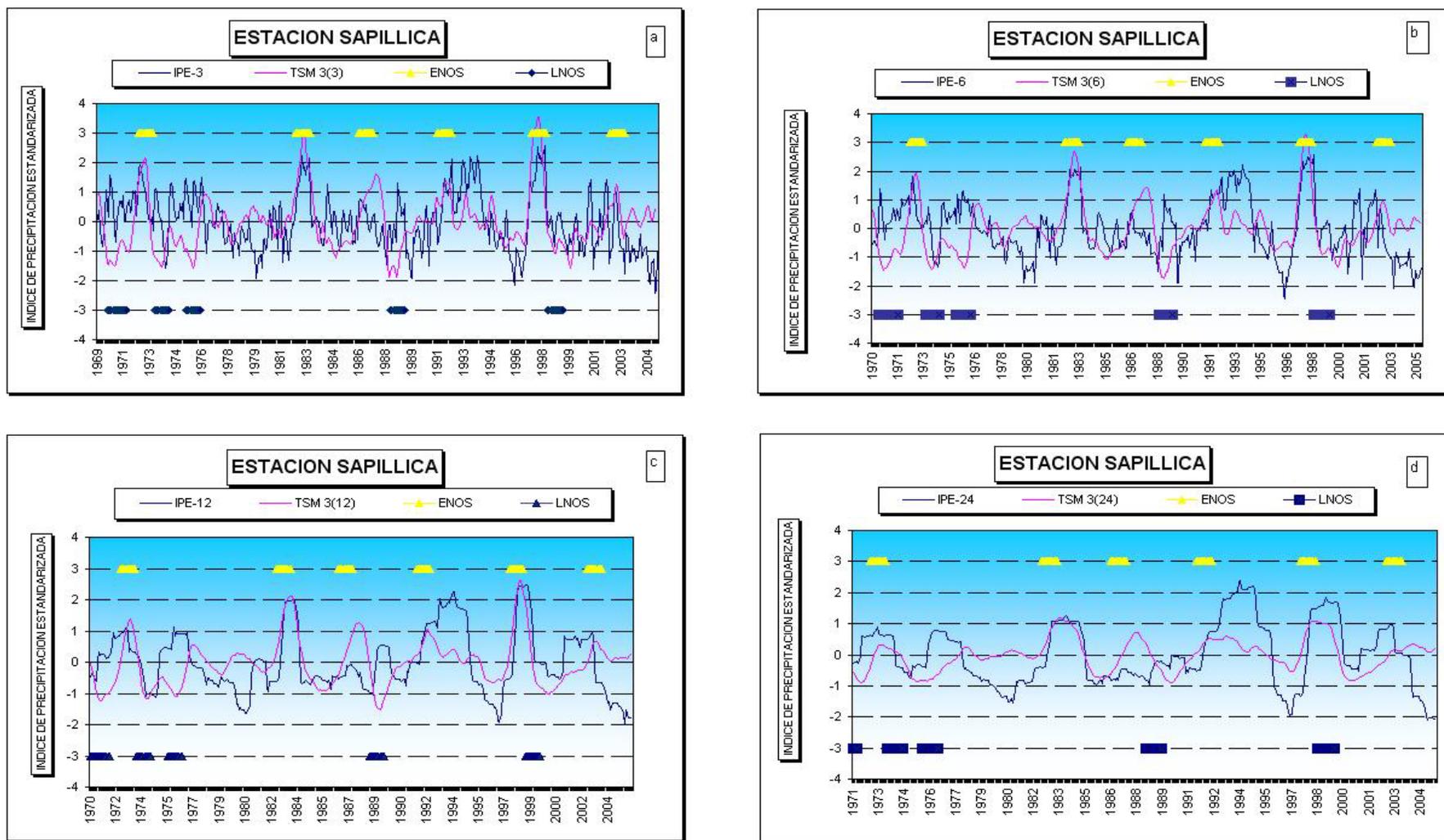


Figura 117 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Sapillica.

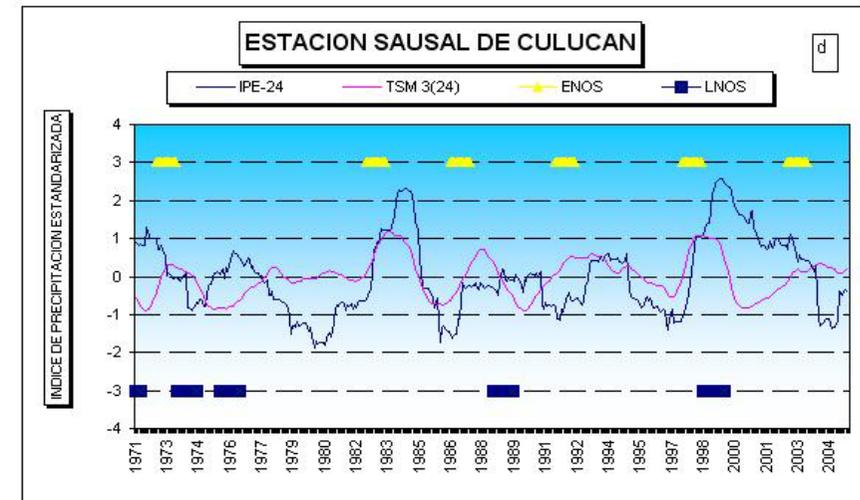
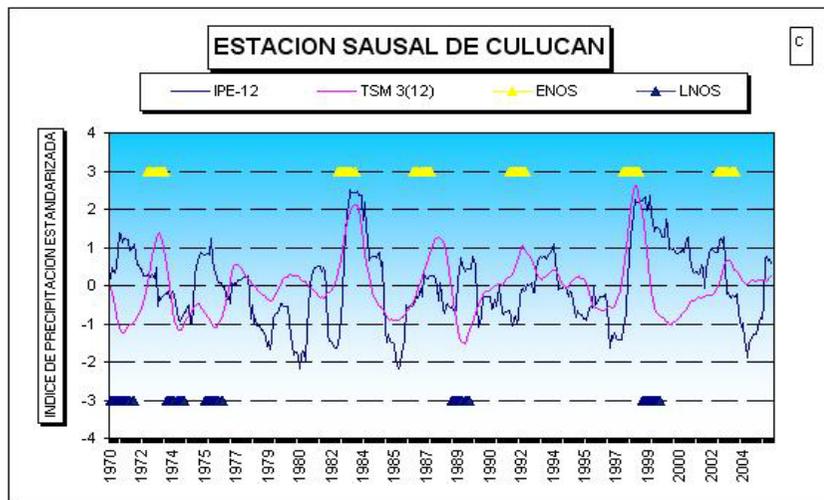
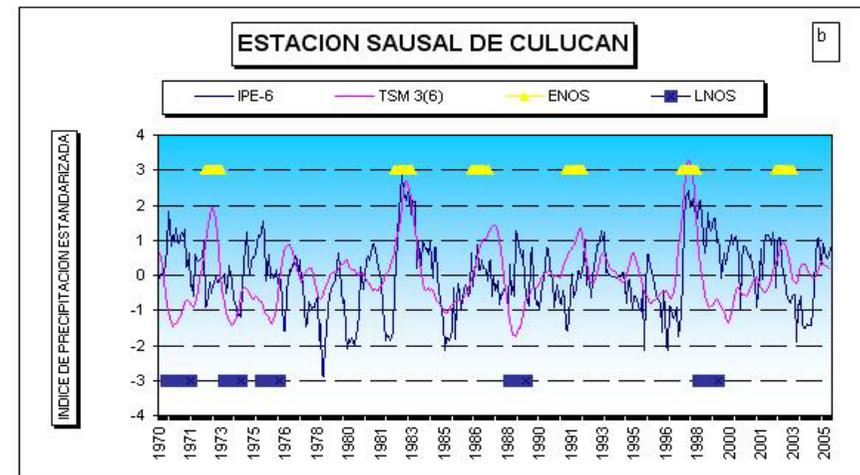
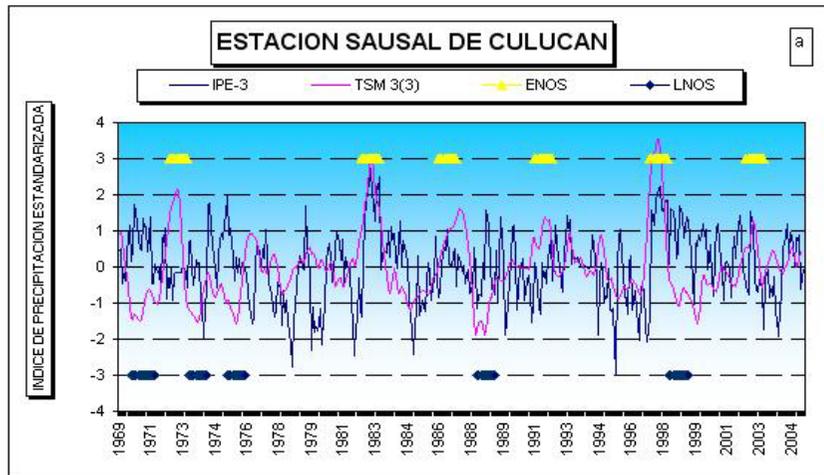


Figura 118 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Sausal de Culucan.

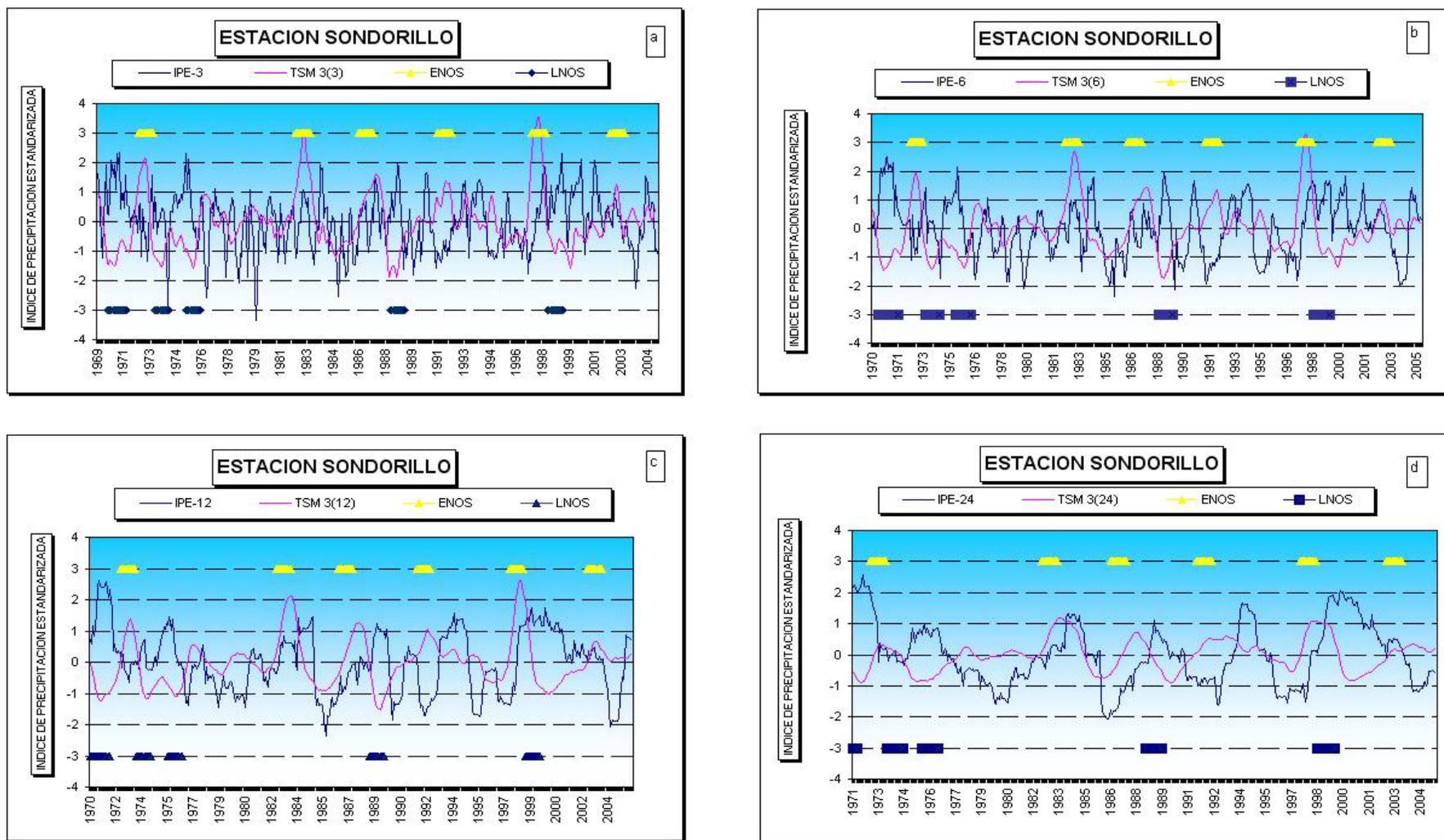


Figura 119 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Sondorillo.

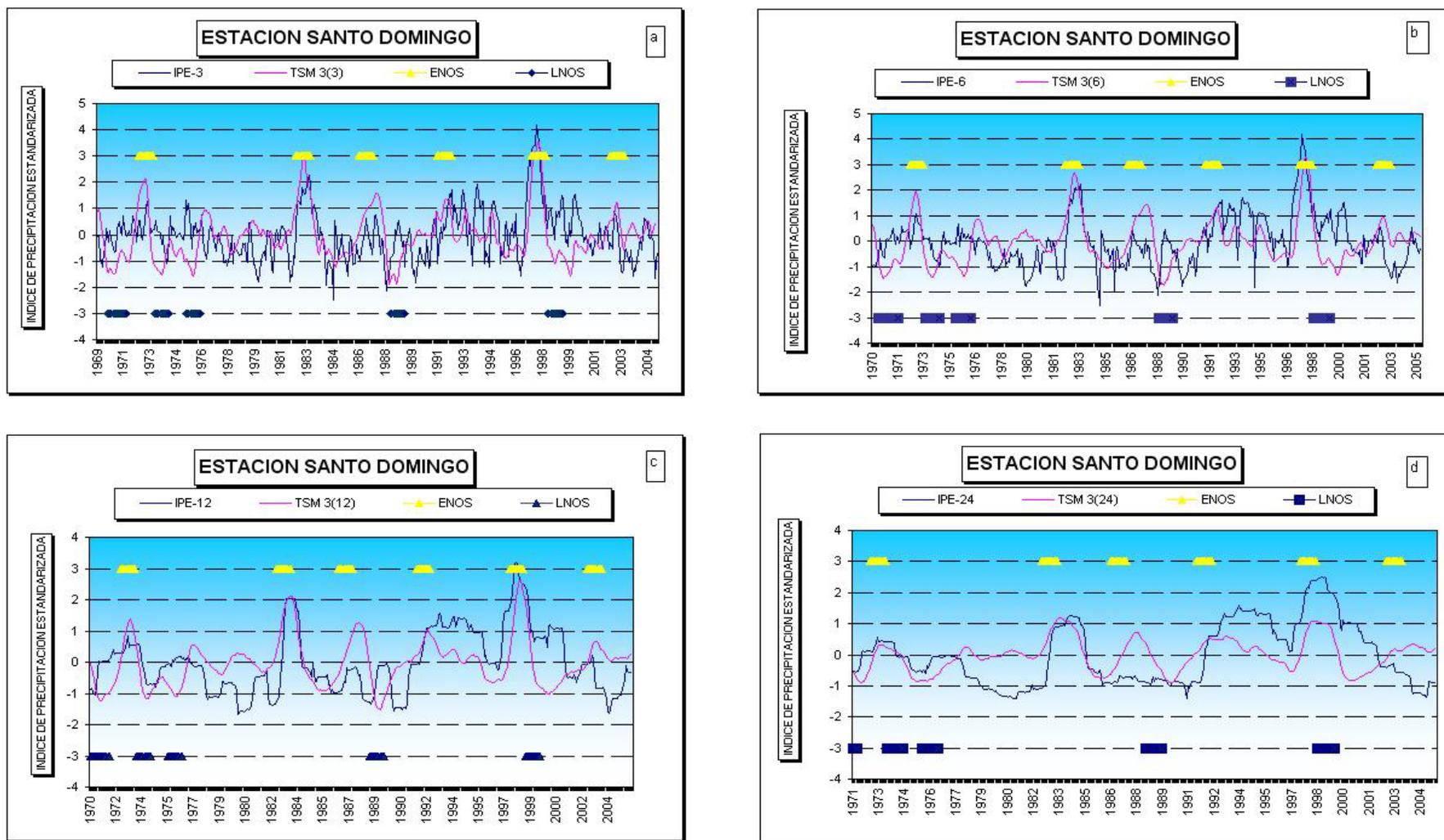


Figura 120 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Santo Domingo.

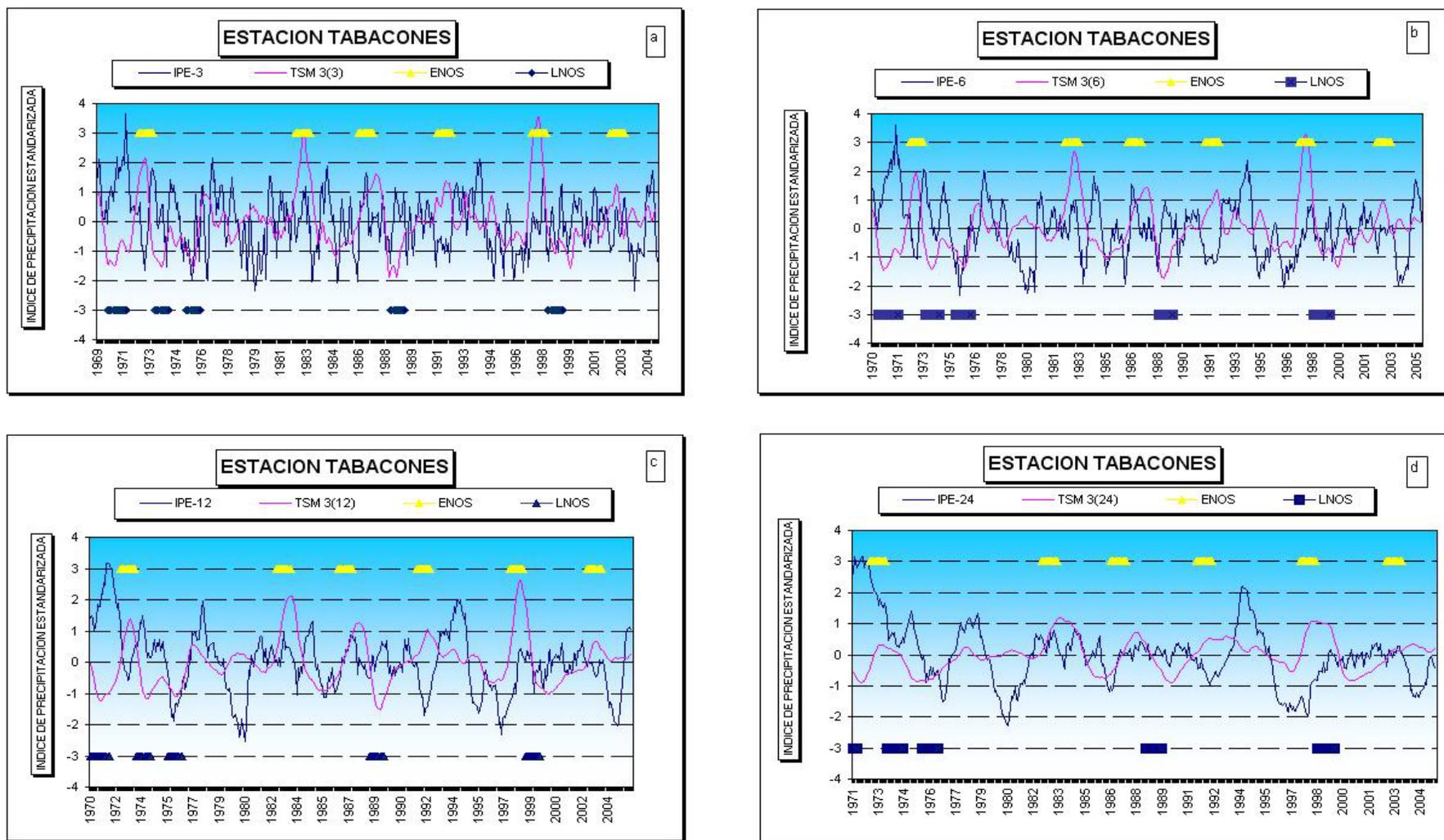


Figura 121 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Tabacones.

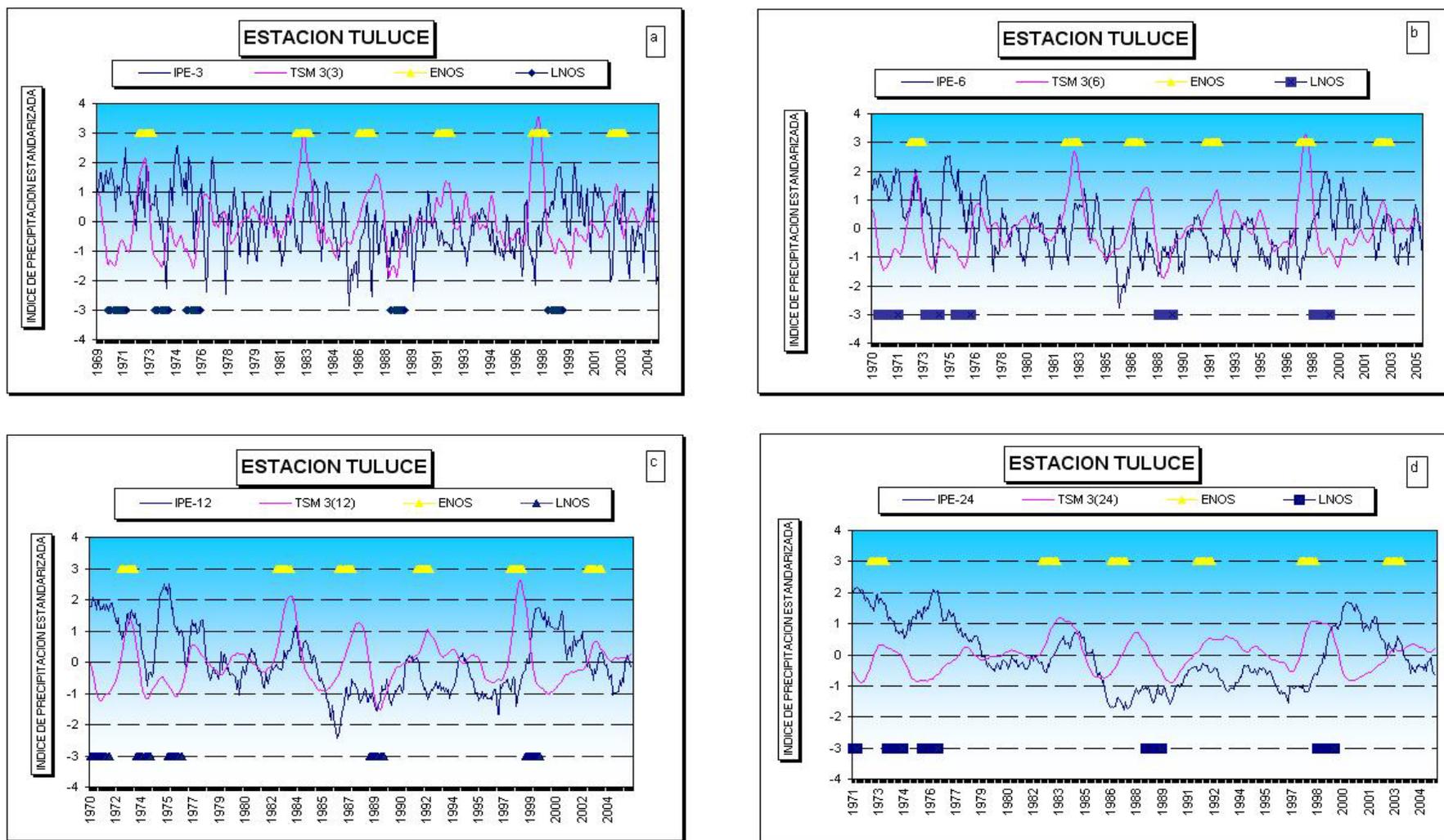


Figura 122 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación Tuluze.

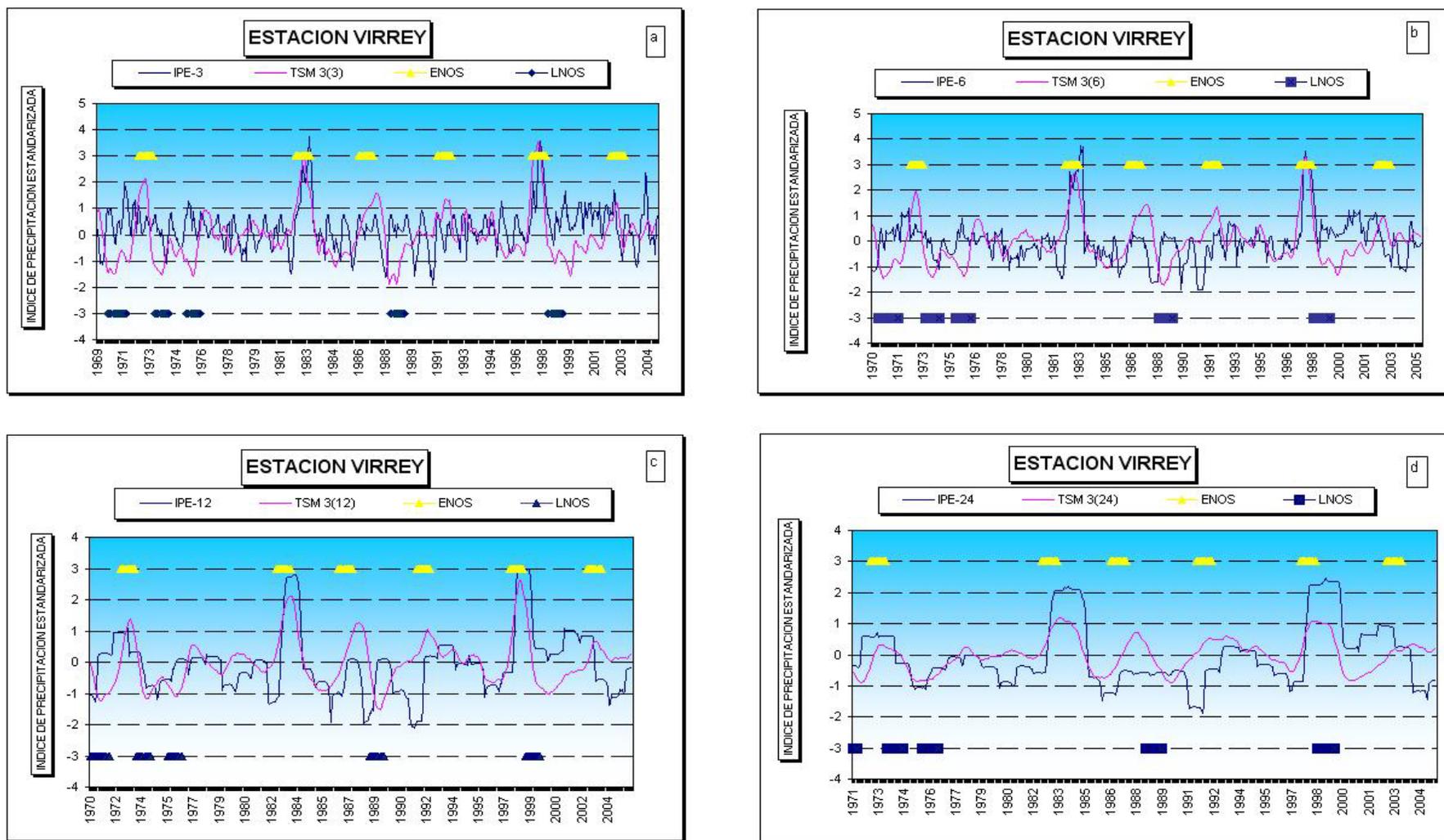


Figura 123 a, b, c y d Valores del Índice de Precipitación Estandarizada (IPE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Estación El Virrey.

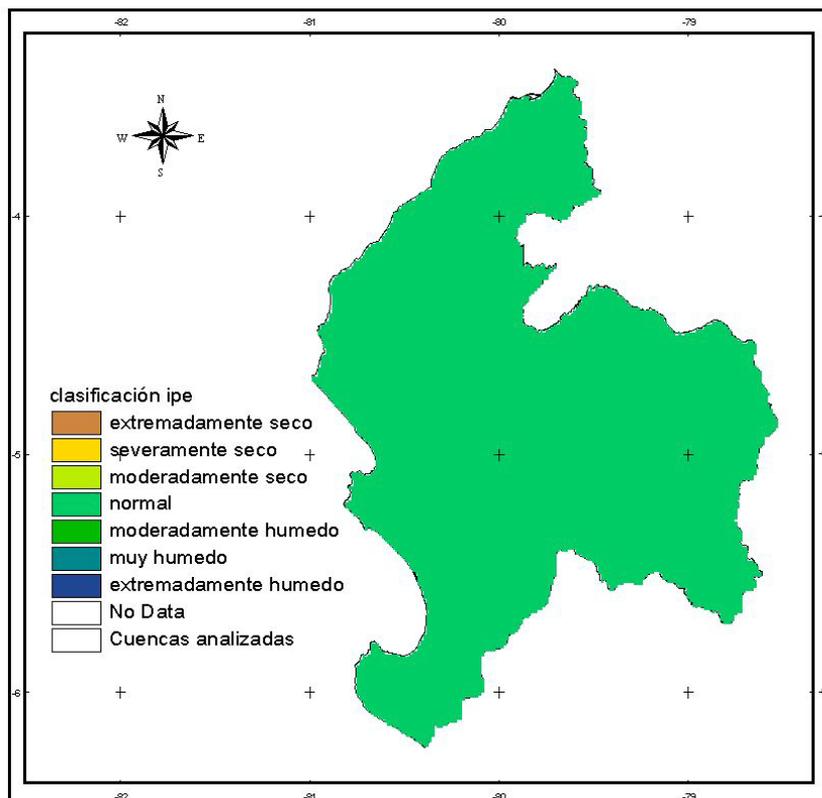


Figura 124 Valores del IPE-3 para el evento ENOS 72-73

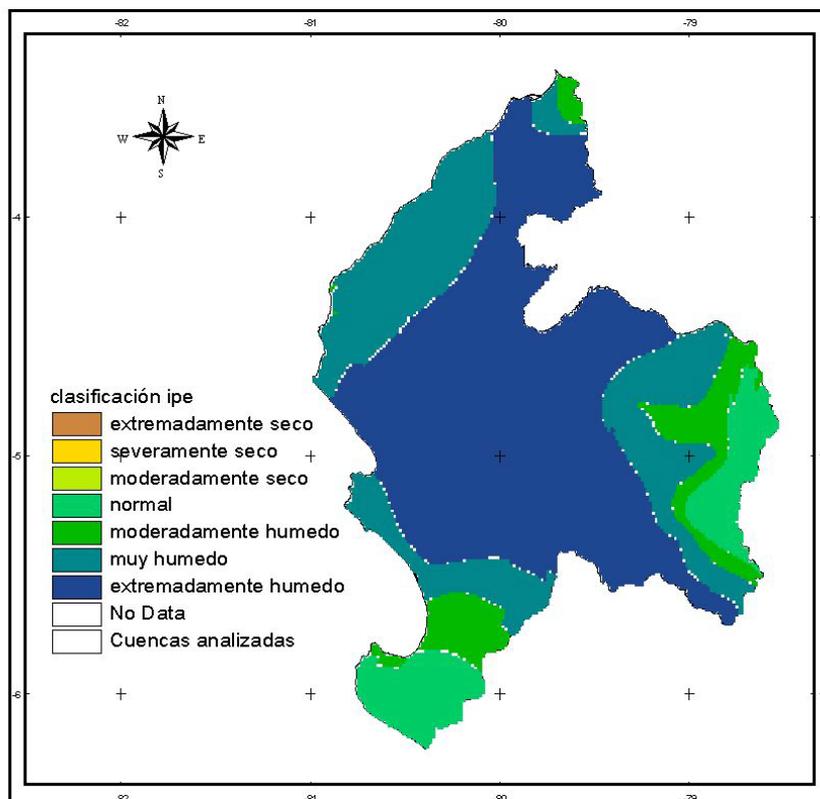


Figura 125 Valores del IPE-3 para el evento ENOS 82-83

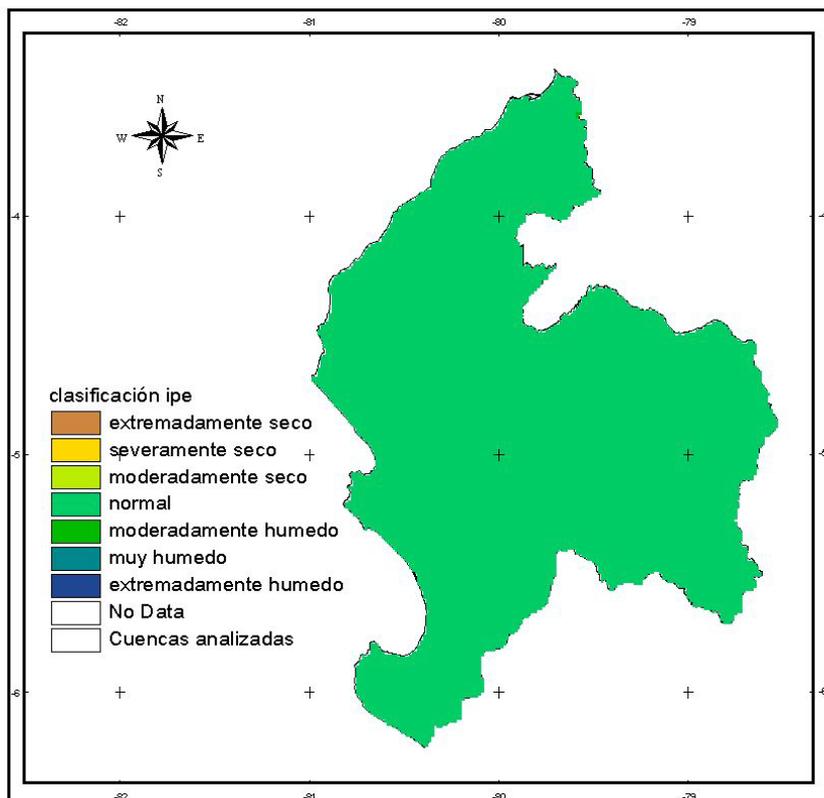


Figura 126 Valores del IPE-3 para el evento ENOS 86-87

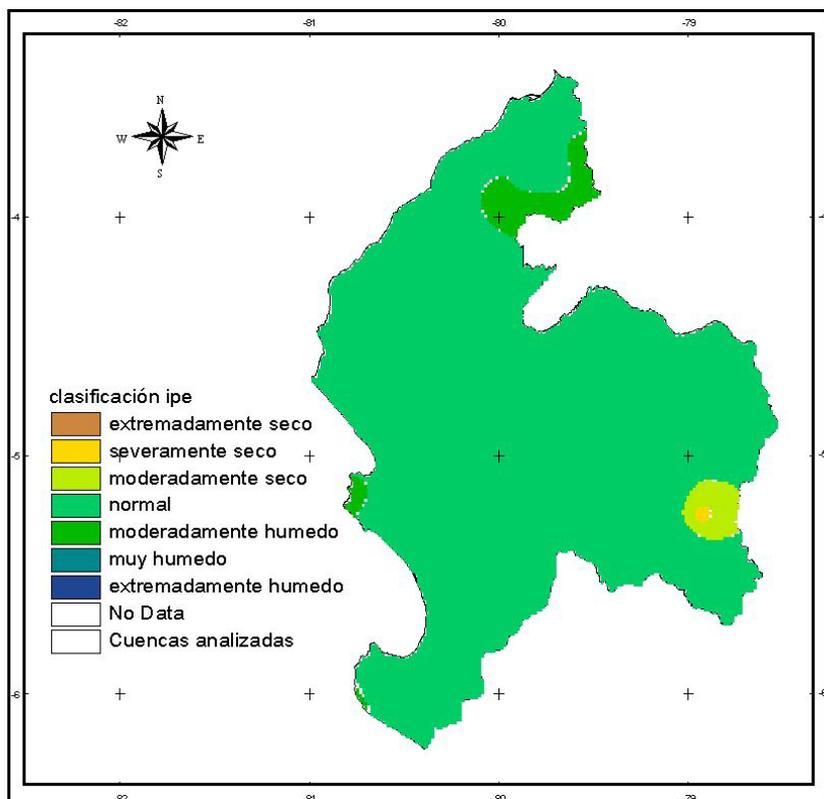


Figura 127 Valores del IPE-3 para el evento ENOS 91-92

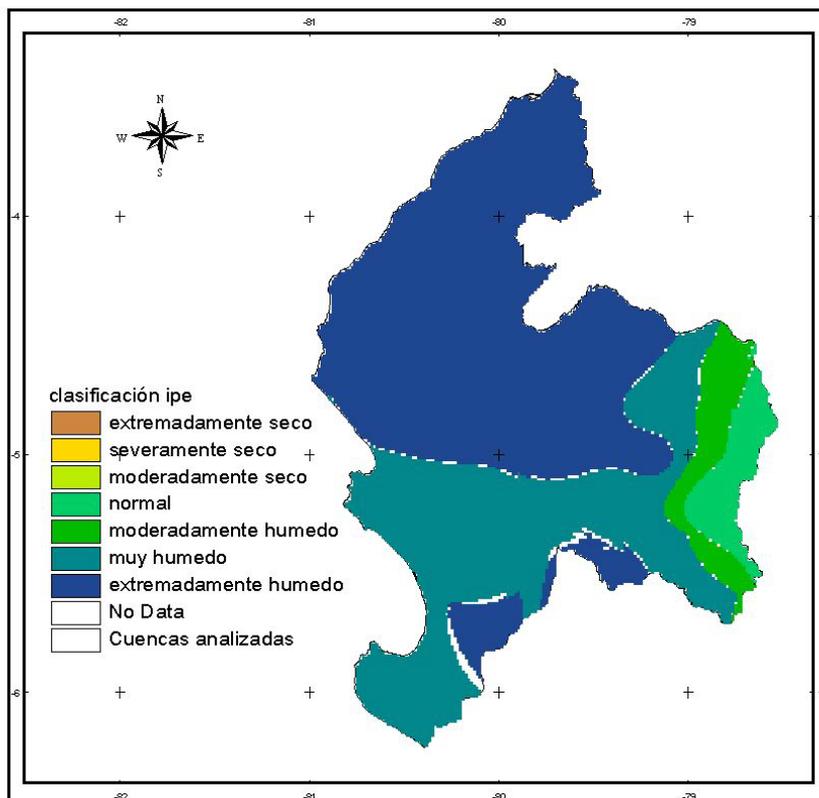


Figura 128 Valores del IPE-3 para el evento ENOS 97-98

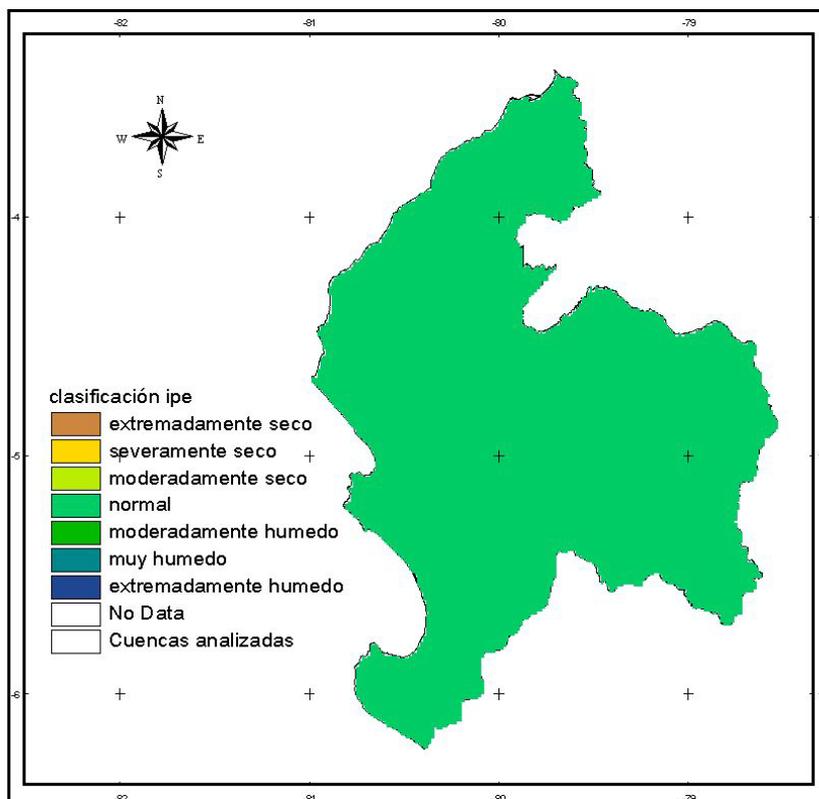


Figura 129 Valores del IPE-3 para el evento ENOS 02-03

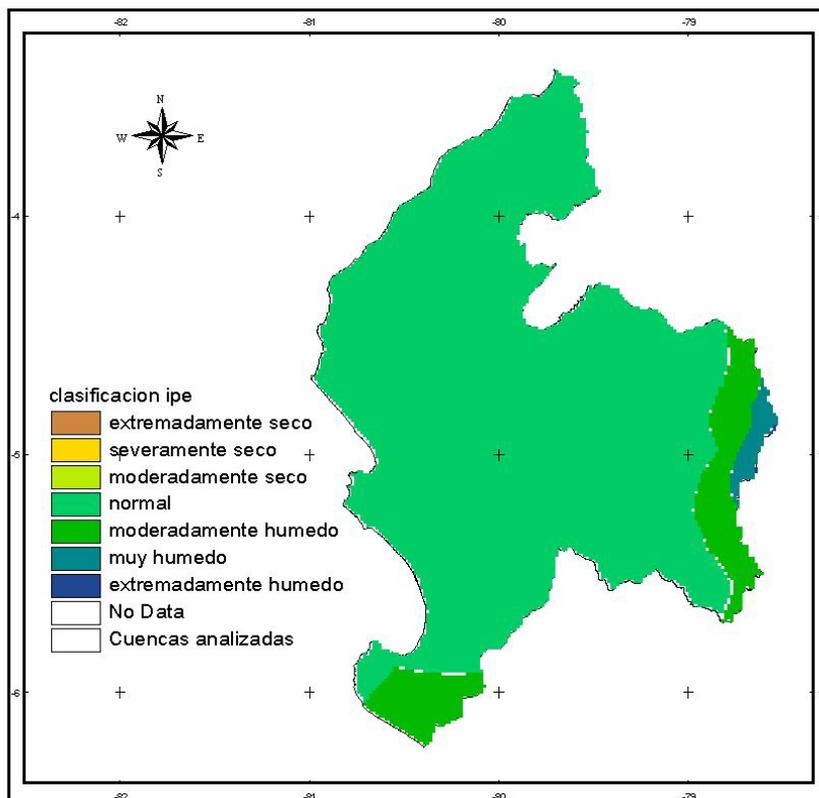


Figura 130 Valores del IPE-3 para el evento LNOS 70-71

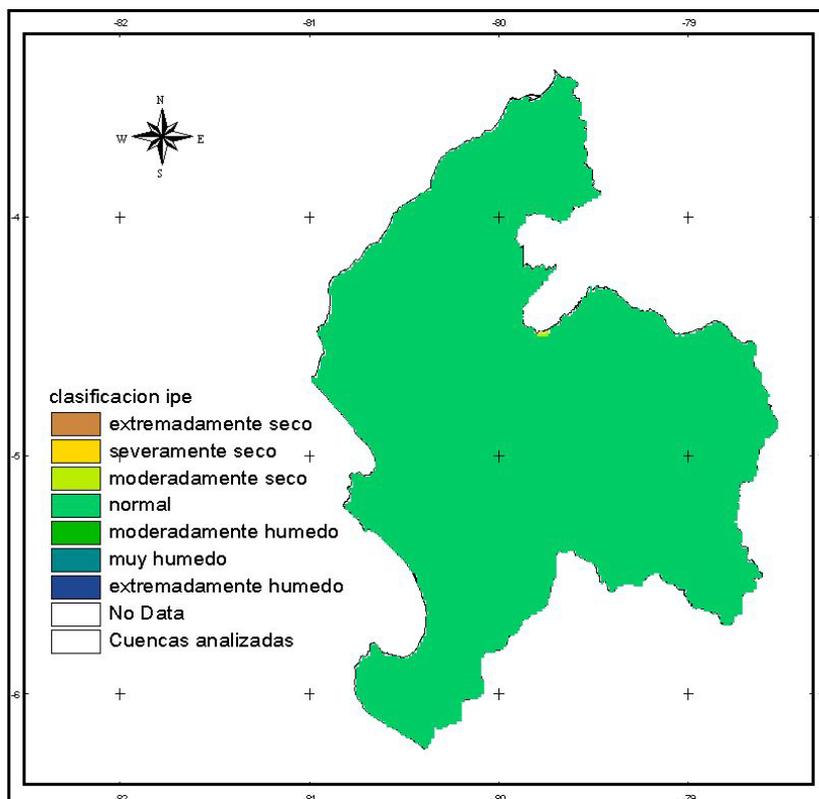


Figura 131 Valores del IPE-3 para el evento LNOS 73-74

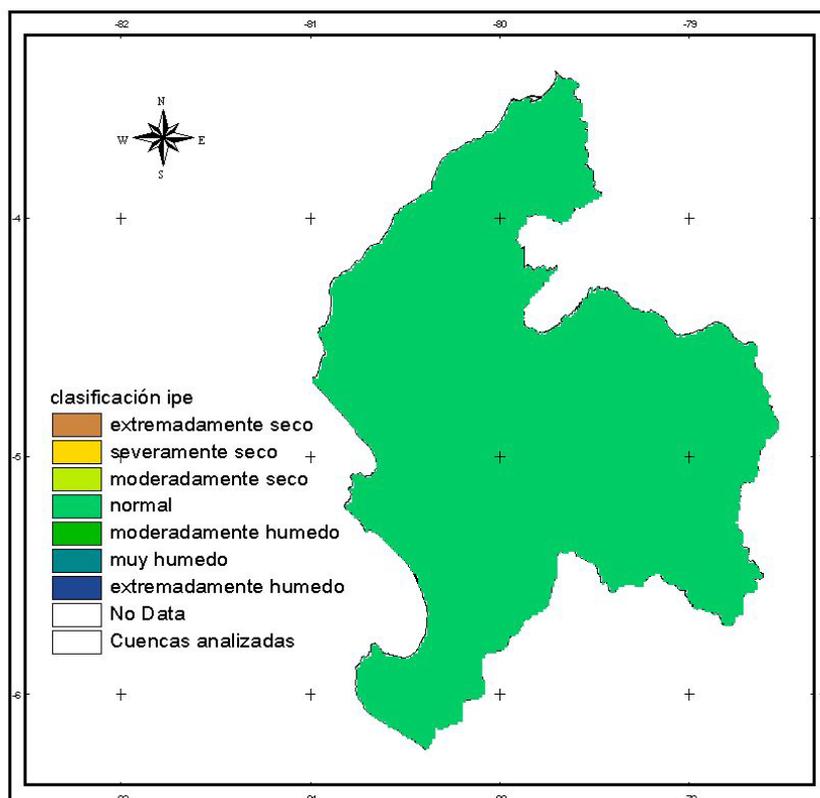


Figura 132 Valores del IPE-3 para el evento LNOS 75-76

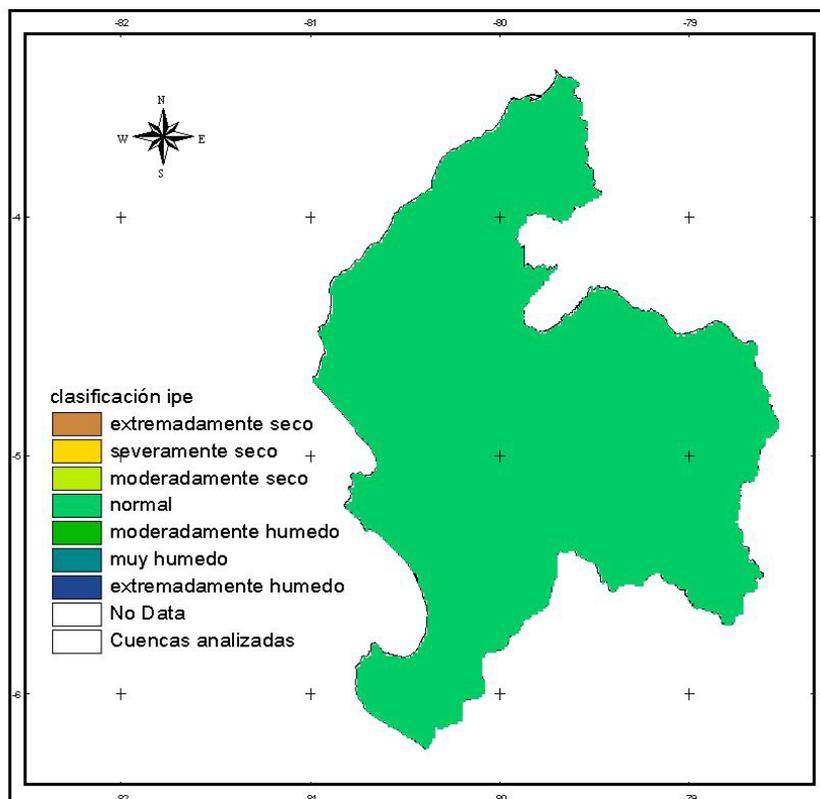


Figura 133 Valores del IPE-3 para el evento LNOS 88-89

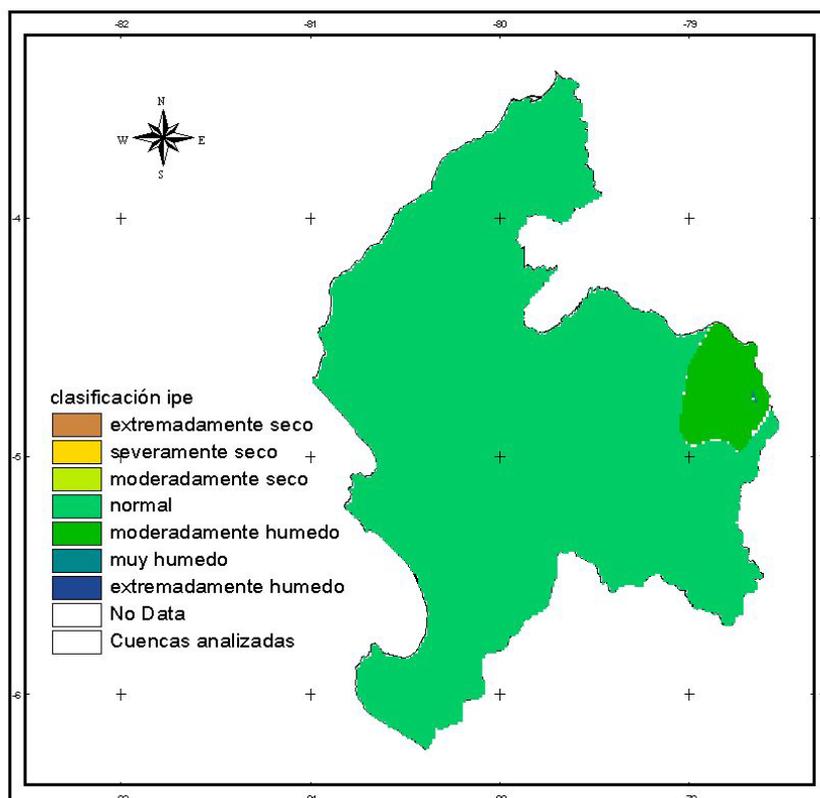


Figura 134 Valores del IPE-3 para el evento LNOS 98-99

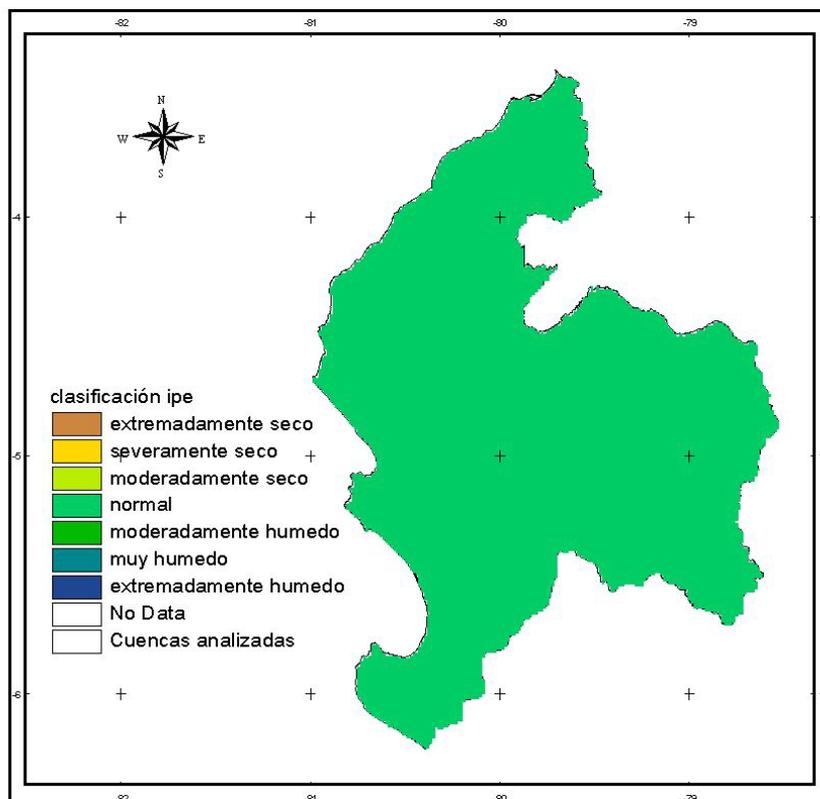


Figura 135 Valores del IPE-6 para el evento ENOS 72-73

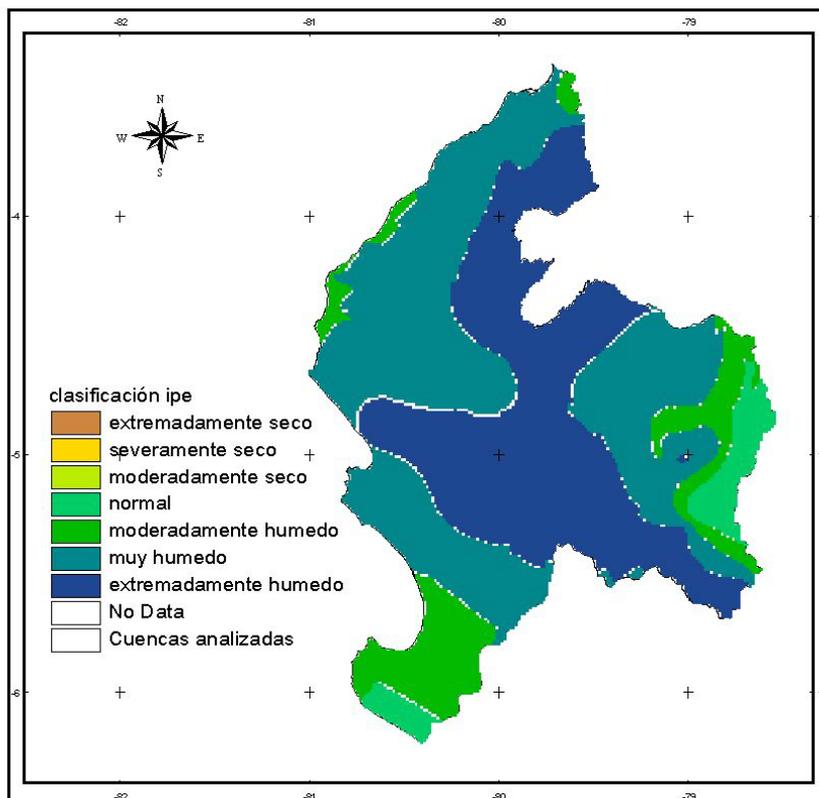


Figura 136 Valores del IPE-6 para el evento ENOS 82-83

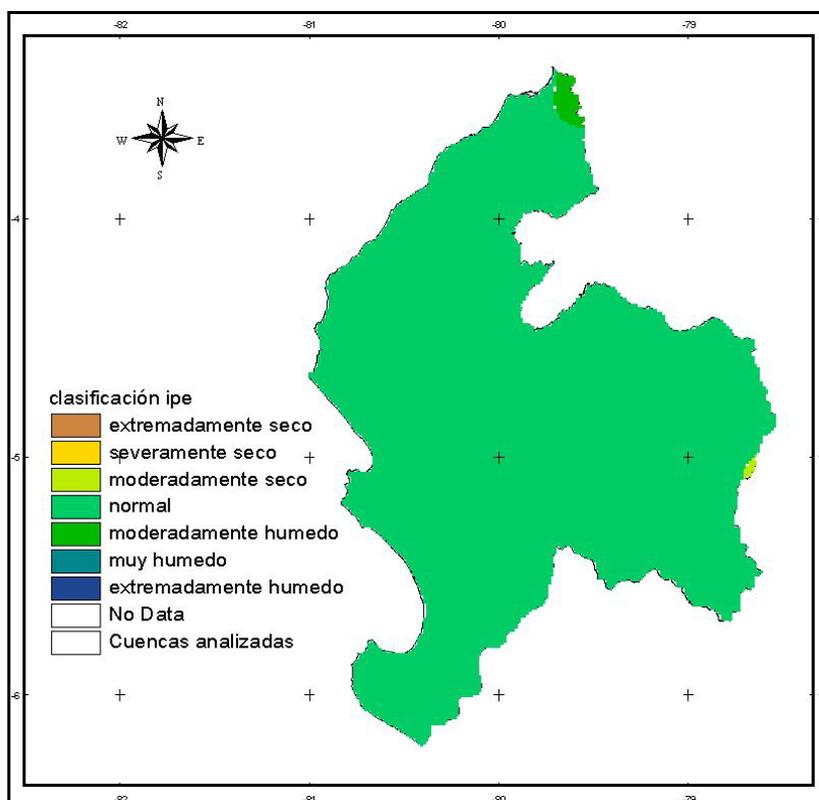


Figura 137 Valores del IPE-6 para el evento ENOS 86-87

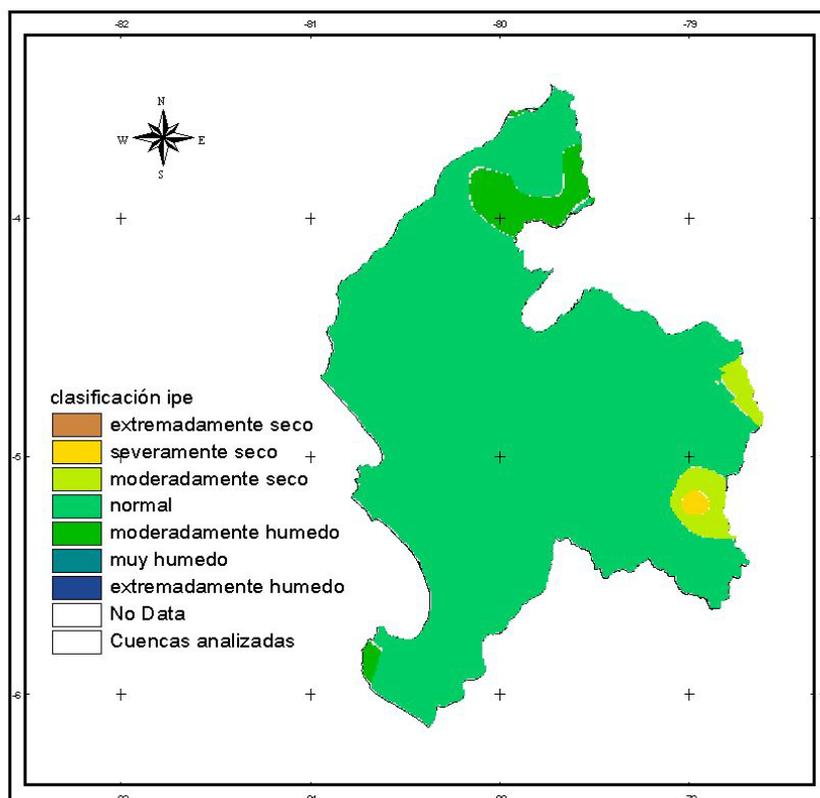


Figura 138 Valores del IPE-6 para el evento ENOS 91-92

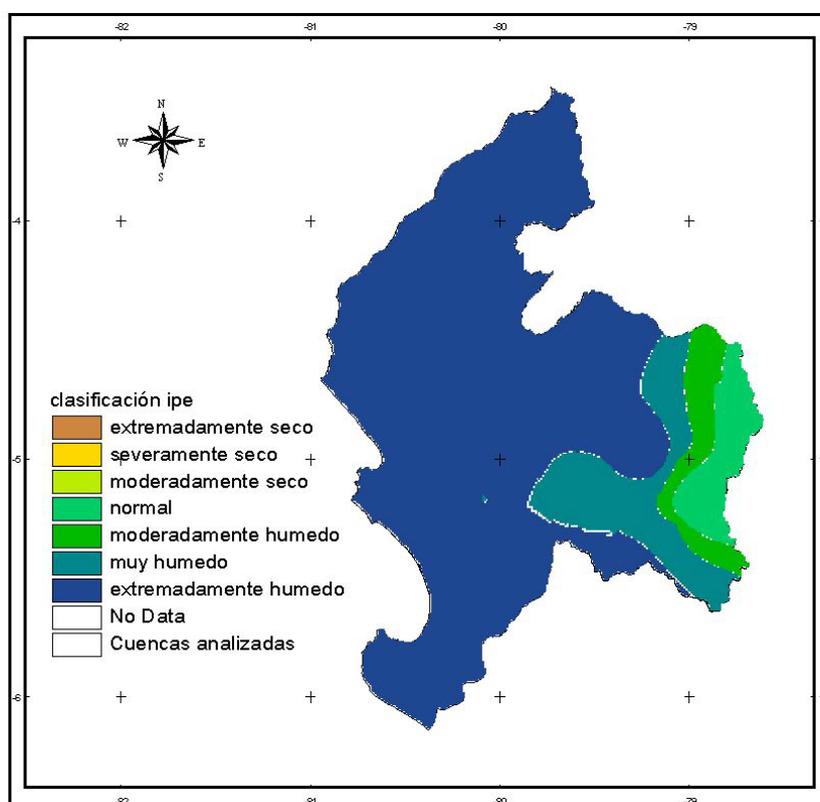


Figura 139 Valores del IPE-6 para el evento ENOS 97-98

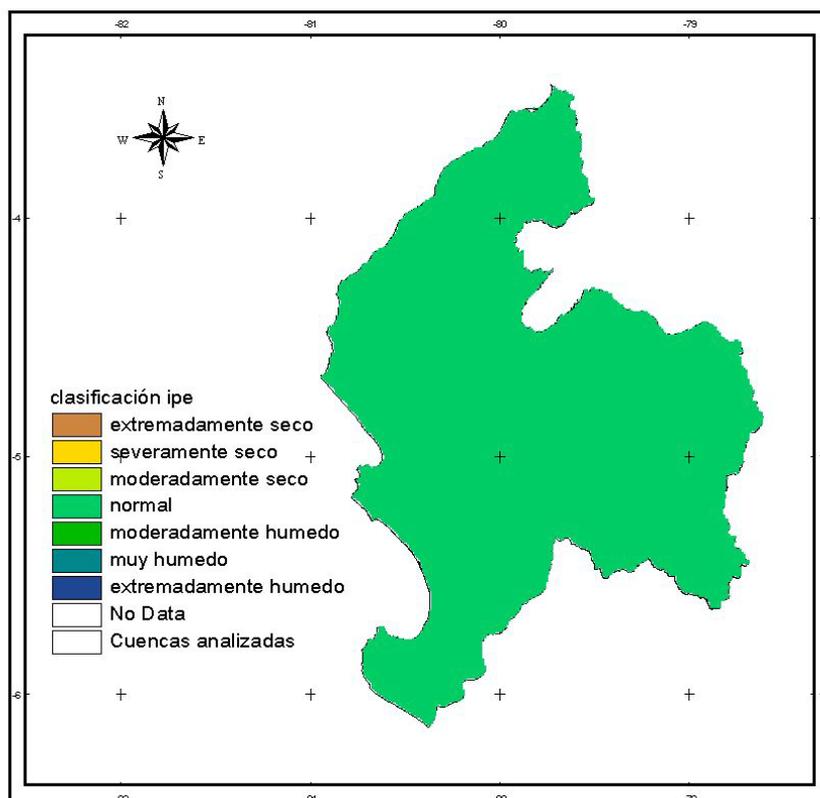


Figura 140 Valores del IPE-6 para el evento ENOS 02-03

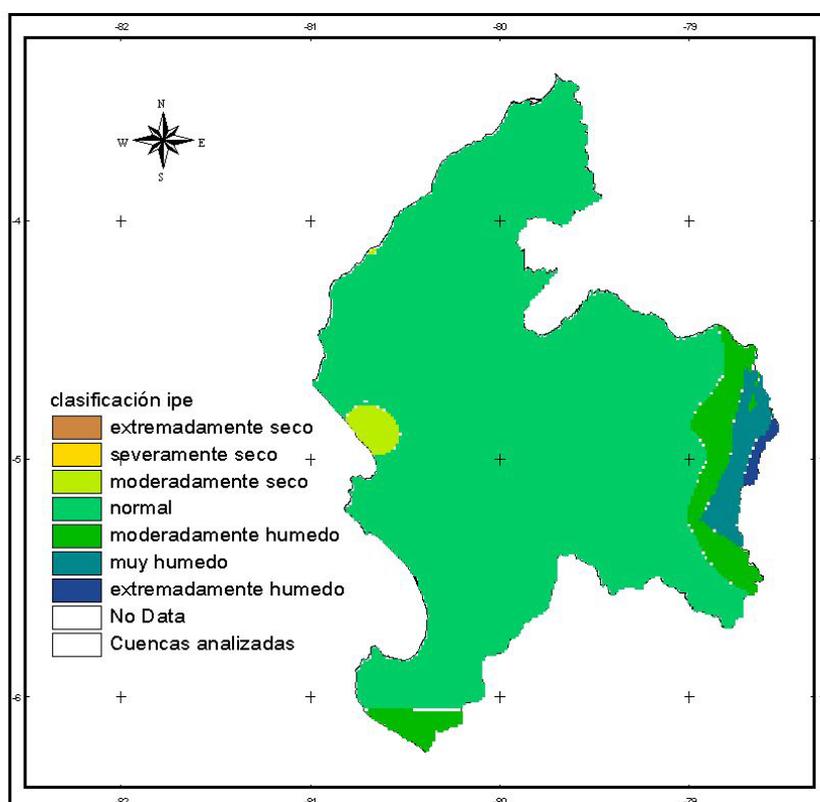


Figura 141 Valores del IPE-6 para el evento LNOS 70-71

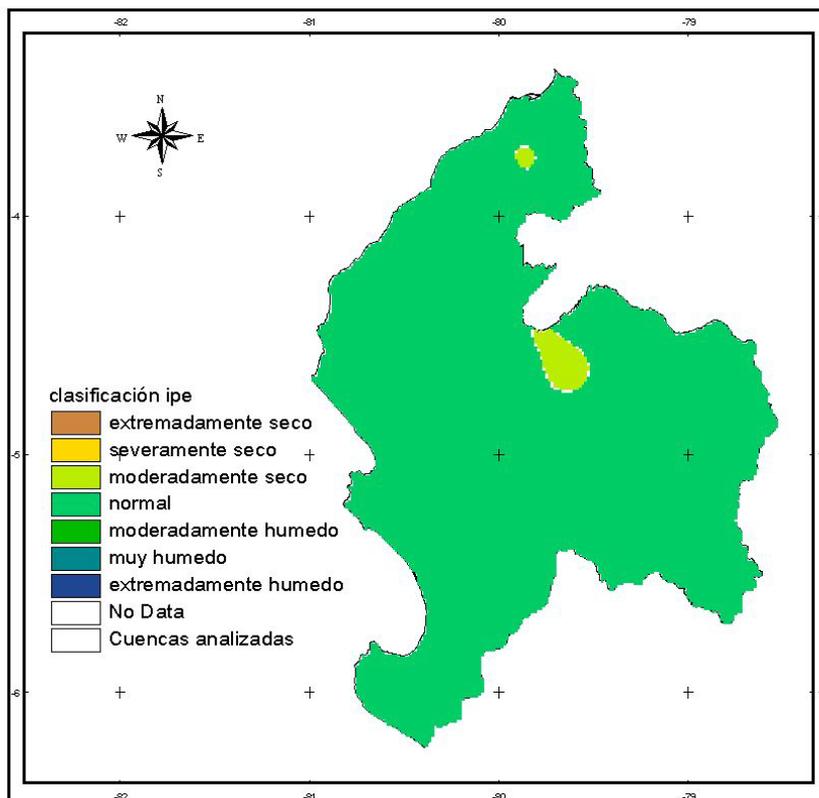


Figura 142 Valores del IPE-6 para el evento LNOS 73-74

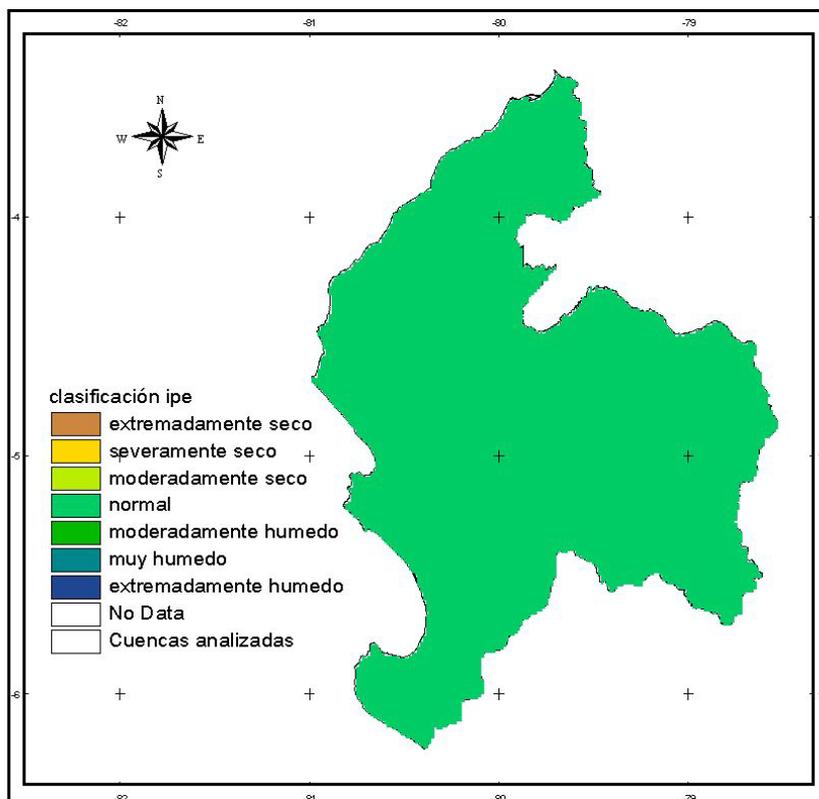


Figura 143 Valores del IPE-6 para el evento LNOS 75-76

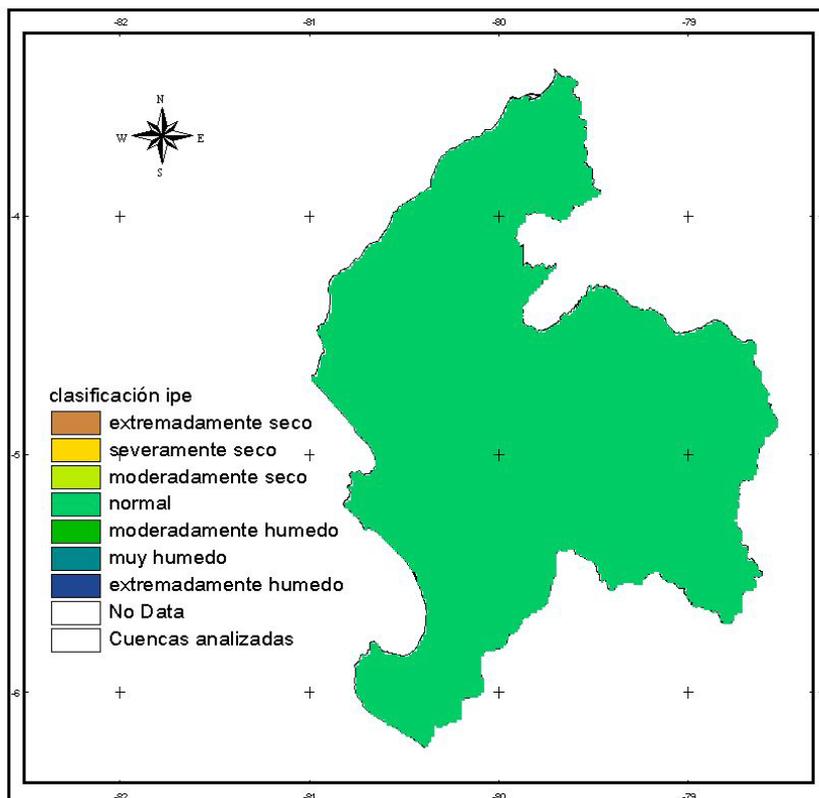


Figura 144 Valores del IPE-6 para el evento LNOS 88-89

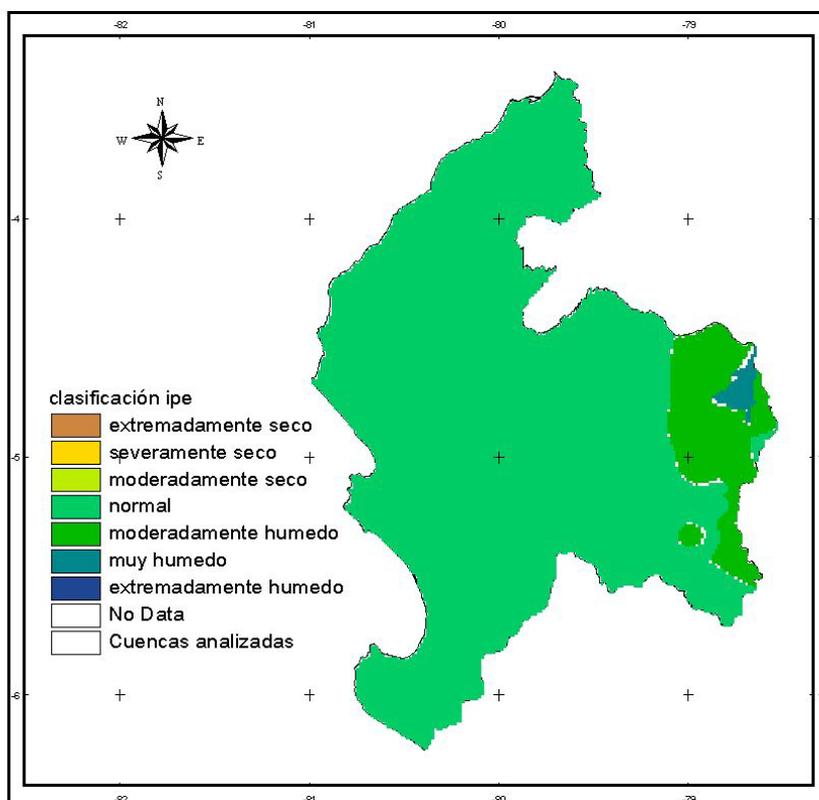


Figura 145 Valores del IPE-6 para el evento LNOS 98-99

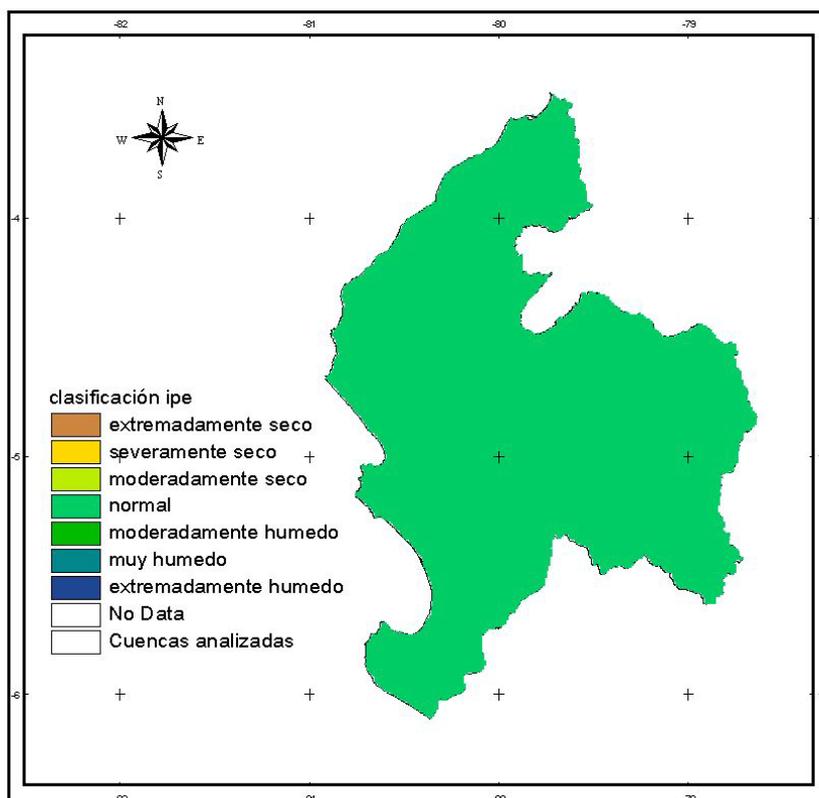


Figura 146 Valores del IPE-12 para el evento ENOS 72-73

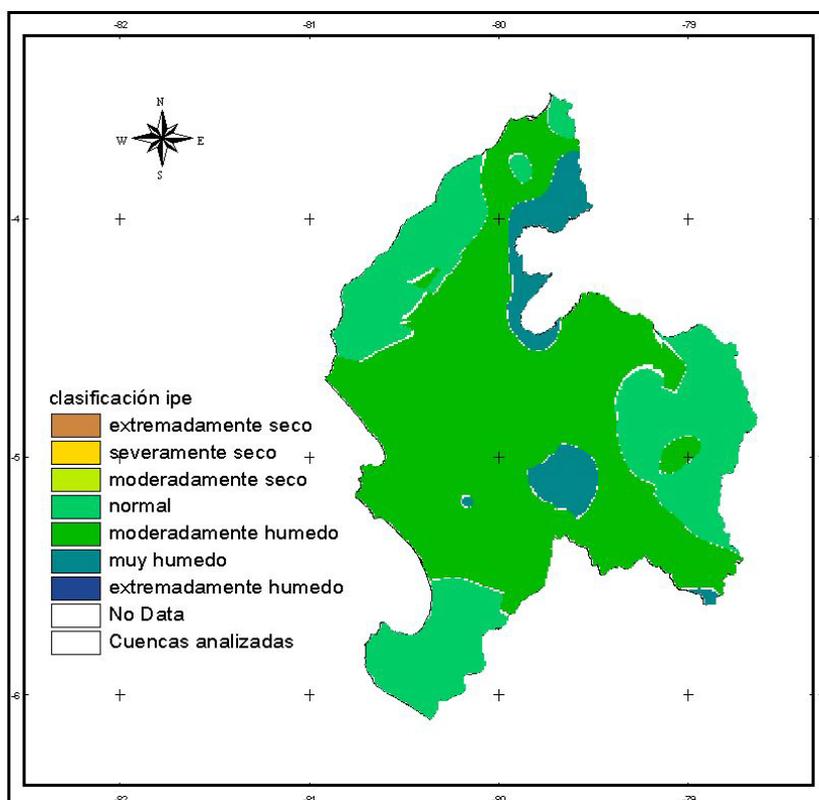


Figura 147 Valores del IPE-12 para el evento ENOS 82-83

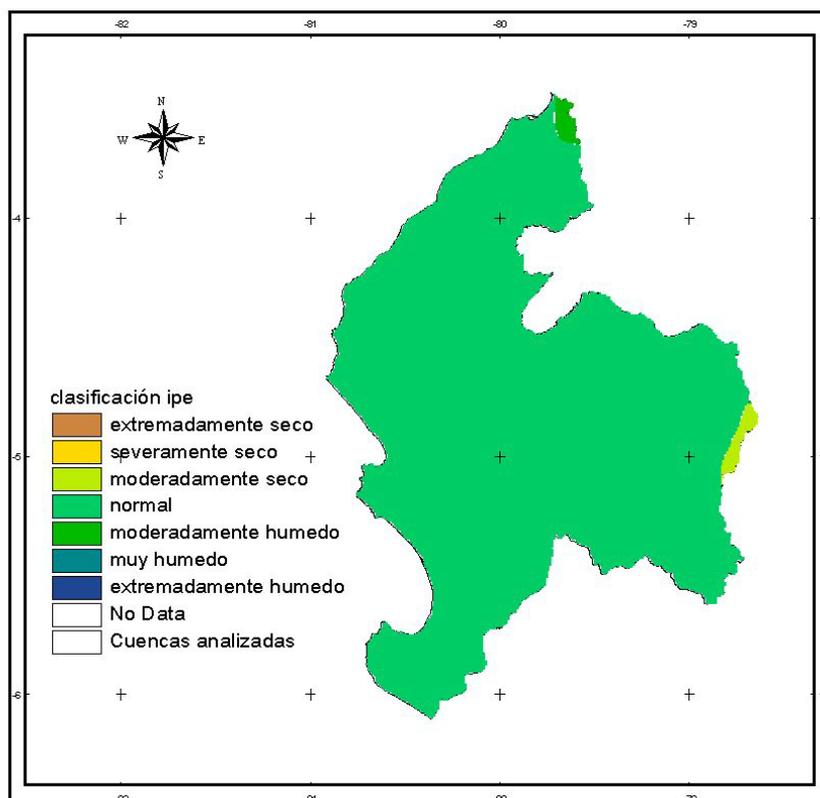


Figura 148 Valores del IPE-12 para el evento ENOS 86-87

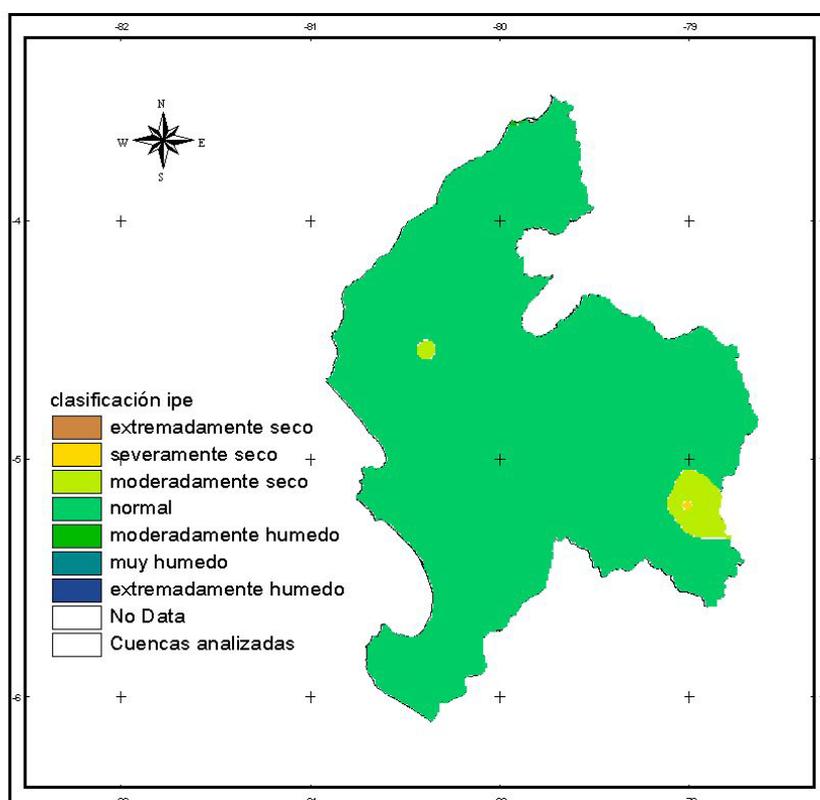


Figura 149 Valores del IPE-12 para el evento ENOS 91-92

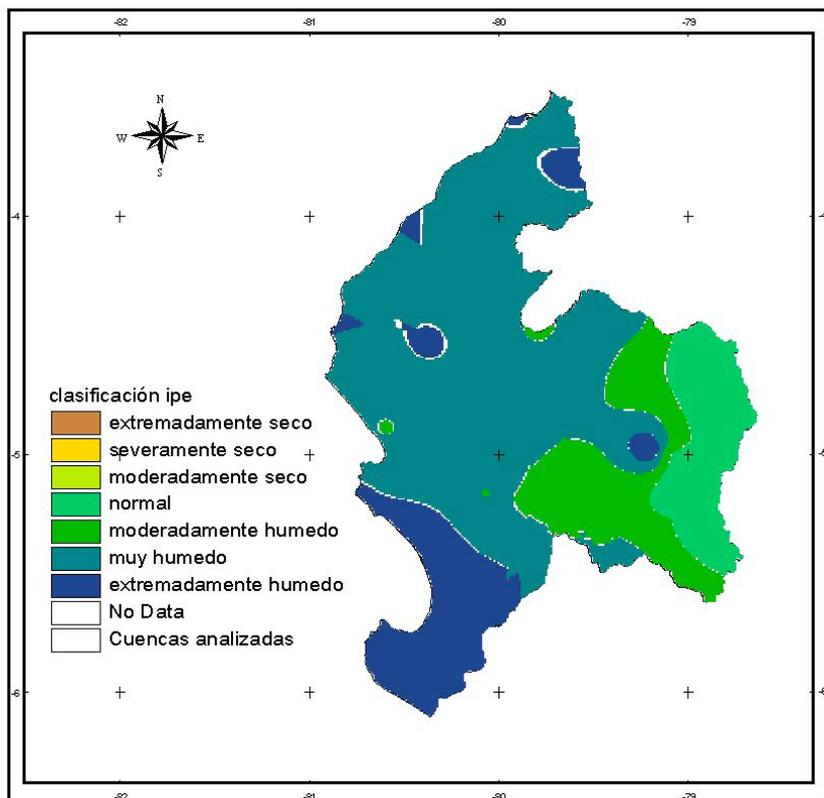


Figura 150 Valores del IPE-12 para el evento ENOS 97-98

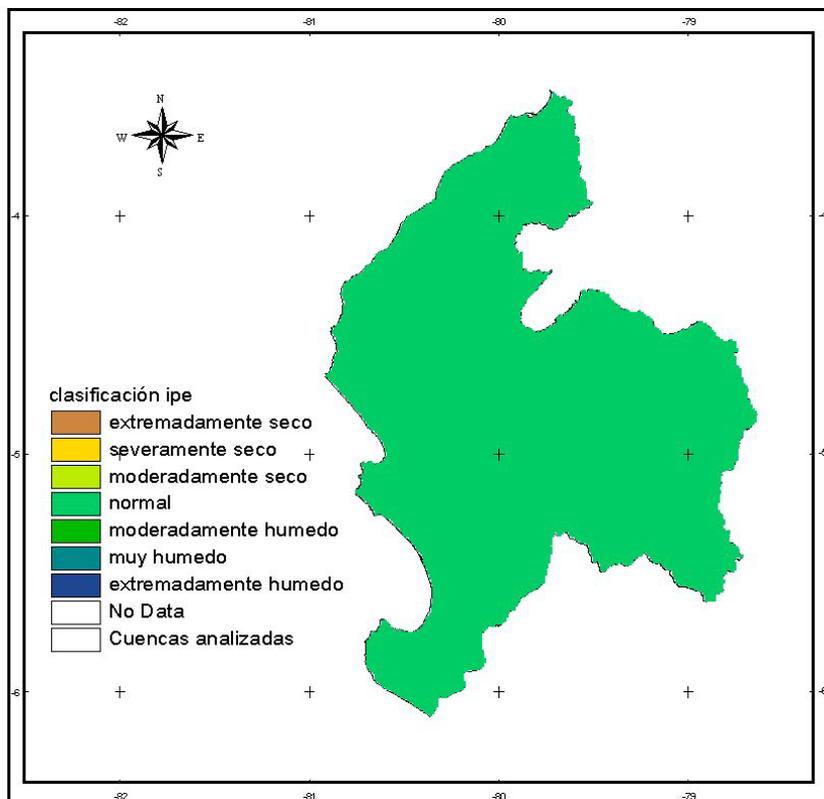


Figura 151 Valores del IPE-12 para el evento ENOS 02-03

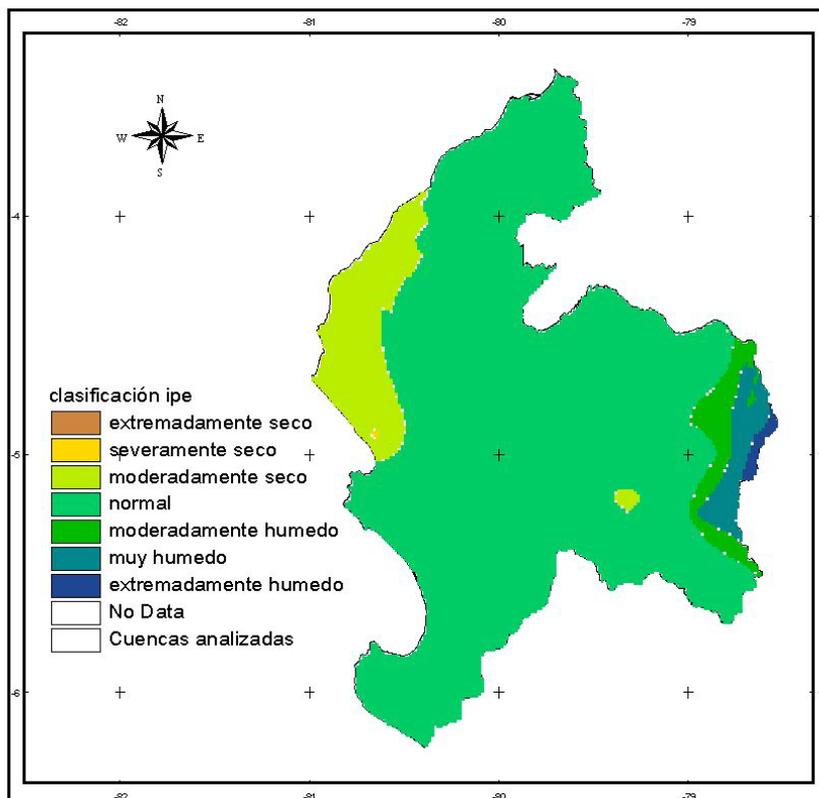


Figura 152 Valores del IPE-12 para el evento LNOS 70-71

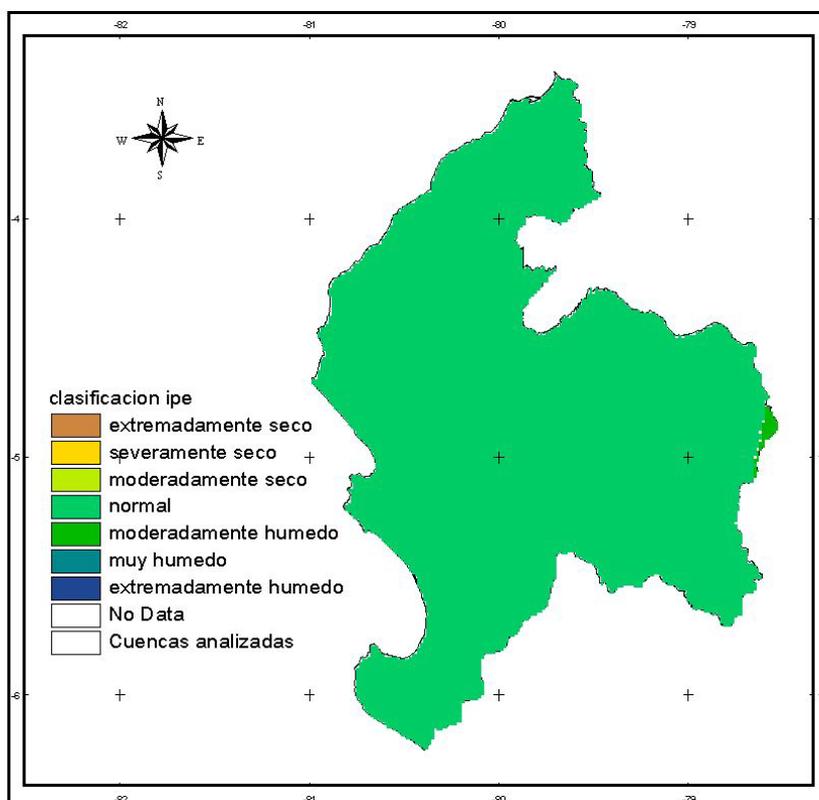


Figura 153 Valores del IPE-12 para el evento LNOS 73-74

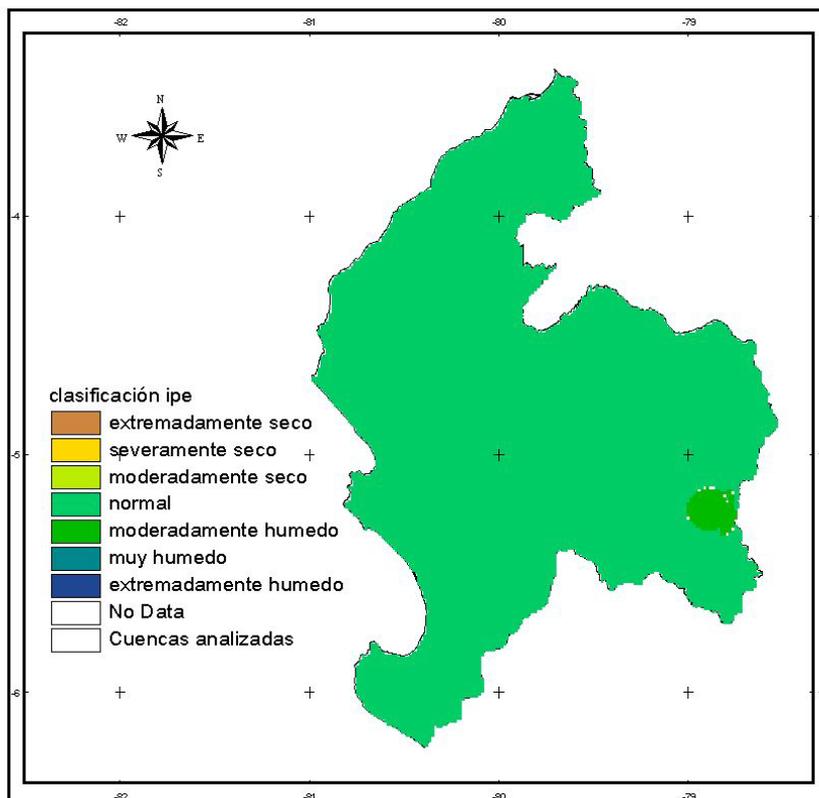


Figura 154 Valores del IPE-12 para el evento LNOS 75-76

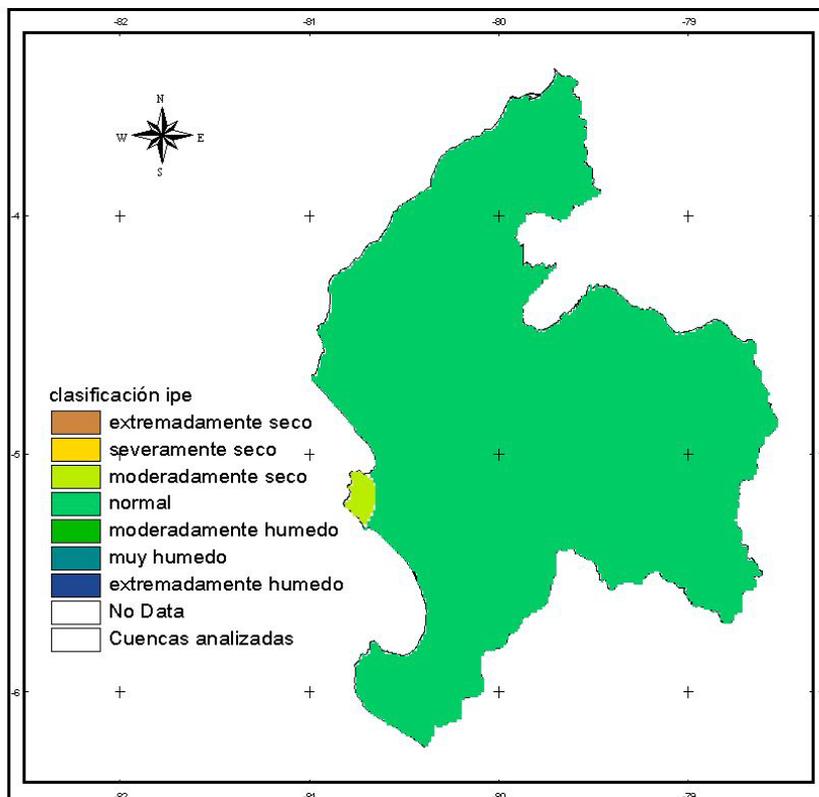


Figura 155 Valores del IPE-12 para el evento LNOS 88-89

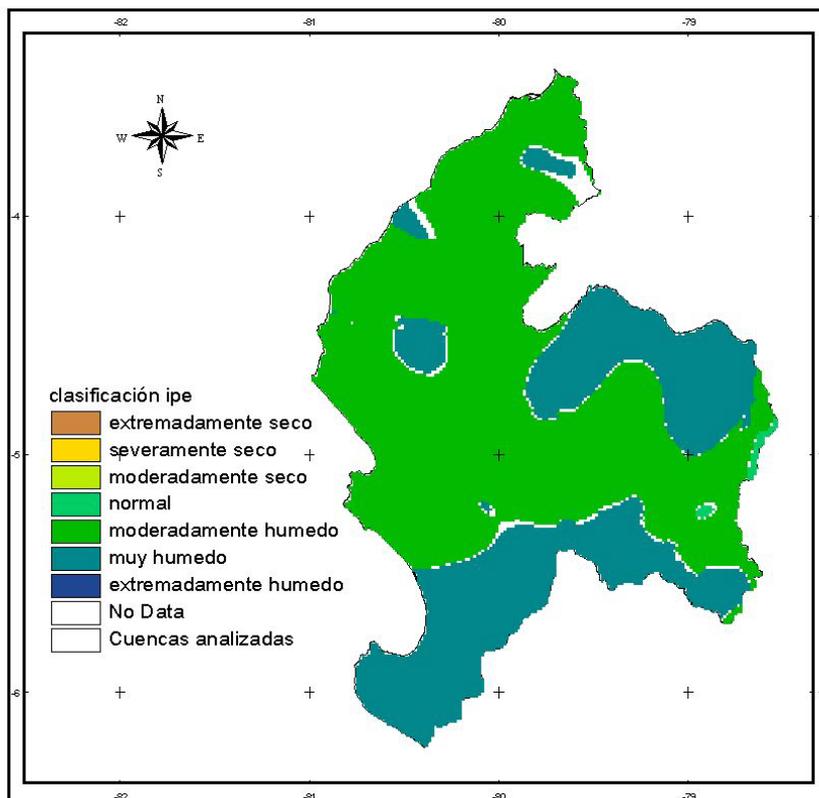


Figura 156 Valores del IPE-12 para el evento LNOS 98-99

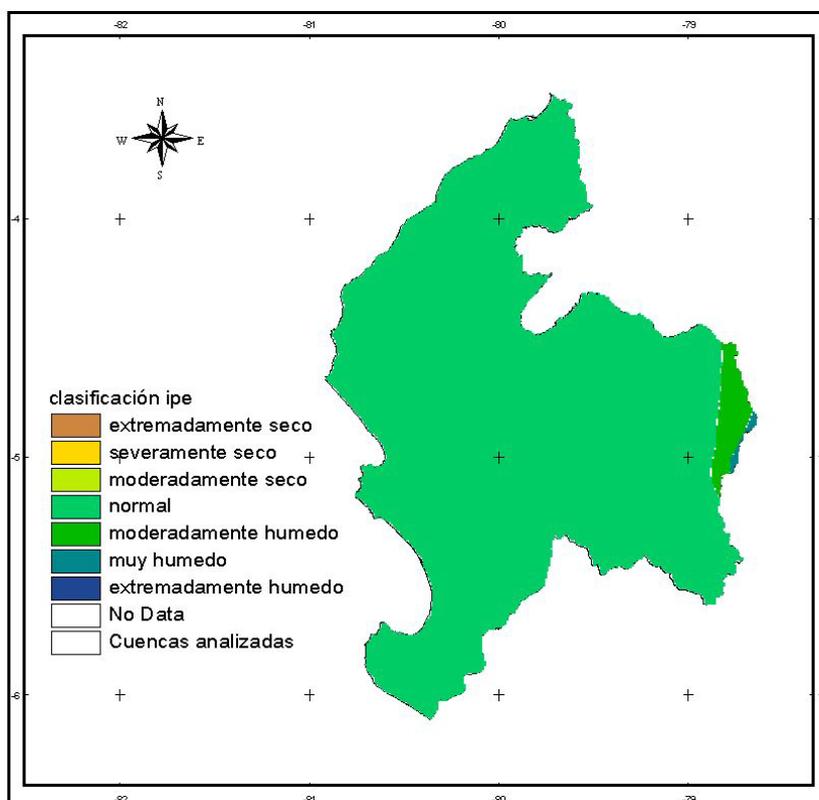


Figura 157 Valores del IPE-24 para el evento ENOS 72-73

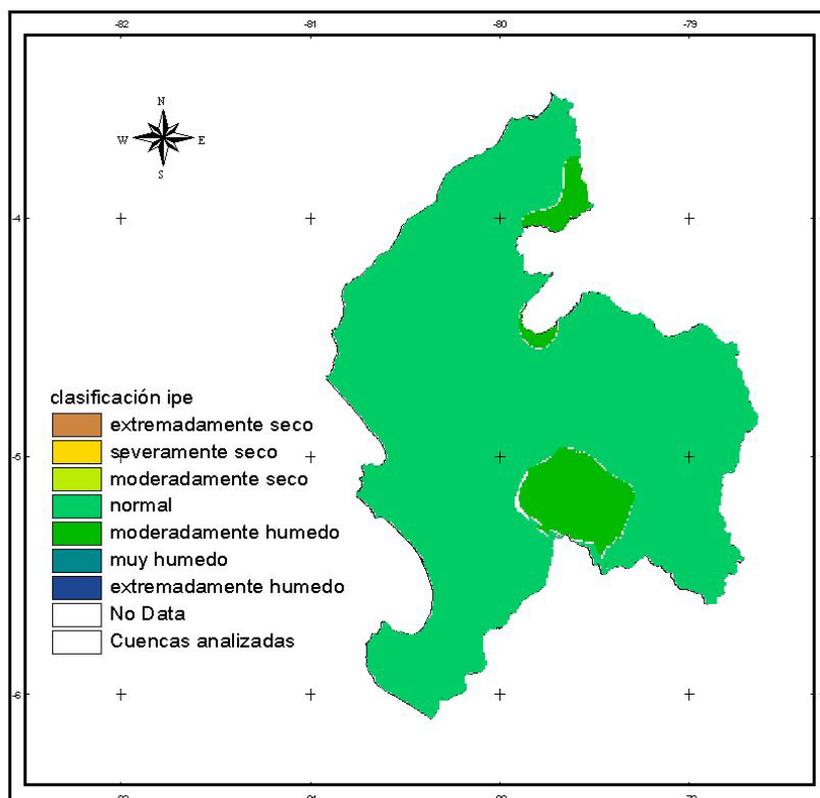


Figura 158 Valores del IPE-24 para el evento ENOS 82-83

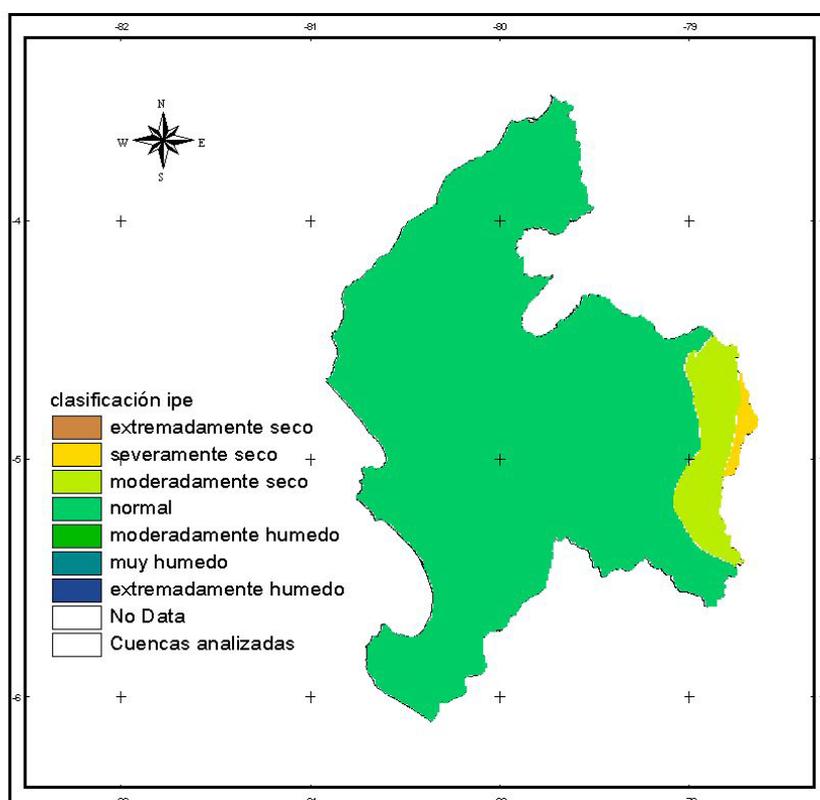


Figura 159 Valores del IPE-24 para el evento ENOS 86-87

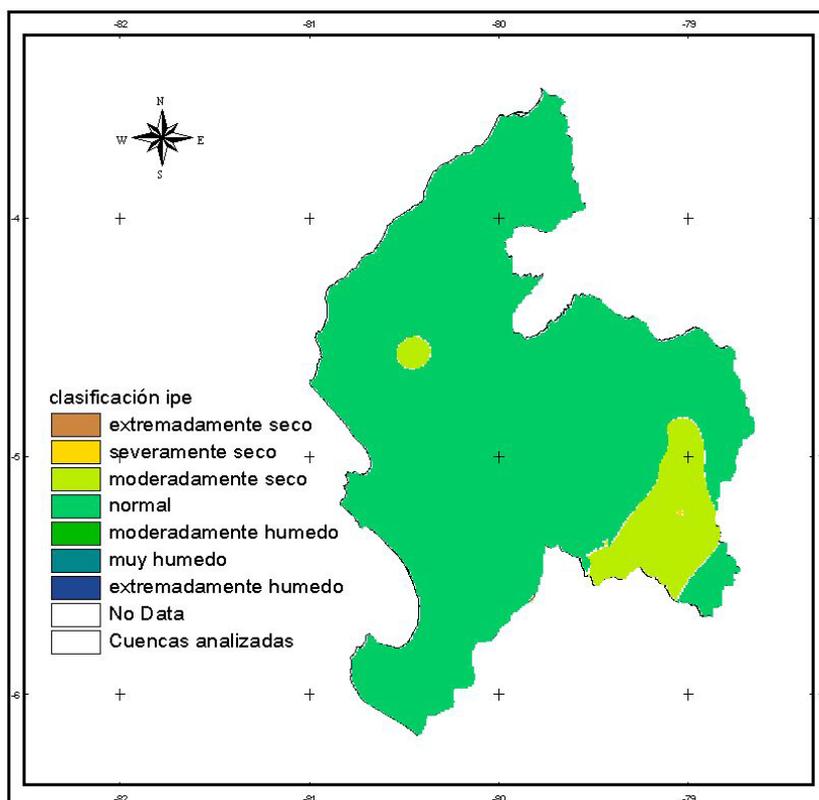


Figura 160 Valores del IPE-24 para el evento ENOS 91-92

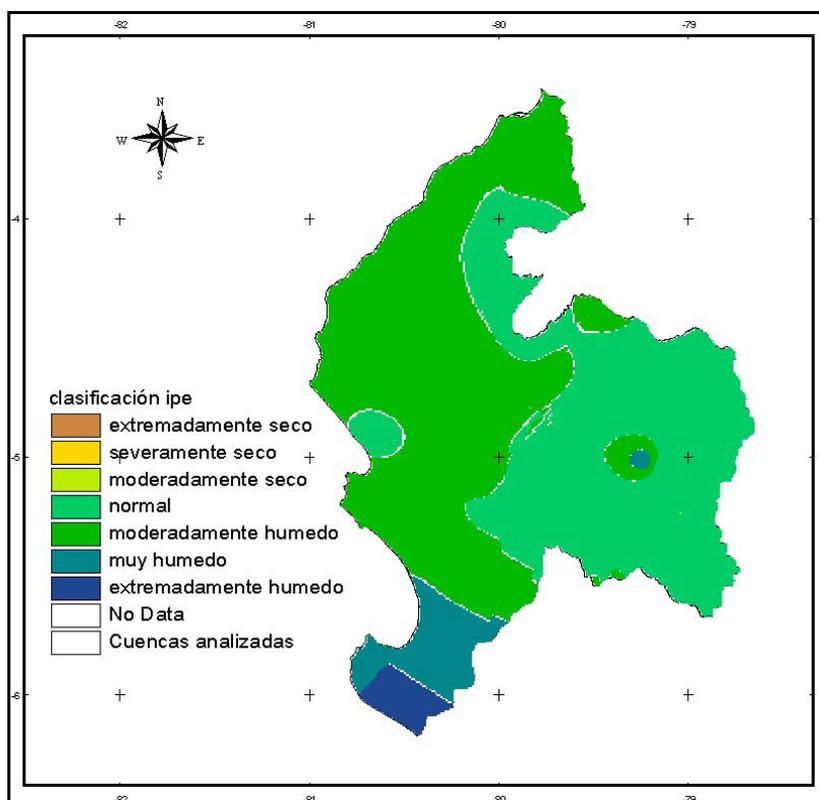


Figura 161 Valores del IPE-24 para el evento ENOS 97-98

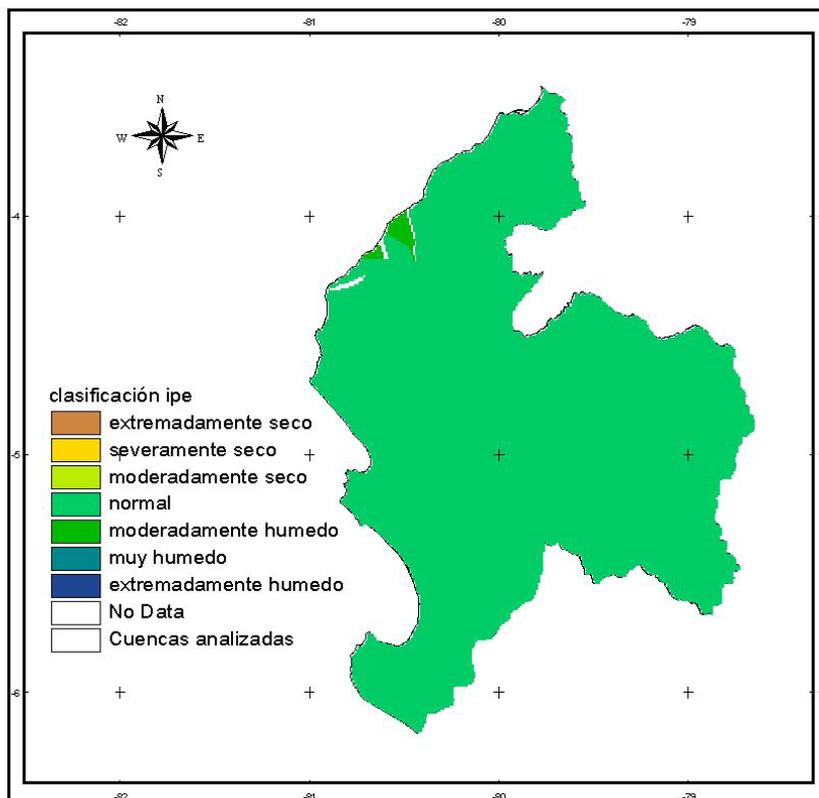


Figura 162 Valores del IPE-24 para el evento ENOS 02-03

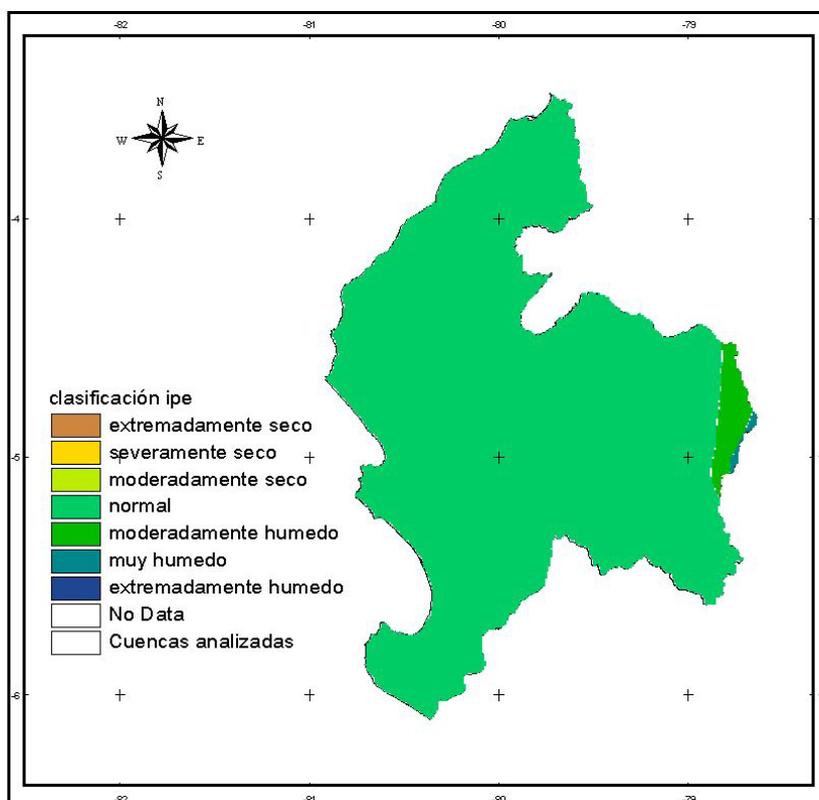


Figura 163 Valores del IPE-24 para el evento LNOS 70-71

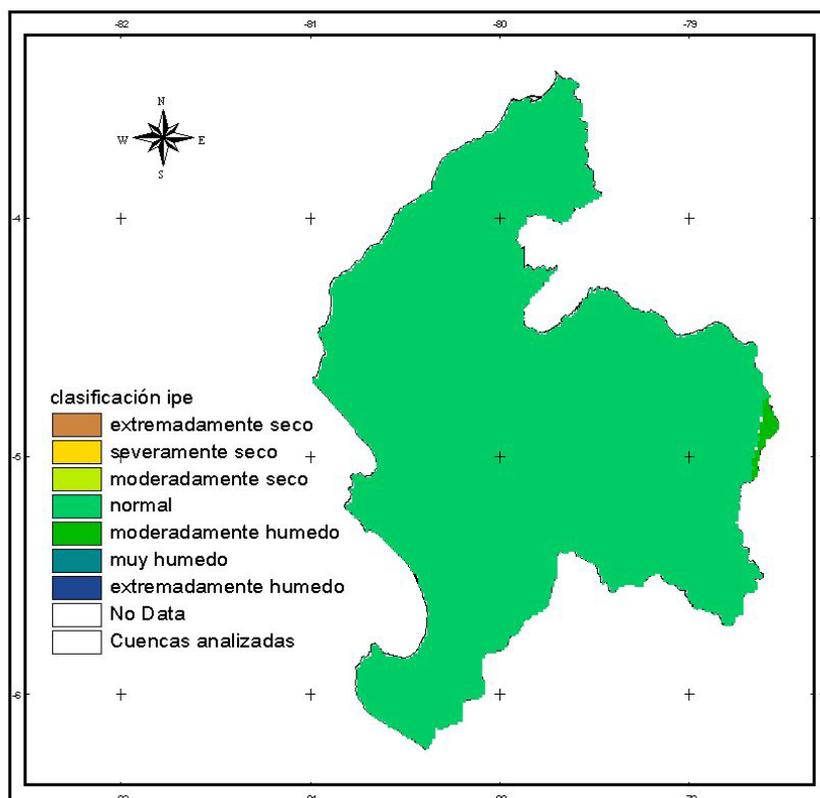


Figura 164 Valores del IPE-24 para el evento LNOS 73-74

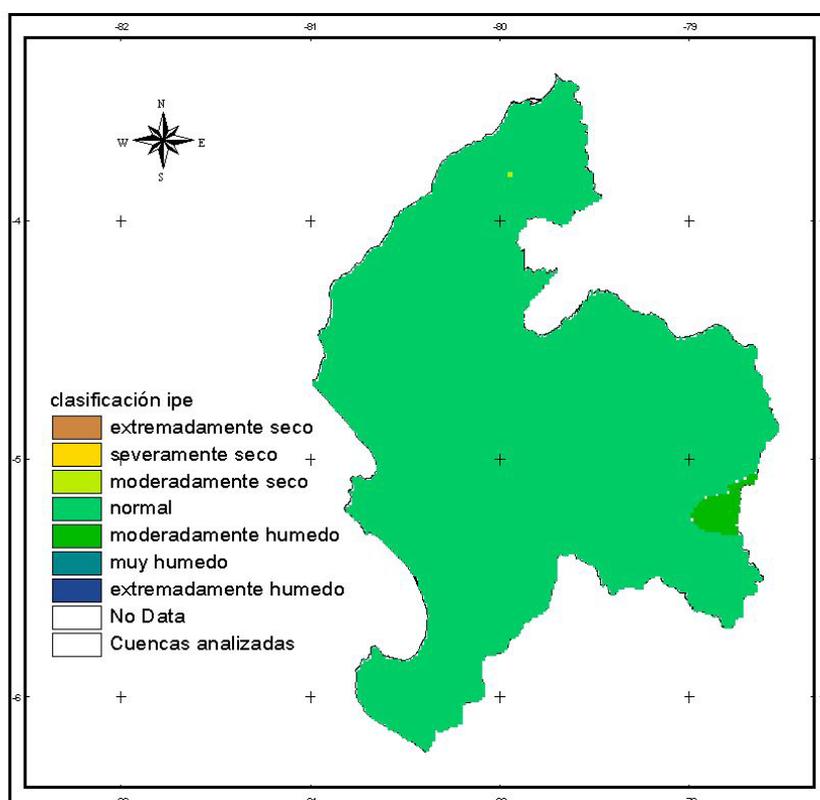


Figura 165 Valores del IPE-24 para el evento LNOS 75-76

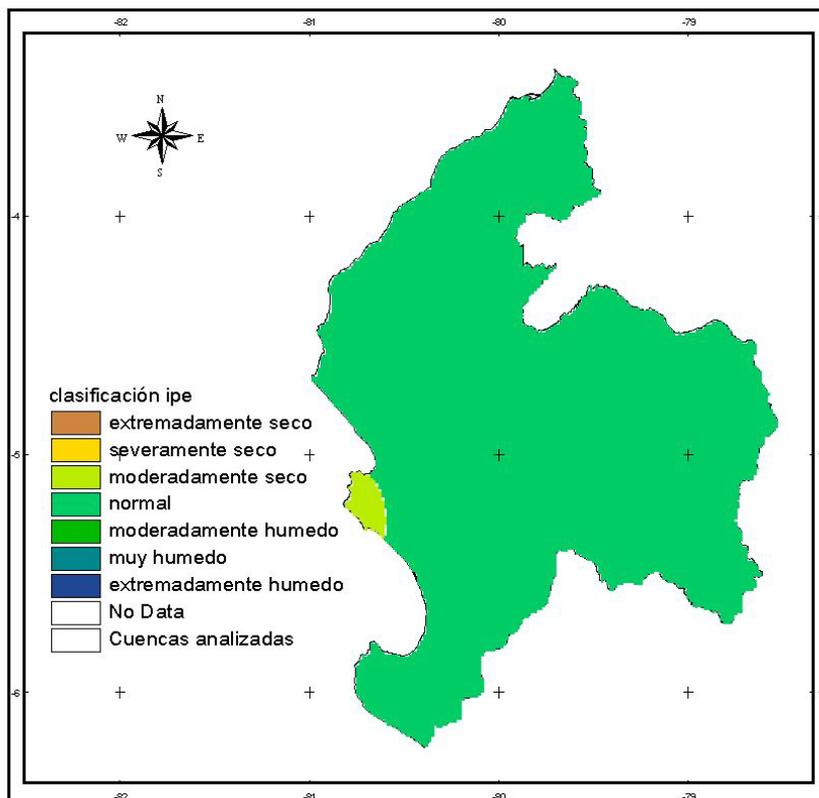


Figura 166 Valores del IPE-24 para el evento LNOS 88-89

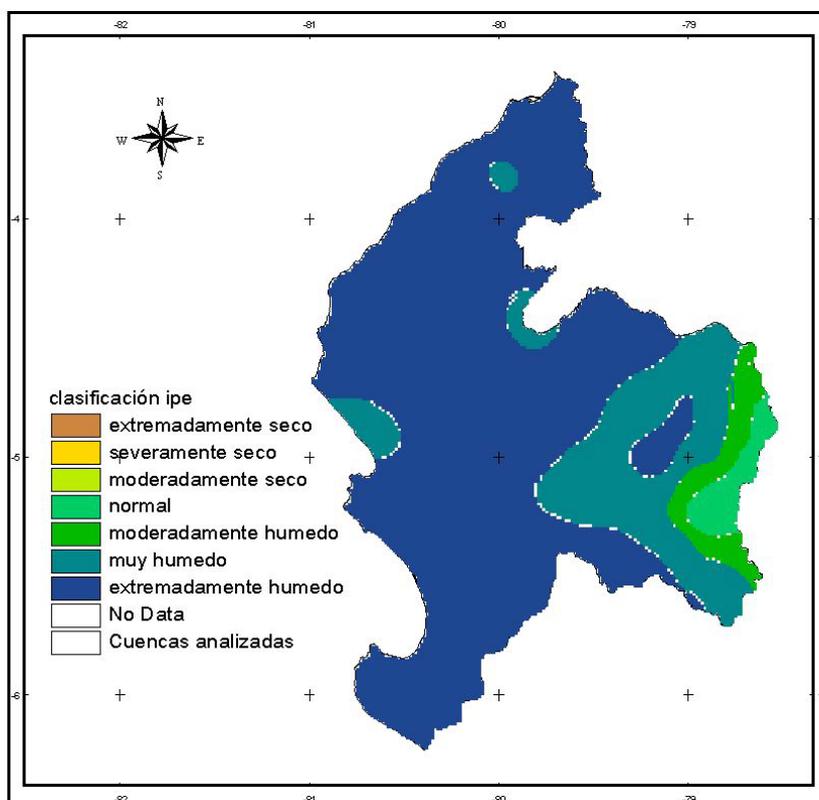


Figura 167 Valores del IPE-24 para el evento LNOS 98-99

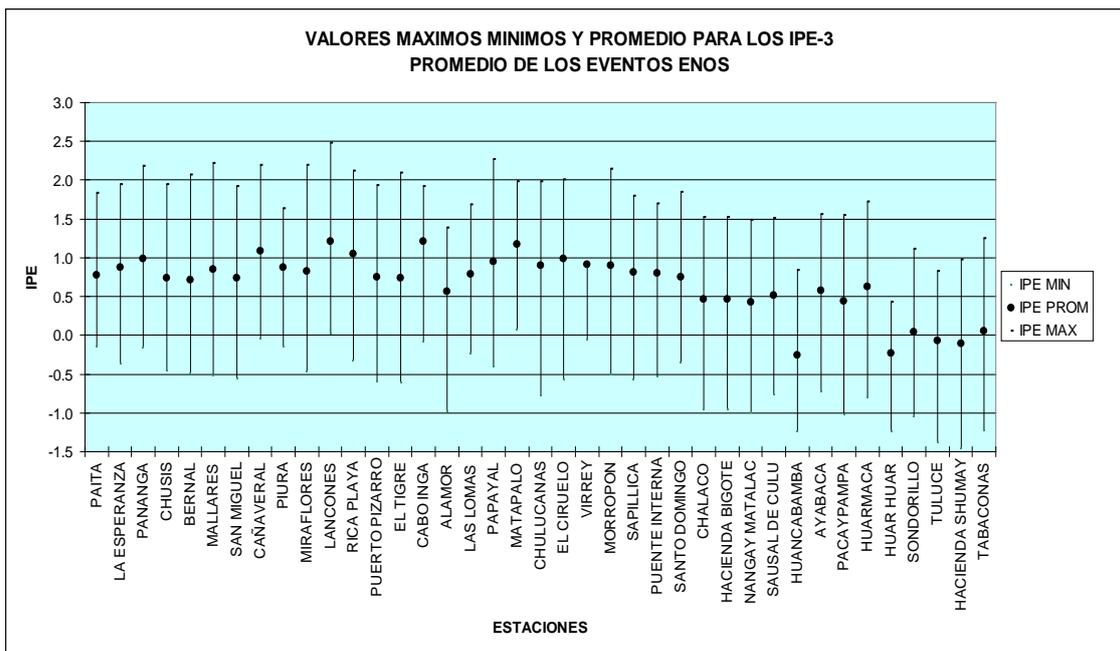


Figura 168 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos ENOS para el IPE-3 (Estaciones ordenadas por longitud)

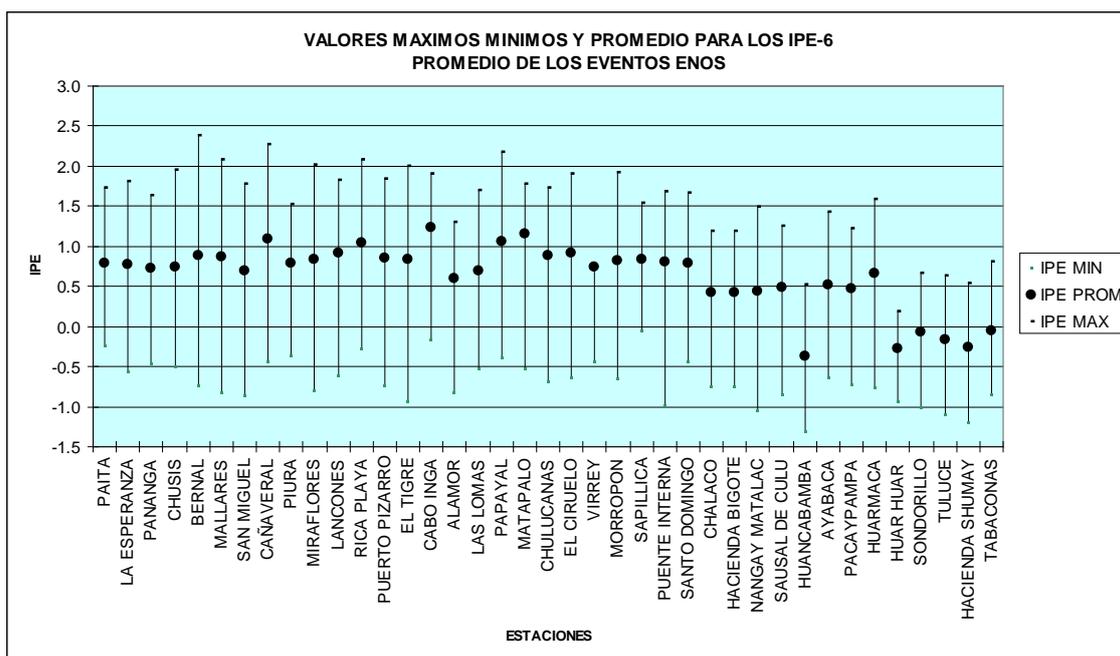


Figura 169 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos ENOS para el IPE-6 (Estaciones ordenadas por longitud)

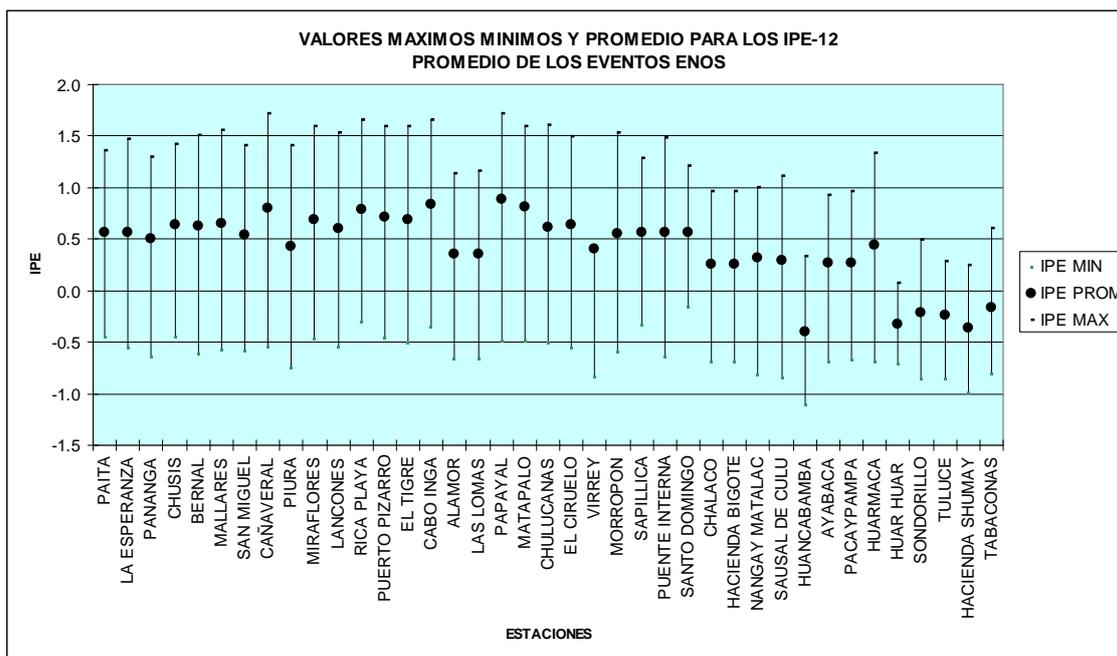


Figura 170 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos ENOS para el IPE-12 (Estaciones ordenadas por longitud)

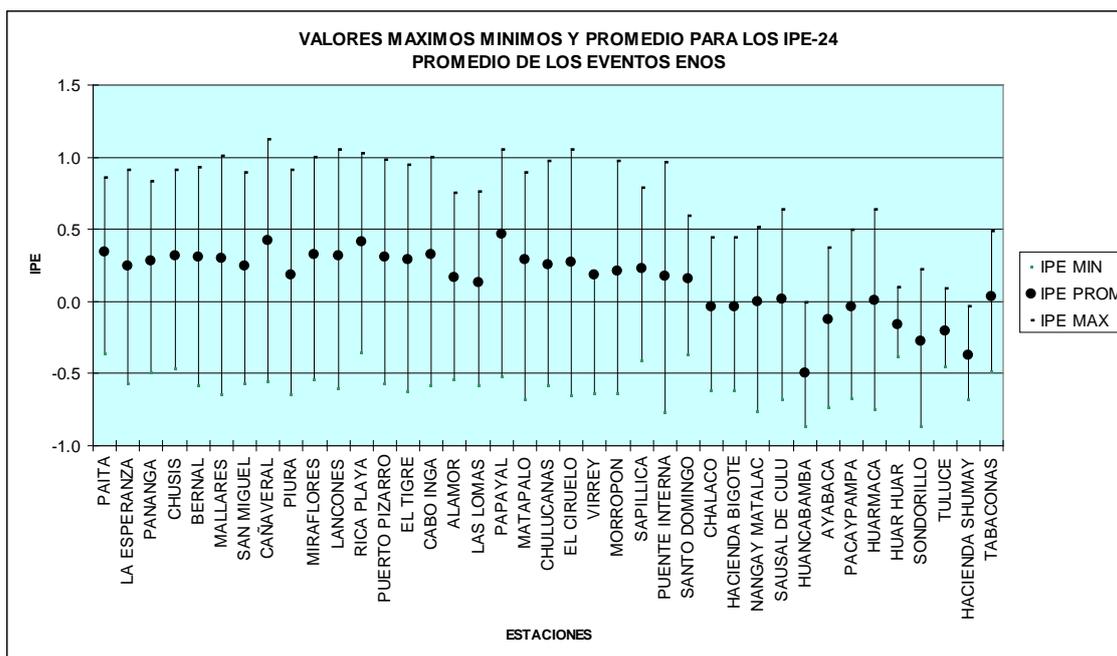


Figura 171 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos ENOS para el IPE-24 (Estaciones ordenadas por longitud)

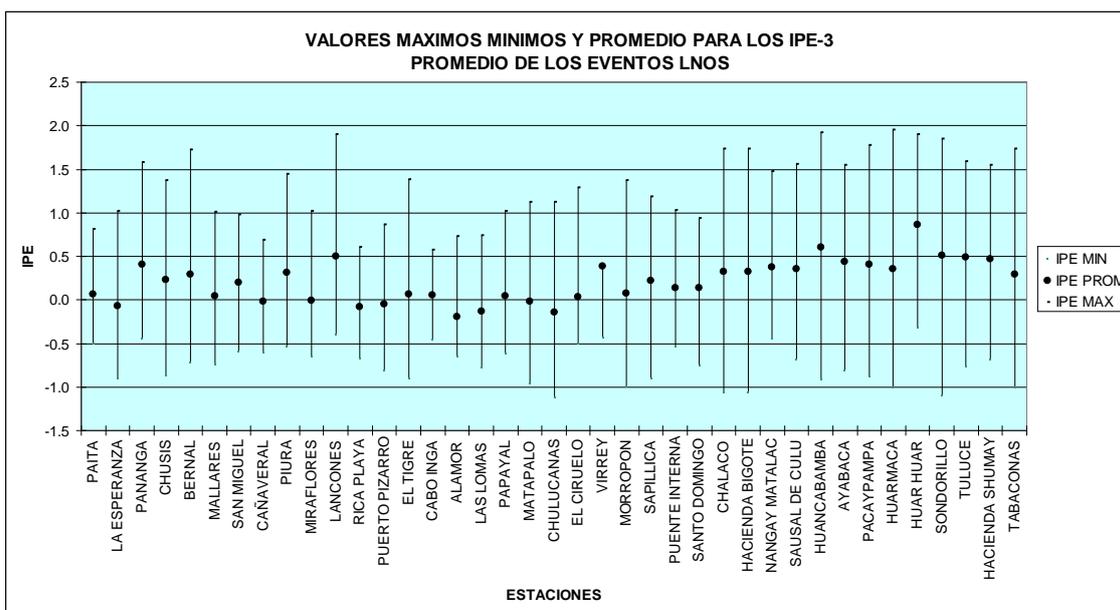


Figura 172 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos LNOS para el IPE-3 (Estaciones ordenadas por longitud)

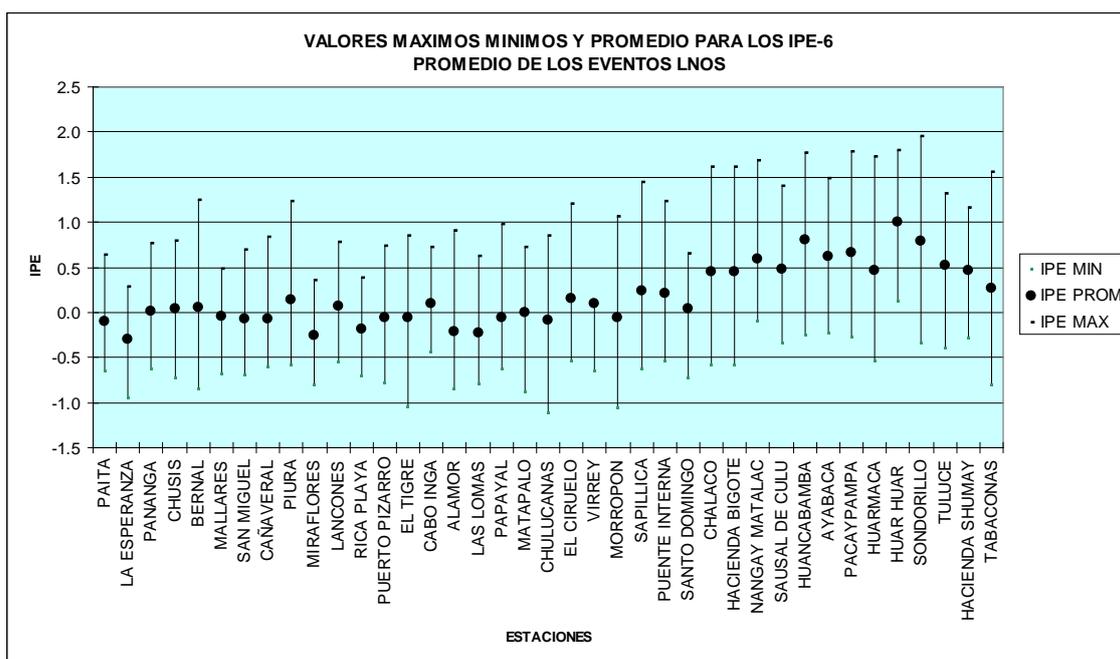


Figura 173 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos LNOS para el IPE-6 (Estaciones ordenadas por longitud)

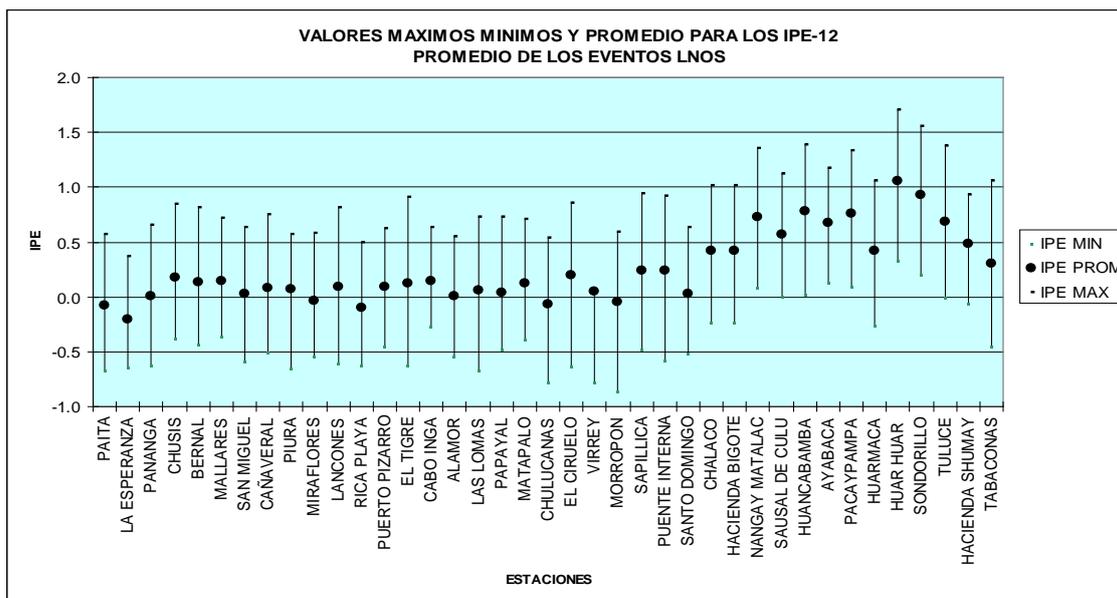


Figura 173 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos LNOS para el IPE-12 (Estaciones ordenadas por longitud)

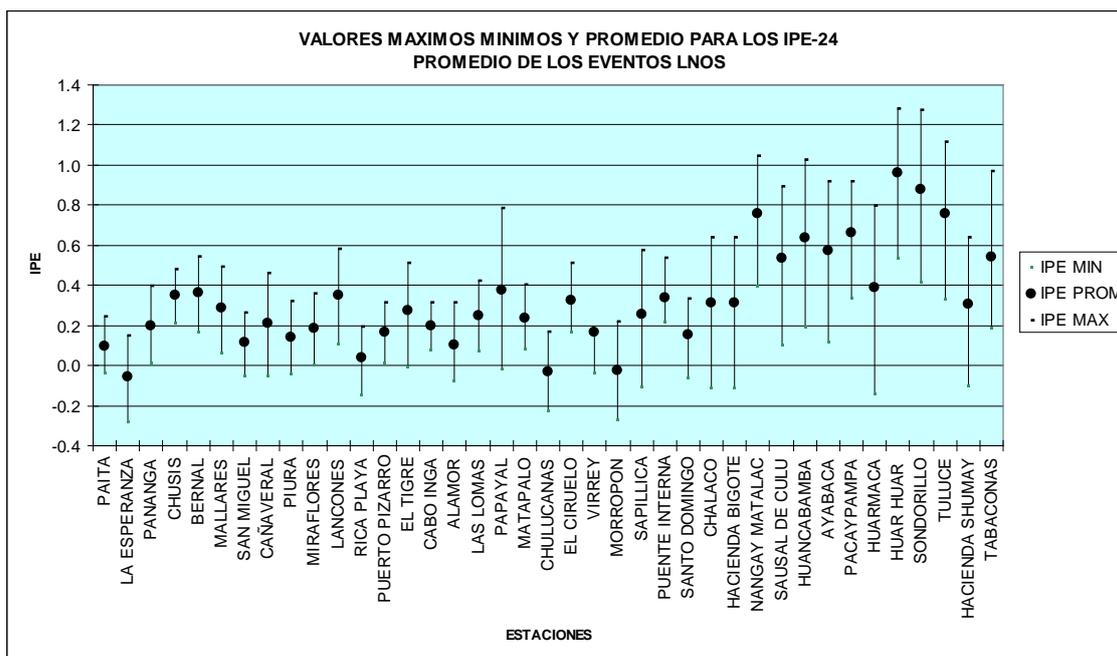


Figura 174 Valores máximos, mínimos y promedio de los eventos LNOS para el IPE-24 (Estaciones ordenadas por longitud)

# **ANEXO 4**

## **FIGURAS DE VALORES DE CORRELACION ENTRE LOS IPE Y LA ATSM A ESCALA DE 3, 6, 12 Y 24 MESES**

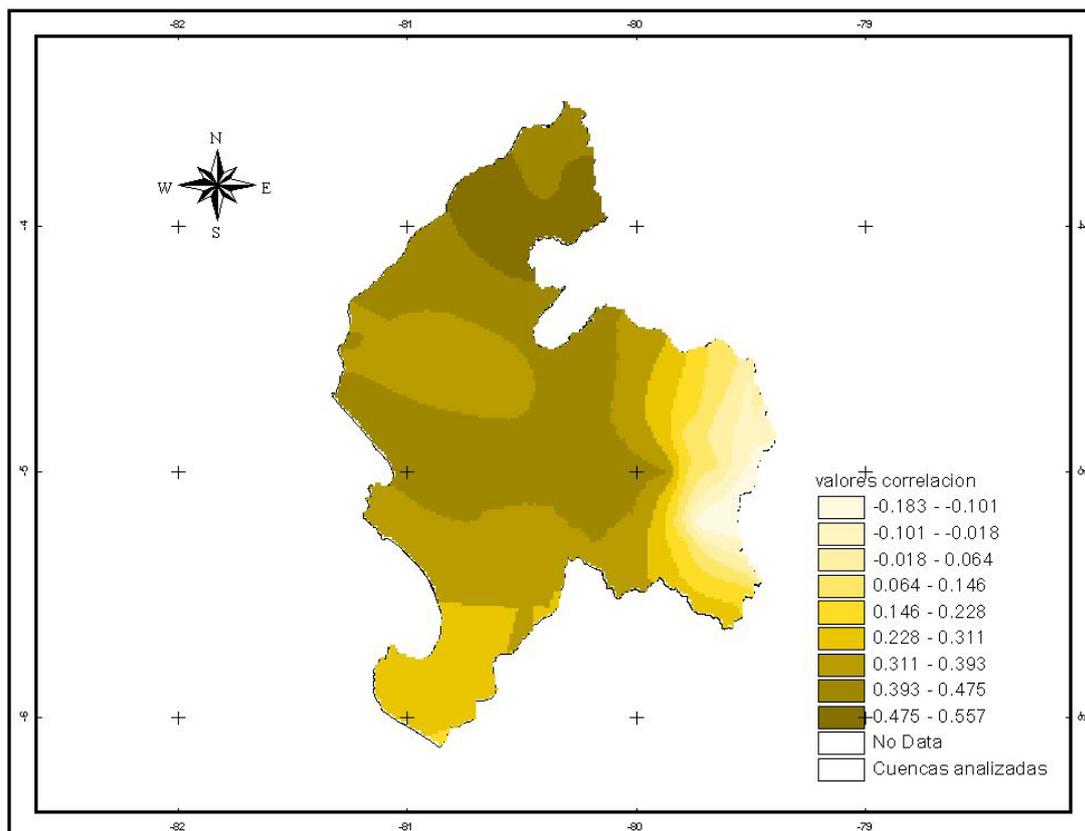


Figura 175 Valores de correlación entre el IPE-3 y la media móvil de 3 meses (ATSM 3+4) para toda la serie estudiada (1969-2005)

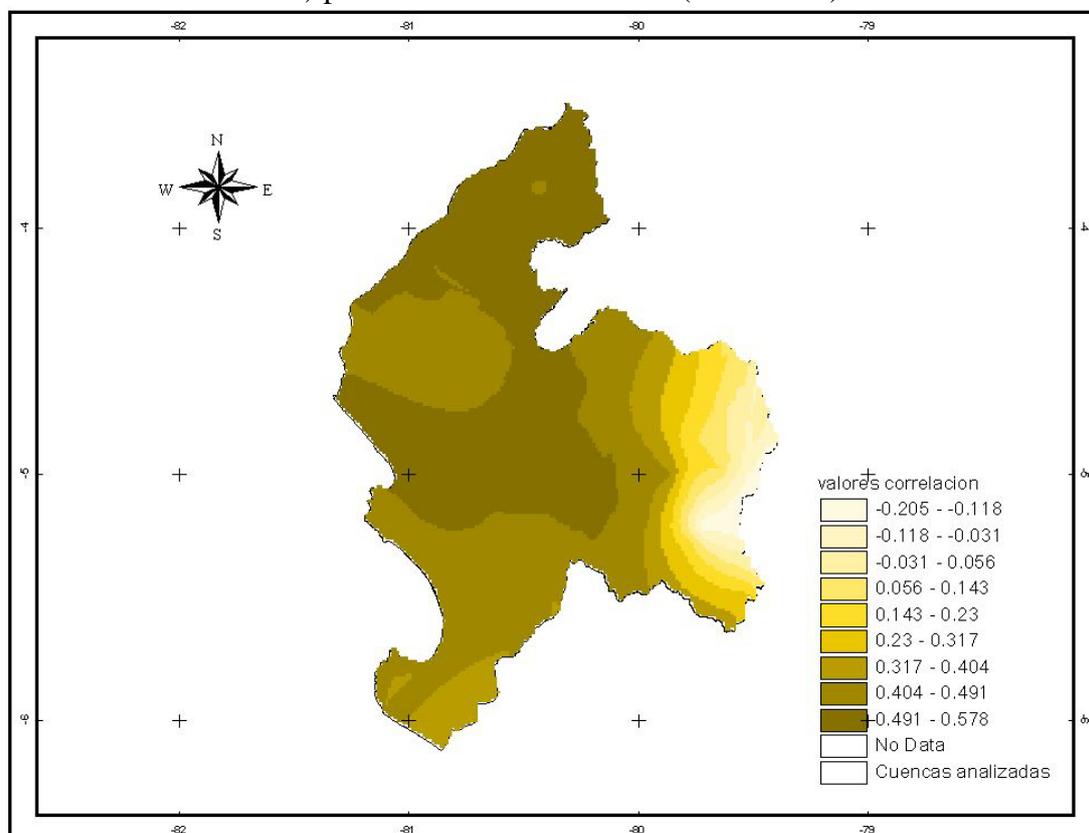


Figura 176 Valores de correlación entre el IPE-6 y la media móvil de 6 meses (ATSM 3+4) para toda la serie estudiada (1969-2005)

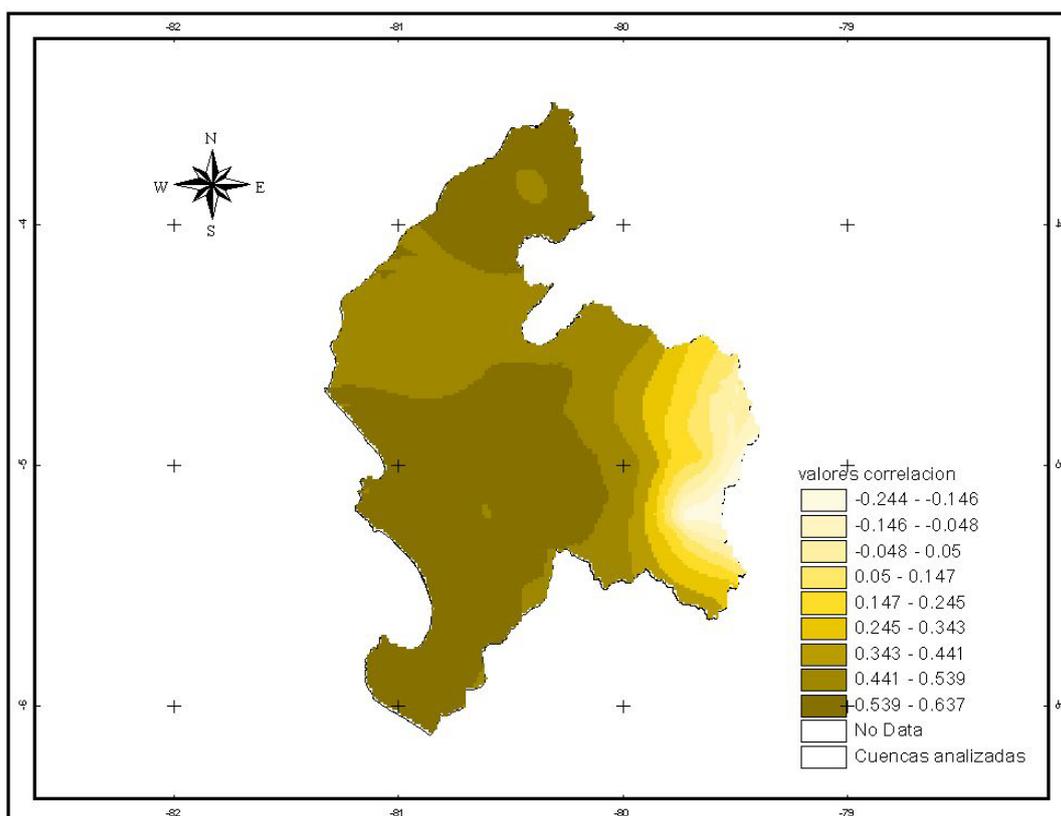


Figura 177 Valores de correlación entre el IPE-12 y la media móvil de 12 meses (ATSM 3+4) para toda la serie estudiada (1969-2005)

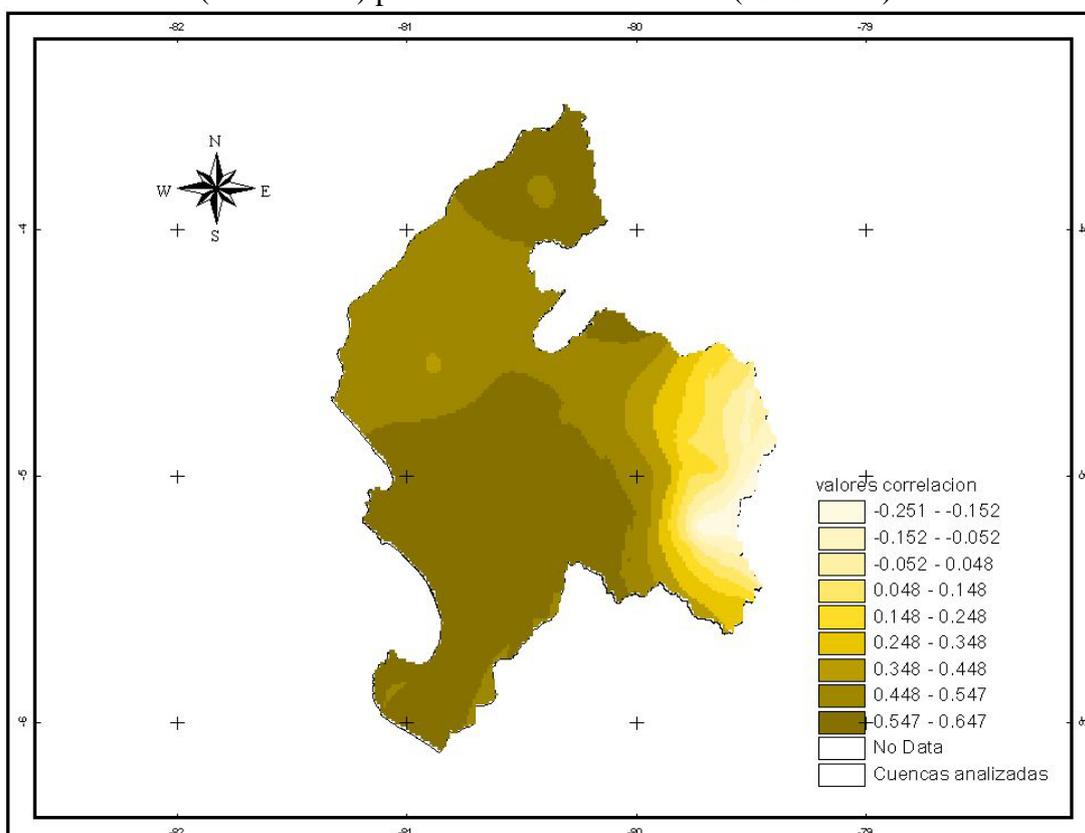


Figura 178 Valores de correlación entre el IPE-24 y la media móvil de 24 meses (ATSM 3+4) para toda la serie estudiada (1969-2005)

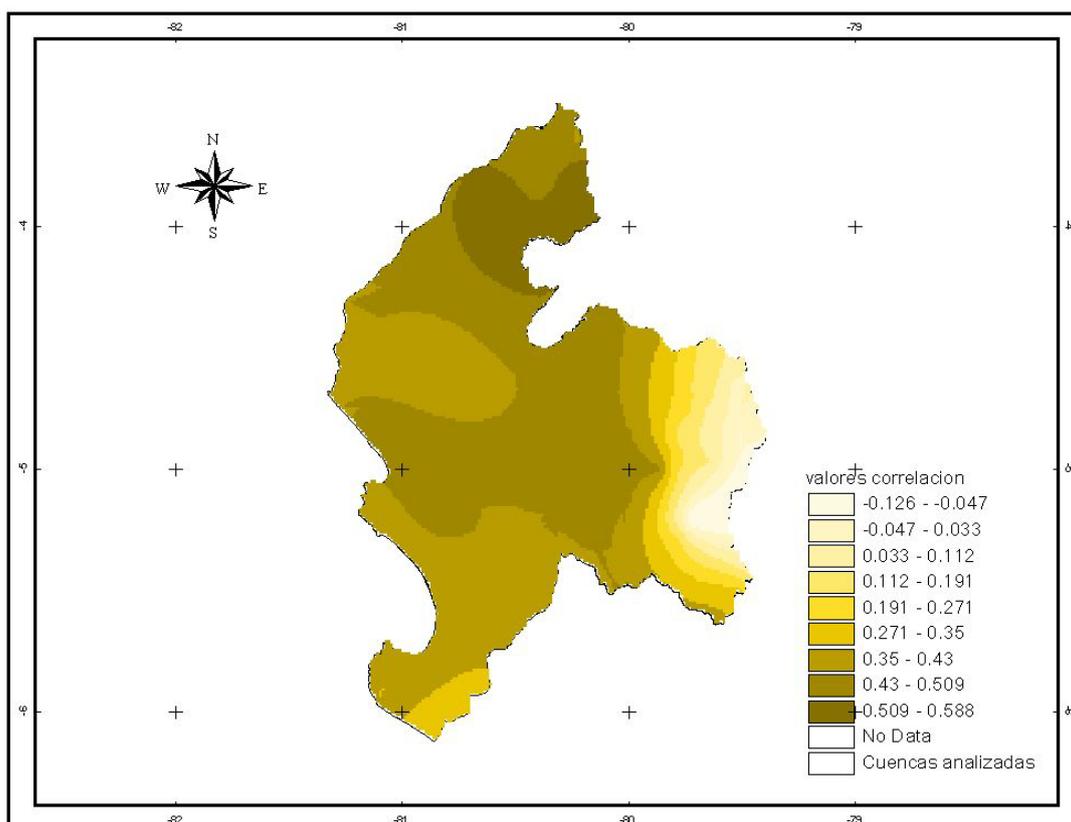


Figura 179 Valores de correlación entre el IPE-3 y la media móvil de 3 meses (ATSM 3+4) para los eventos ENOS

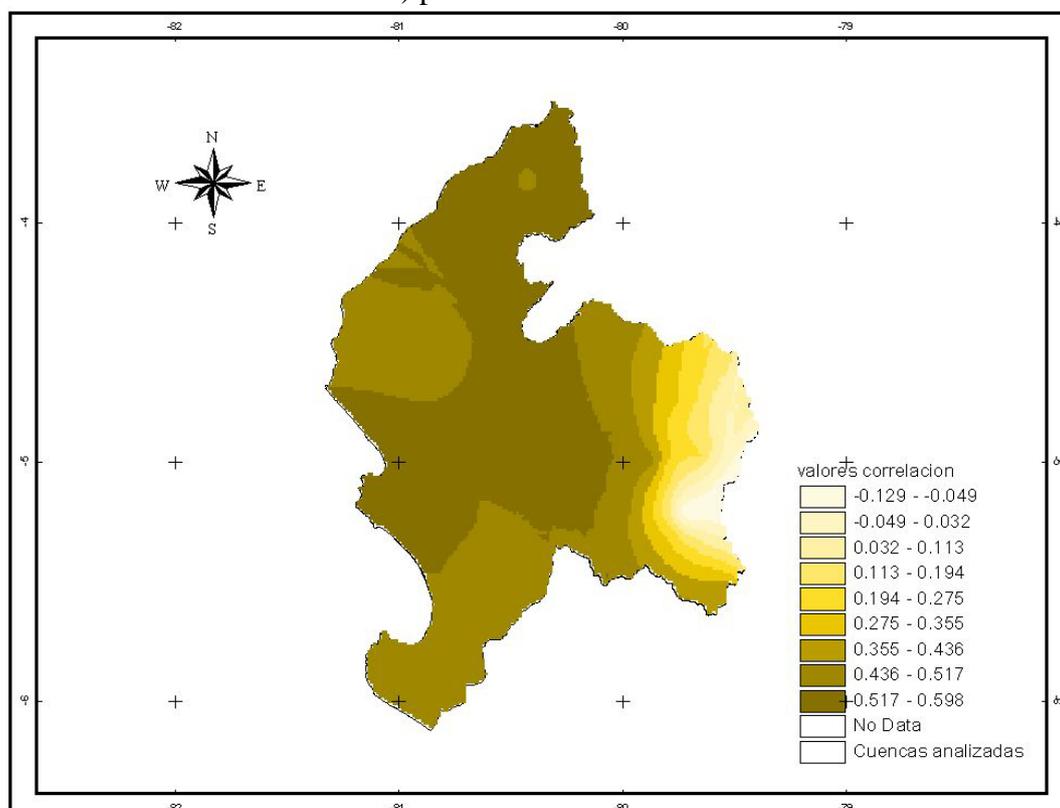


Figura 180 Valores de correlación entre el IPE-6 y la media móvil de 6 meses (ATSM 3+4) para los eventos ENOS

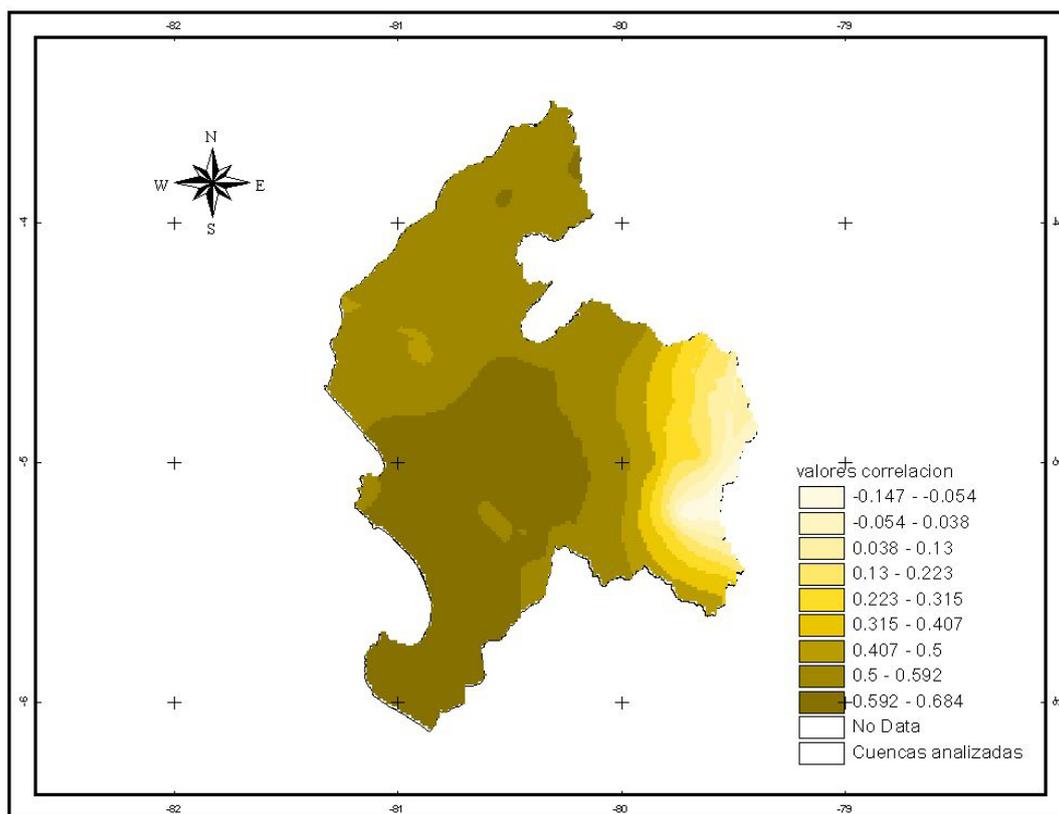


Figura 181 Valores de correlación entre el IPE-12 y la media móvil de 12 meses (ATSM 3+4) para los eventos ENOS

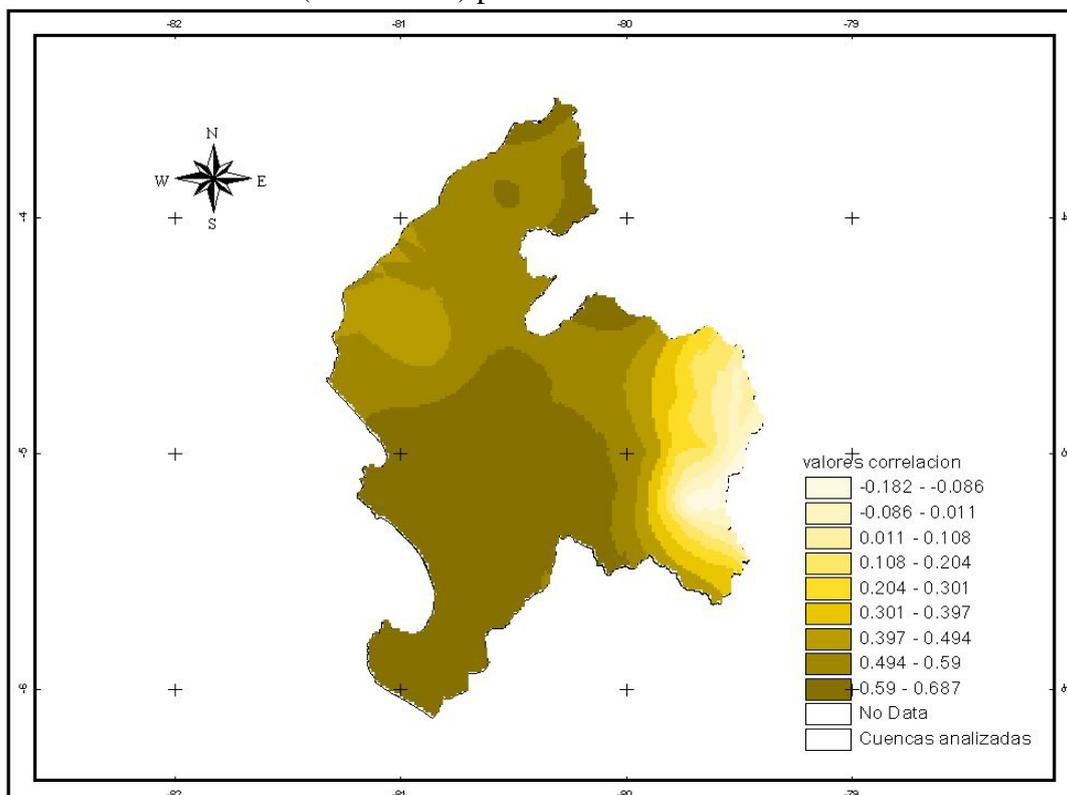


Figura 182 Valores de correlación entre el IPE-24 y la media móvil de 24 meses (ATSM 3+4) para los eventos ENOS

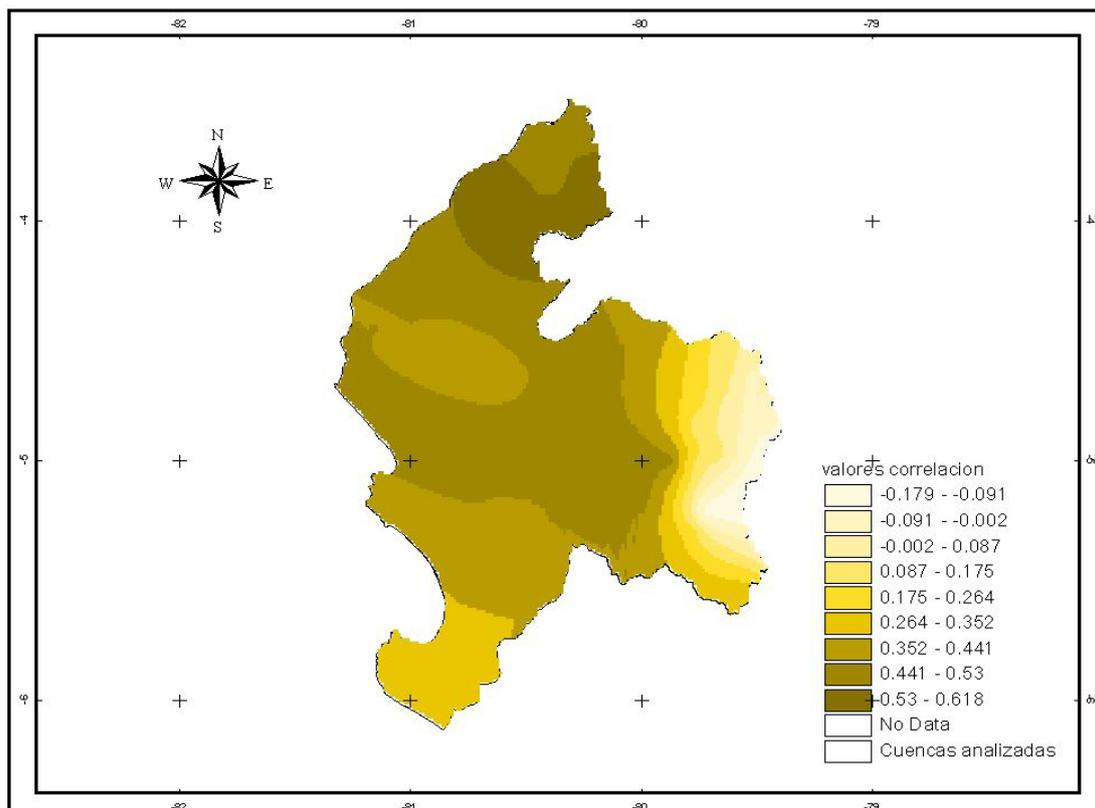


Figura 183 Valores de correlación entre el IPE-3 y la media móvil de 3 meses (ATSM 3+4) para los eventos LNOS

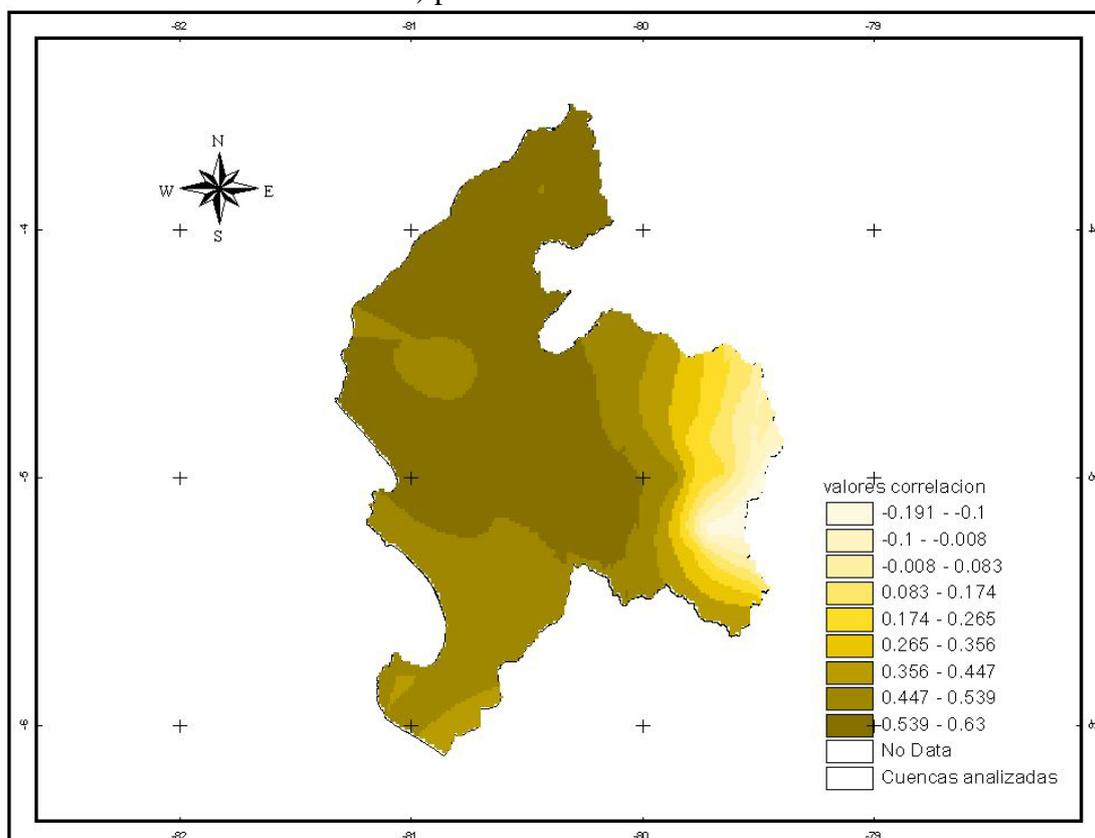


Figura 184 Valores de correlación entre el IPE-6 y la media móvil de 6 meses (ATSM 3+4) para los eventos LNOS

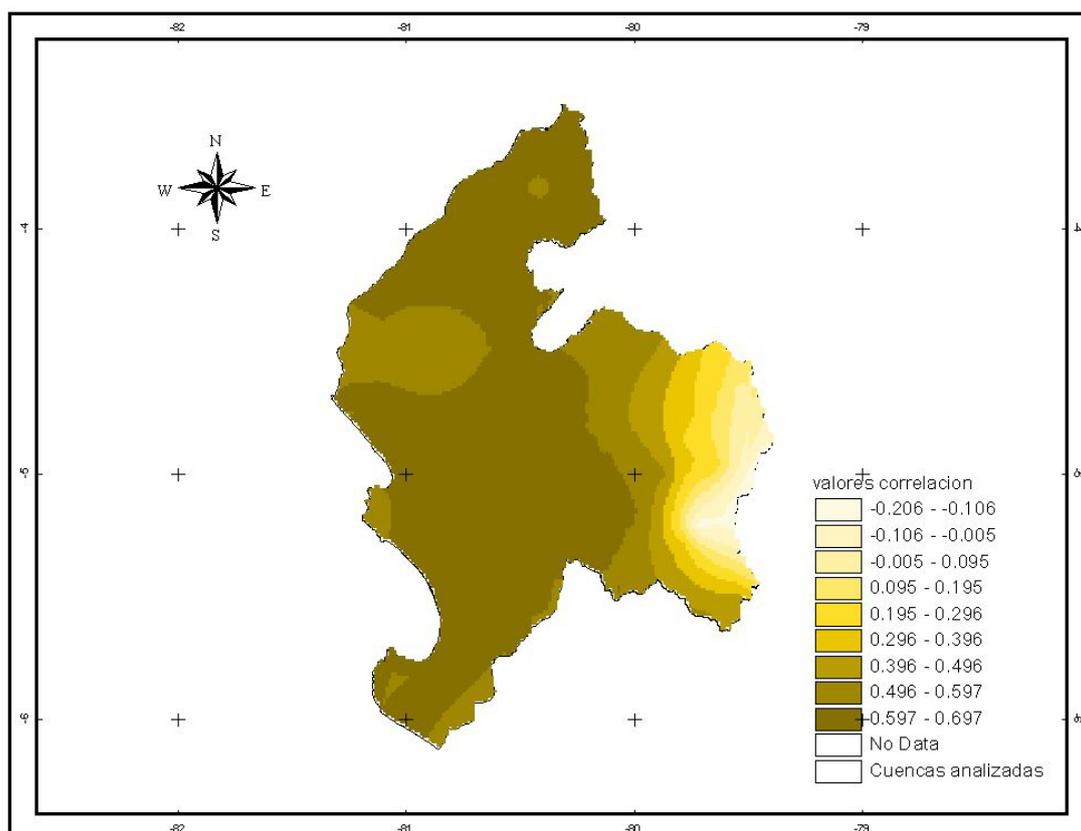


Figura 185 Valores de correlación entre el IPE-12 y la media móvil de 12 meses (ATSM 3+4) para los eventos LNOS

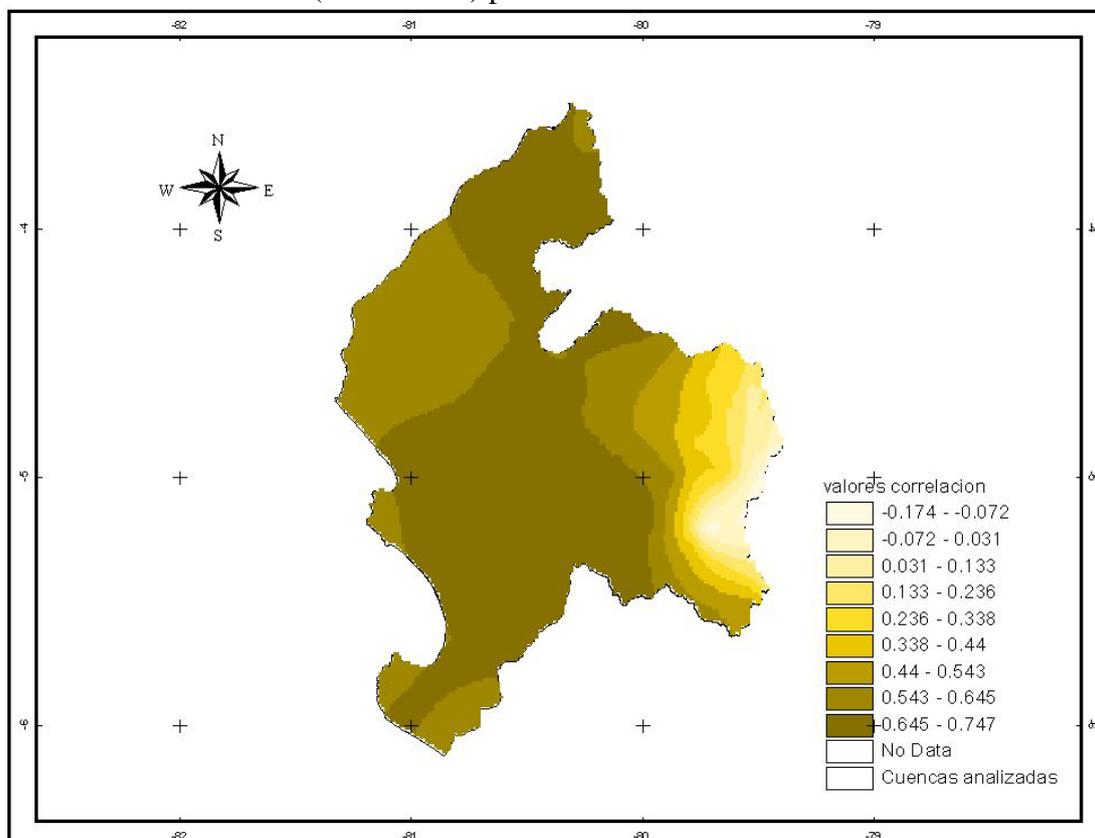


Figura 186 Valores de correlación entre el IPE-24 y la media móvil de 24 meses (ATSM 3+4) para los eventos LNOS

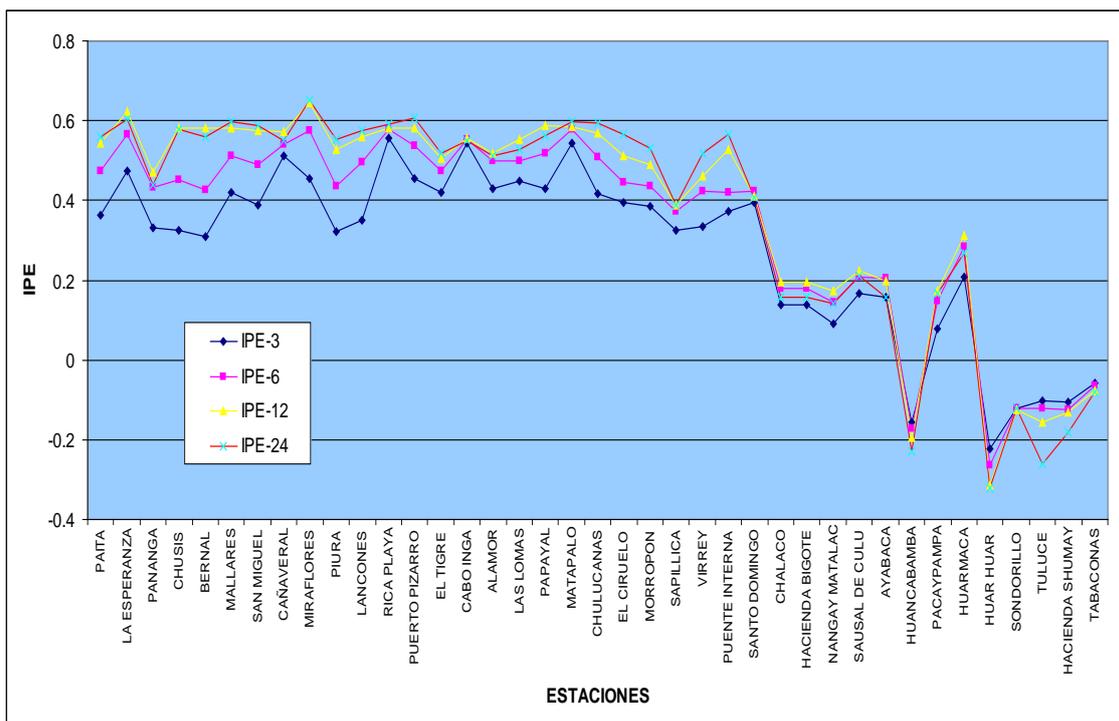


Figura 187 Valores de correlación entre los IPE y la ATSM para toda la serie histórica

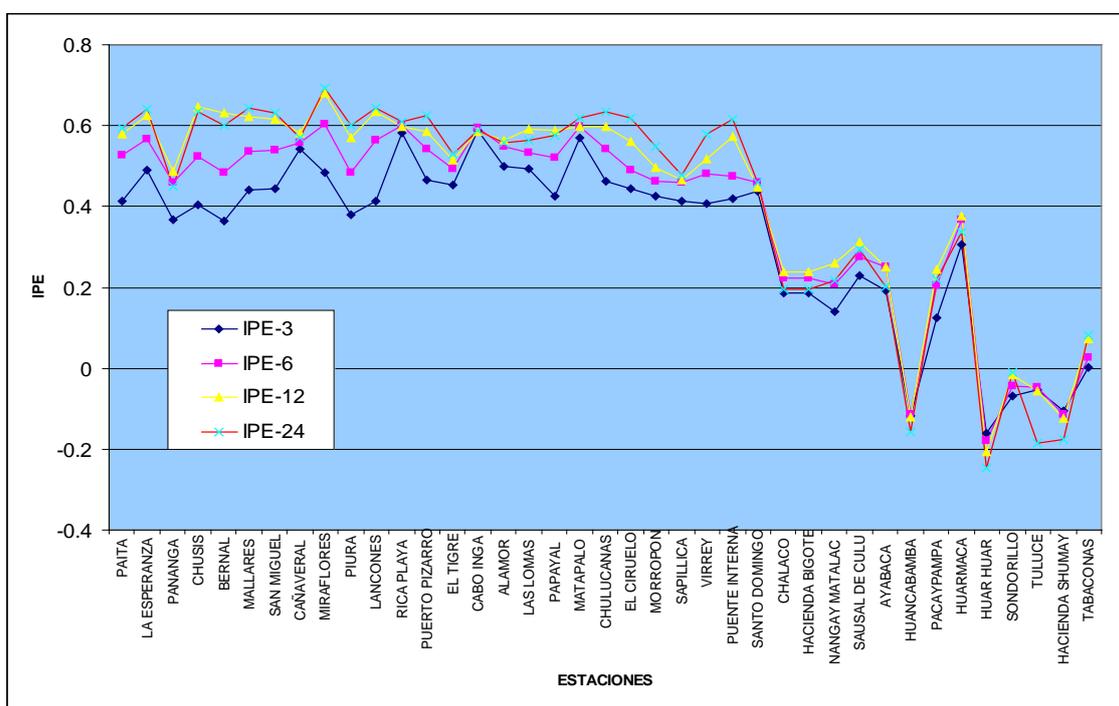


Figura 188 Valores de correlación entre los IPE y la ATSM para los eventos ENOS

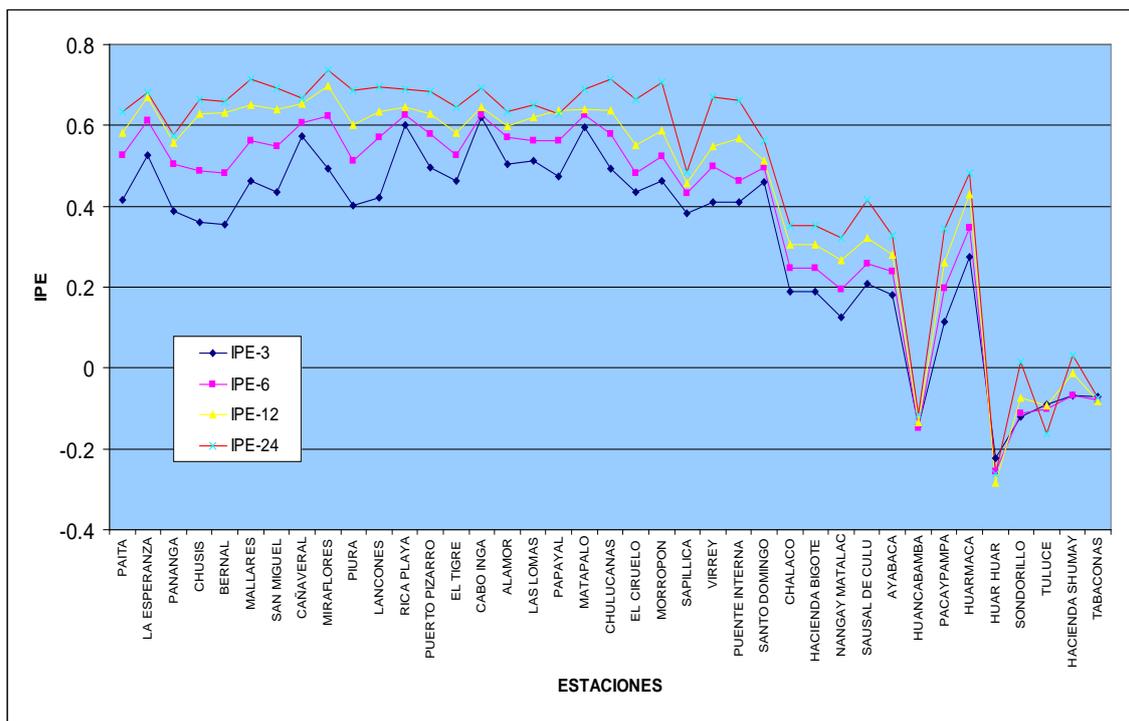
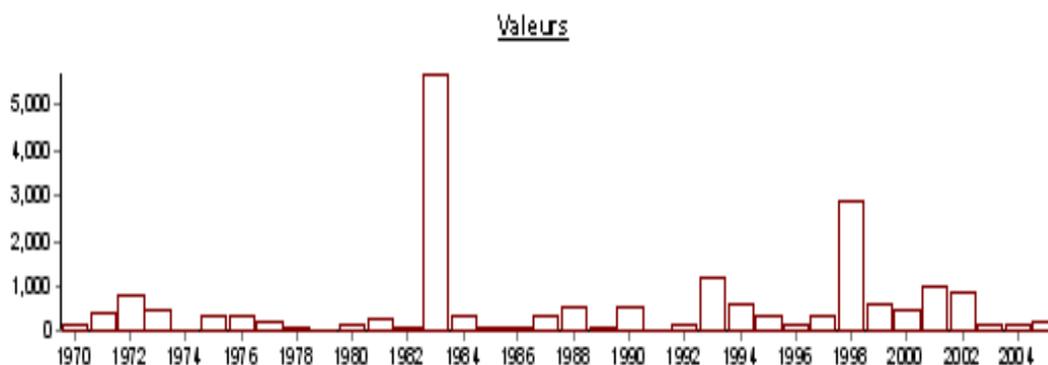


Figura 189 Valores de correlación entre los IPE y la ATSM para los eventos LNOS

# **ANEXO 5**

## **FIGURA DE VALORES DE LOS TESTS DE QUIEBRES (KHONOSTAT)**

Identificación ALAMOR  
Variable estudiada Lluvia anual  
Unidad mm  
Chronique de 1970 à 2005



Tests de détection de rupture

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode non paramétrique de PETTIT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode bayésienne de LEE et HEGHIAN

Mode de la fonction densité de probabilité a *posteriori* de la position du point de rupture: **0.1031 en 1992**

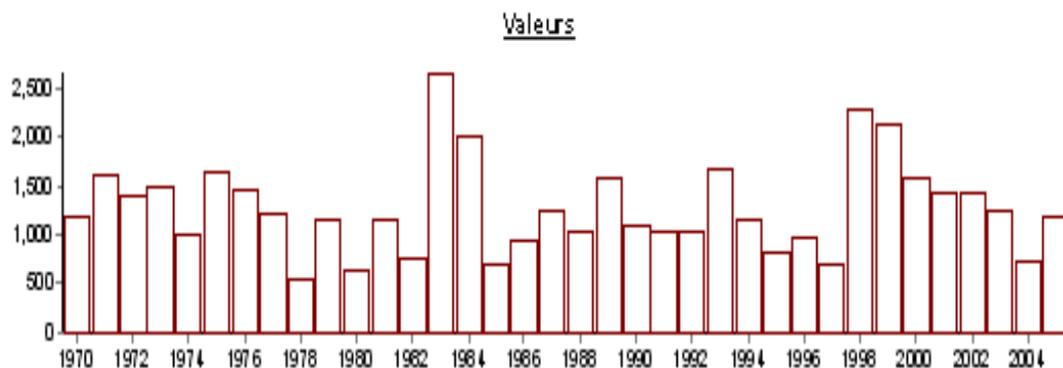
Segmentation de HUBERT

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	571.819	1020.568

Figura 190 Valores de los test de quiebres (Kronostat) Estación Alamor

Identificación AYABACA  
Variable estudiada Lluvia anual  
Unidad mm  
Cronique de 1970 à 2005



Tests de détection de rupture

Test de BUISHAND et ellipse de B OIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode non paramétrique de PETTIT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode bayésienne de LEE et HEGHIAN

Mode de la fonction densité de probabilité a *posteriori* de la position du point de rupture: **0.0686** en **1997**

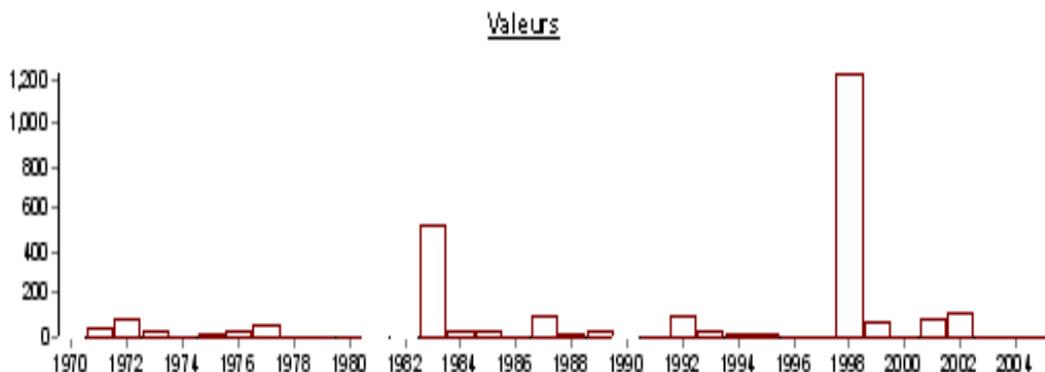
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	1292.939	475.730

Figura 191 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Ayabaca

Identificación BERNAL  
Variable estudiada Lluvia anual  
Unidad mm  
Chronique de 1970 à 2005



Tests de détection de rupture

Test de BUISHAND et ellipse de B OIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode non paramétrique de PETTIT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode bayésienne de LEE et HEGHIAN

Mode de la fonction densité de probabilité a *posteriori* de la position du point de rupture: **0.0903** en 1970

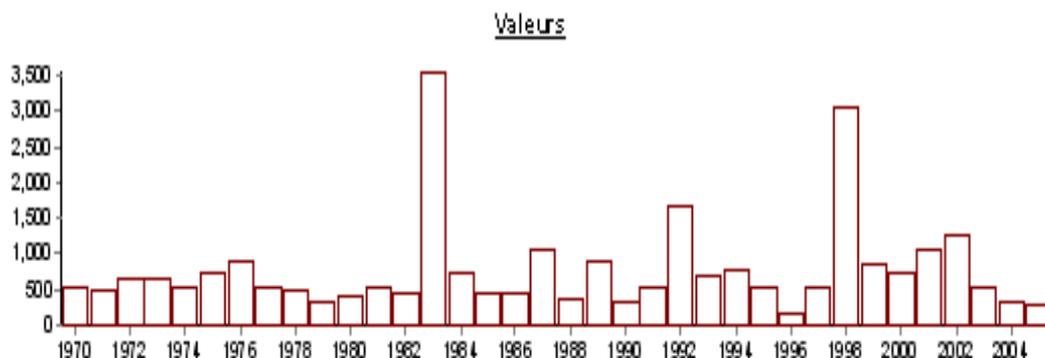
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	80.087	217.476

Figura 192 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Bernal

Identificación CABO INGA  
Variable estudiada Lluvia anual  
Unidad mm  
Chronique de 1970 à 2005



Tests de détection de rupture

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode non paramétrique de PETTIT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode bayésienne de LEE et HEGHIAN

Mode de la fonction densité de probabilité a posteriori de la position du point de rupture: **0.1548** en 2003

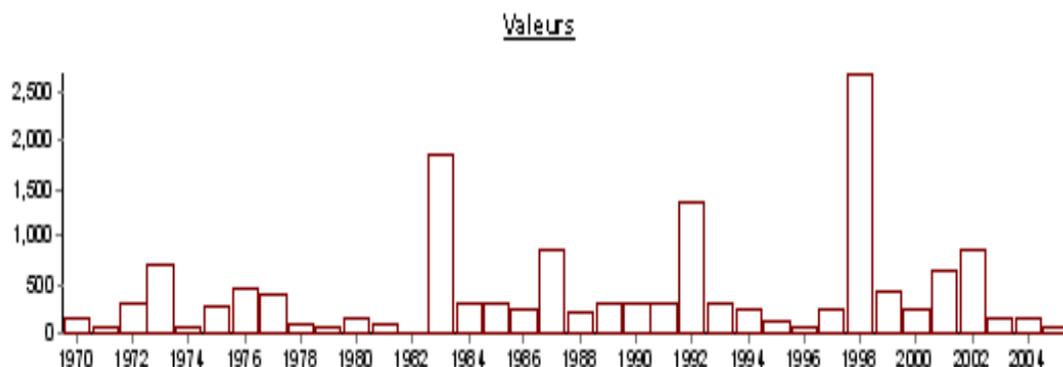
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	7980.53	890.532

Figura 193 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Cabo Inga

Identificación CAÑAVERAL  
Variable estudiada Lluvia anual  
Unidad mm  
Cronique de 1970 à 2005



Tests de détection de rupture

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95 %  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90 %

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité a posteriori de la position du point de rupture: **0.1873** en **1982**

Segmentation de HUBERT

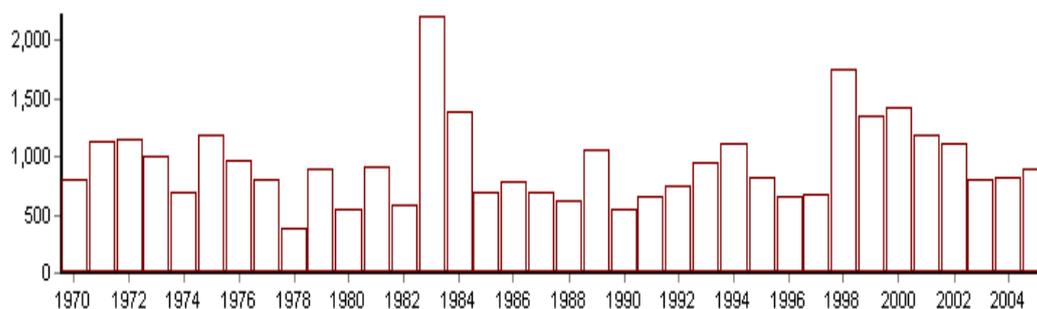
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	435.703	541.671

Figura 194 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Cañaverál

**Identificación** CHALACO  
**Variable estudiada** Lluvia anual  
**Unidad** mm  
**Crónica de** 1970 a 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1578** en **1997**

**Segmentation de HUBERT**

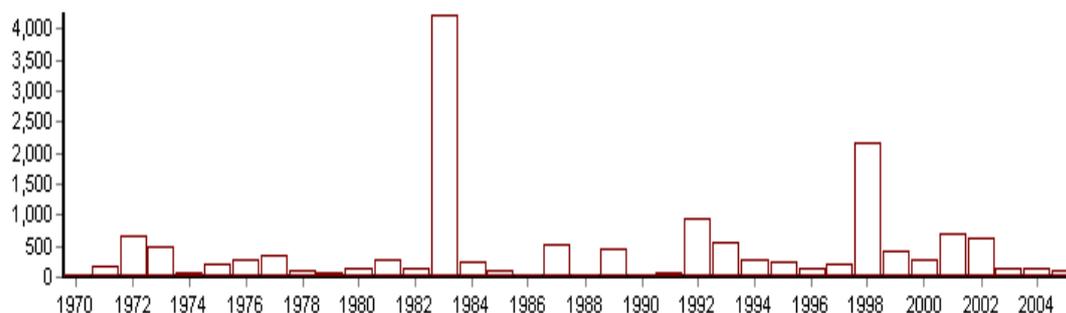
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	943.575	361.709

Figura 195 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Chalaco

**Identificación** CHULUCANAS  
**Variable estudiada** Lluvia anual  
**Unidad** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.2499 en 1970**

**Segmentation de HUBERT**

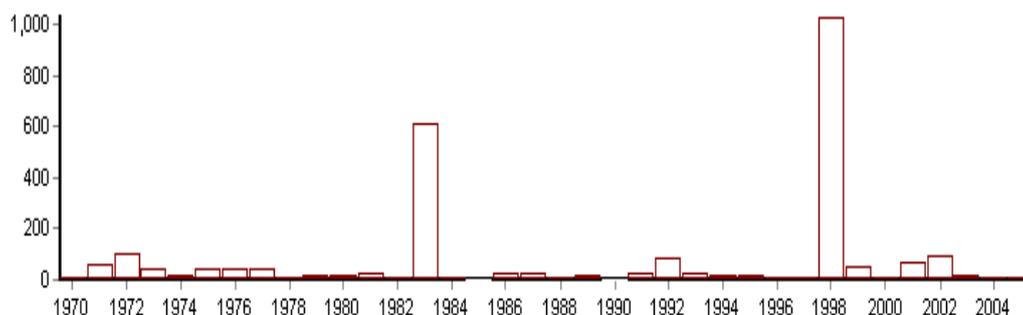
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	435.681	755.677

Figura 196 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Chulucanas

**Identificación** CHUSIS  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0855 en 2003**

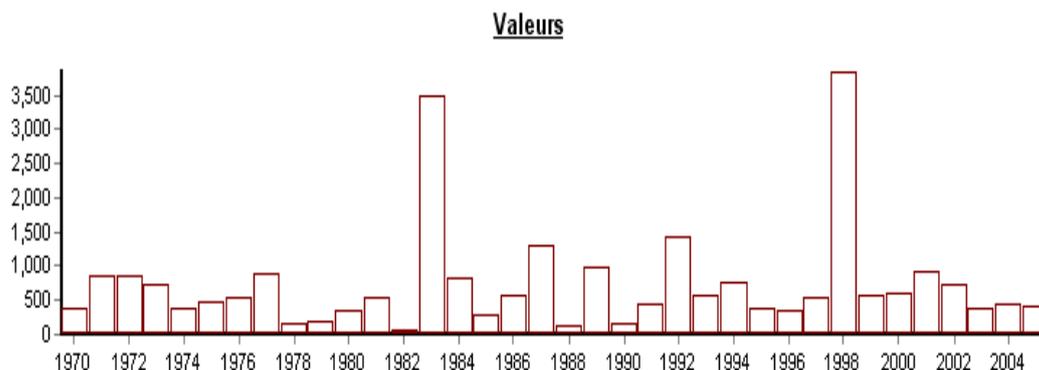
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	71.692	191.699

Figura 197 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Chusis

**Identificación** EL CIRUELO  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

**RE**

**Méthode non paramétrique de PETTITT**

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

**RE**

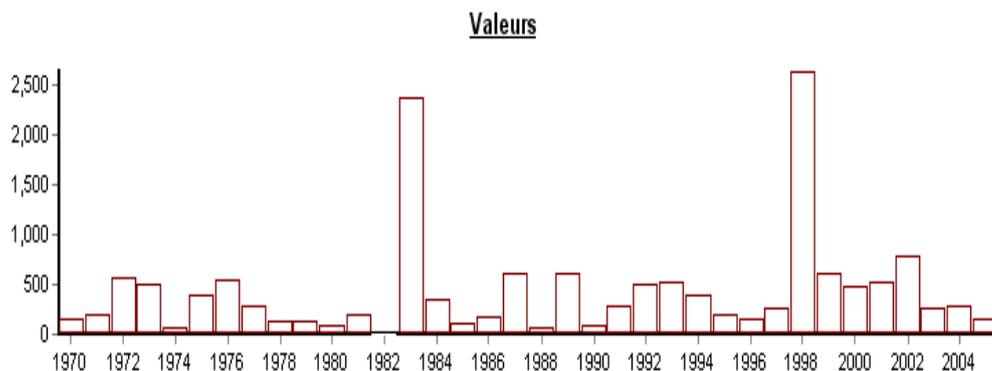
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	739.839	784.049

Figura 198 Valores de los test de quiebres (Kronostat) Estación El Ciruelo

**Identificación** EL TIGRE  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0853** en **1982**

**Segmentation de HUBERT**

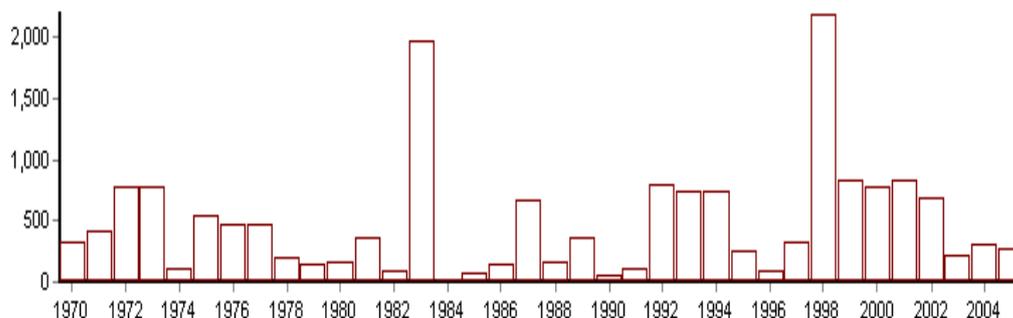
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	432.283	544.824

Figura 199 Valores de los test de quiebras (Khronostat) Estación El Tigre

**Identificación** HDA. BIGOTE  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1028** en **1991**

**Segmentation de HUBERT**

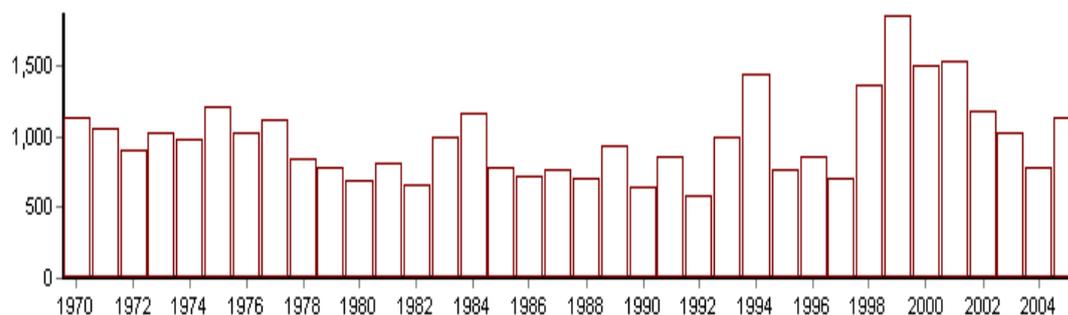
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	483.861	473.451

Figura 200 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Hacienda Bigote

**Identificación** HDA SHUMAY  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

### Valeurs



### Tests de détection de rupture

#### Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

#### Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Probabilité de dépassement de la valeur critique du test: **7.50E-02** en **1997**

#### Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.6471** en **1997**

#### Segmentation de HUBERT

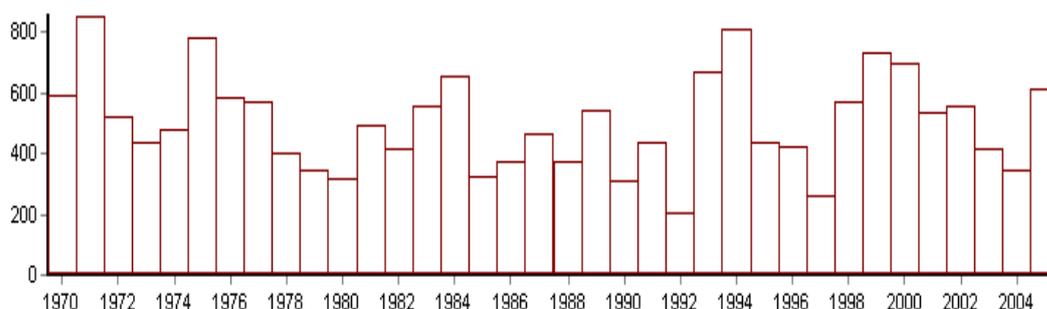
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	1997	900.857	202.060
1998	2001	1565.025	209.371
2002	2005	1033.525	174.294

Figura 201 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Hacienda Shumay

**Identificación** HUANCABAMBA  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1683** en **1971**

**Segmentation de HUBERT**

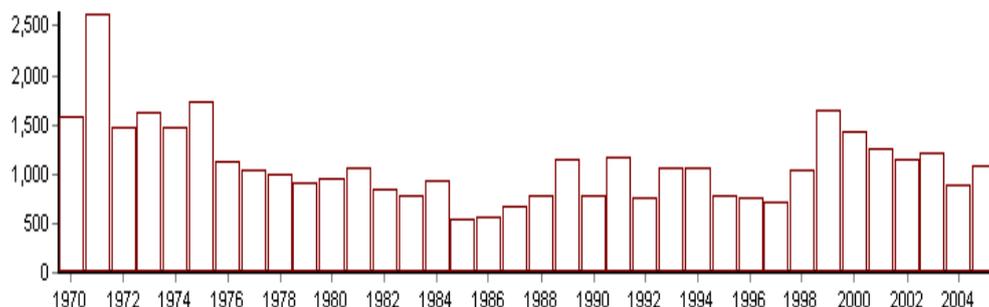
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	503.100	156.457

Figura 202 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Huancabamba

**Identificación** HUARHUAR  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 99%

Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 95%

Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%

Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 95%

Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Probabilité de dépassement de la valeur critique du test: **3.32E-02** en **1976**

**Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN**

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.7390** en **1975**

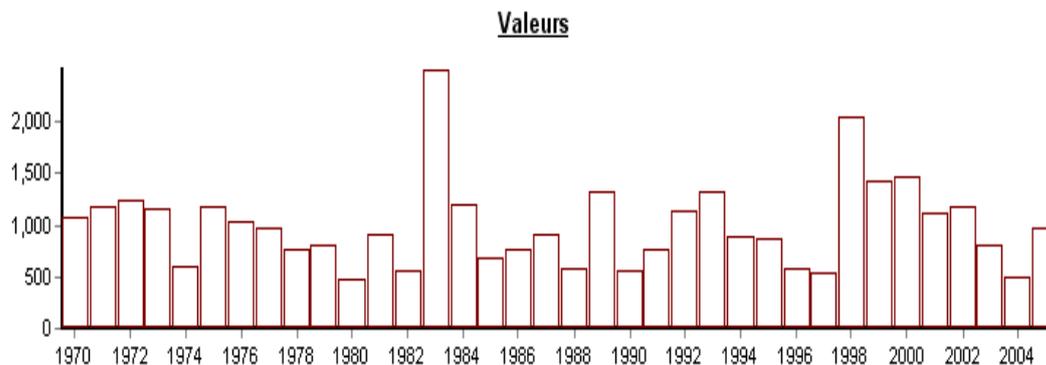
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	1975	1750.817	437.047
1976	2005	972.170	244.195

Figura 203 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Huarhuar

**Identificación** HUARMACA  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0598** en **2003**

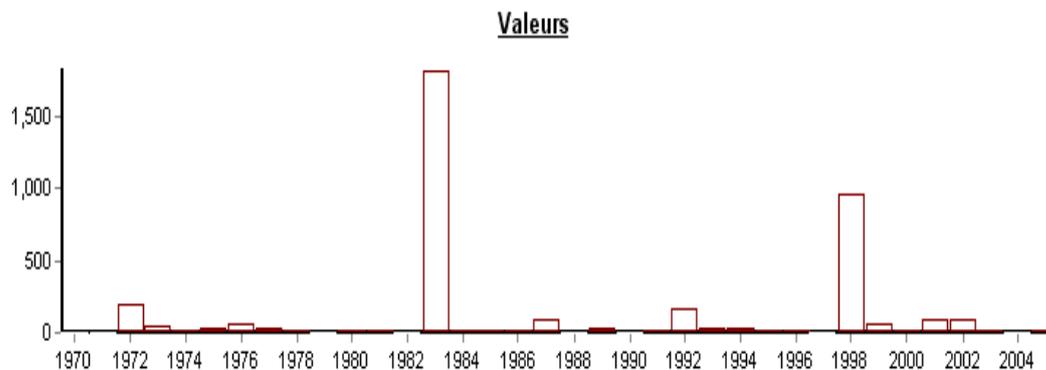
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	999.072	421.291

Figura 204 Valores de los test de quiebres (Kronostat) Estación Huarmaca

**Identification** LA ESPERANZA  
**Variable étudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.4635 en 1971**

**Segmentation de HUBERT**

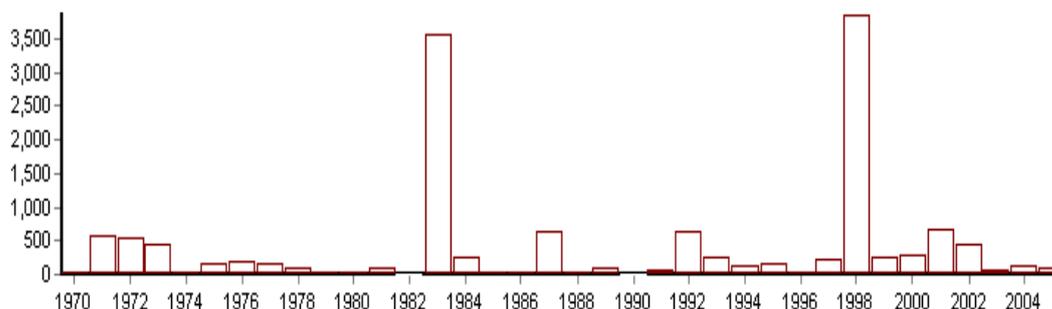
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	110.994	333.813

Figura 205 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación La Esperanza

**Identificación** LANCONES  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0711 en 1996**

**Segmentation de HUBERT**

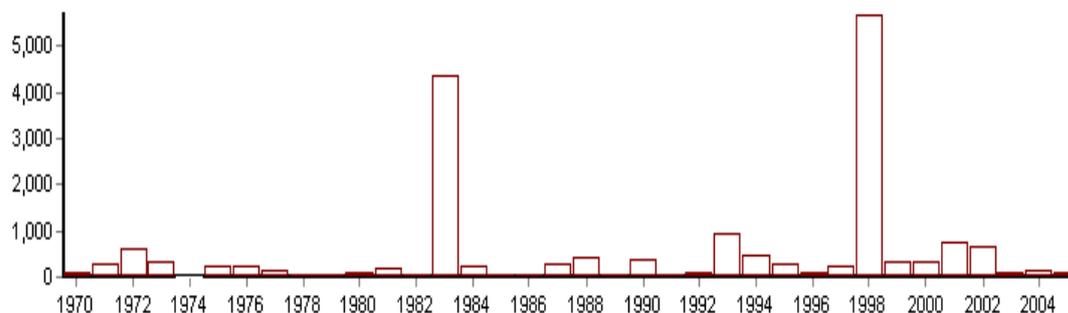
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	399.533	837.342

Figura 206 Valores de los test de quiebres (Kronostat) Estación Lancones

**Identificación** LAS LOMAS  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1153 en 1992**

**Segmentation de HUBERT**

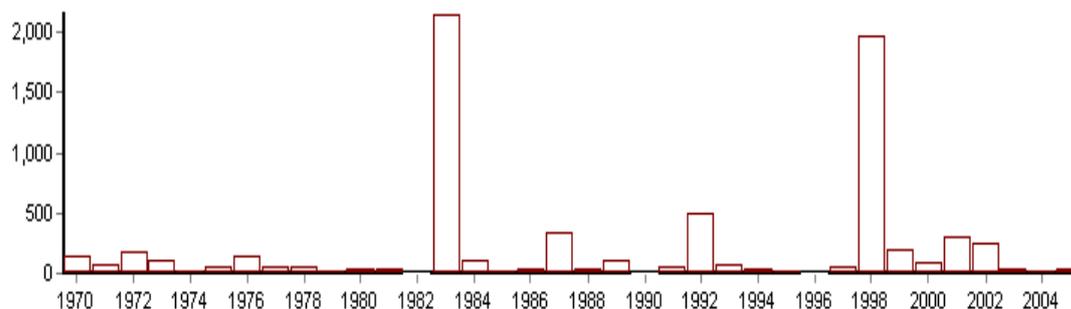
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	507.297	1139.208

Figura 207 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Las Lomas

**Identificación** MALLARES  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0670 en 1997**

**Segmentation de HUBERT**

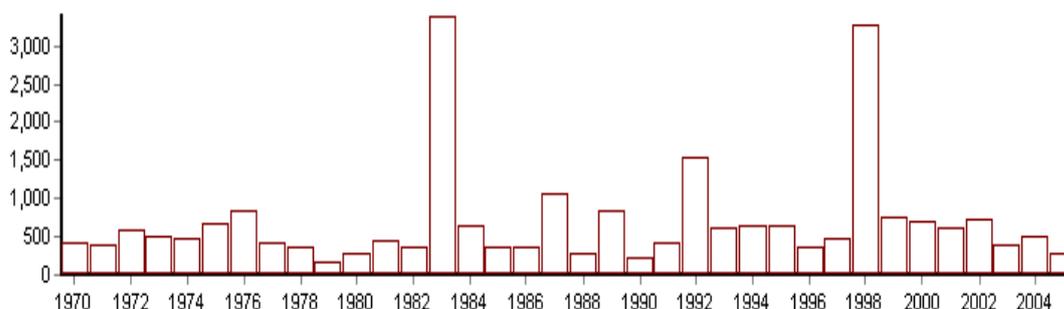
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	202.839	468.907

Figura 208 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Mallares

**Identificación** MATAPALO  
**Variable estudiada** Lluvia anual  
**Unidad** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0854 en 2004**

**Segmentation de HUBERT**

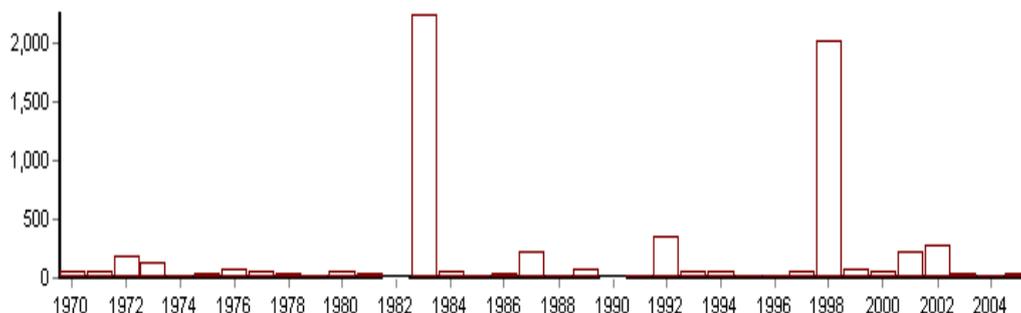
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	696.331	696.180

Figura 209 Valores de los test de quiebres (Kronostat) Estación Matapalo

**Identificación** MIRAFLORES  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

**Test de BUSHAND et ellipse de BOIS**

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

**Méthode non paramétrique de PETTITT**

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

**Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN**

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0579 en 2004**

**Segmentation de HUBERT**

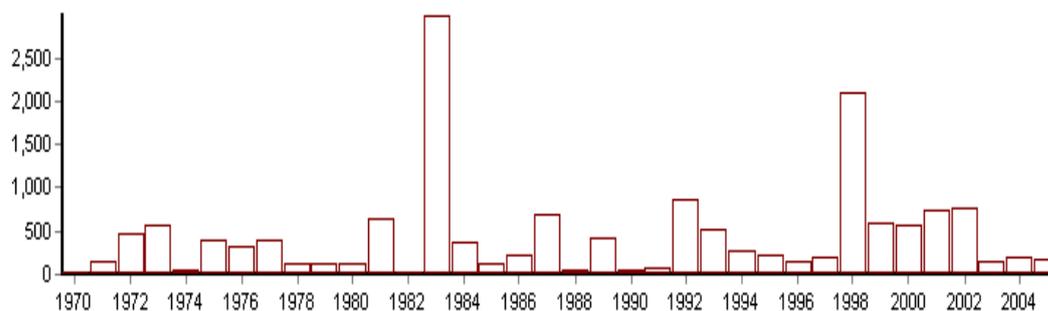
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	186.833	485.381

Figura 210 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Miraflores

**Identificación** MORROPON  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.2971 en 1970**

**Segmentation de HUBERT**

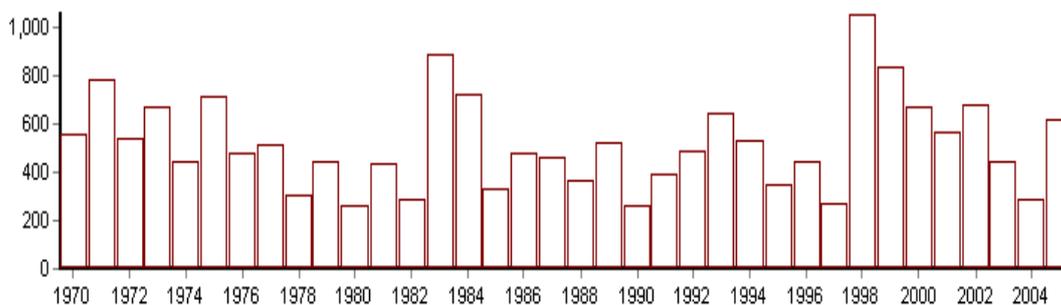
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	440.825	578.073

Figura 211 Valores de los test de quiebres (Kronostat) Estación Morropon

**Identification** NANGAY MATALAC  
**Variable étudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1476 en 1997**

**Segmentation de HUBERT**

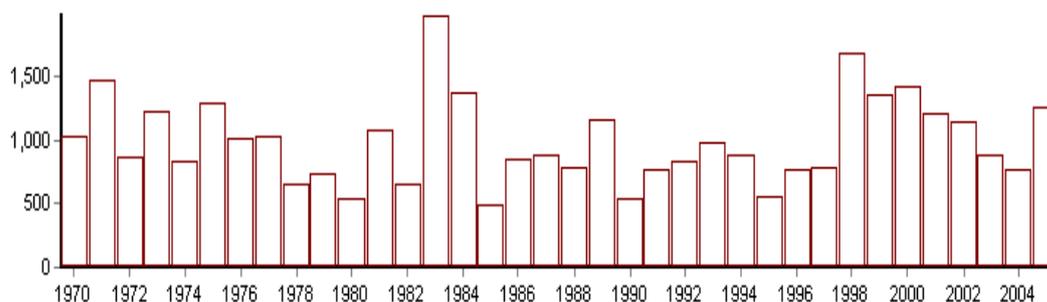
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	518.397	189.106

Figura 212 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Nangay Matalac

**Identification** PACAYPAMPA  
**Variable étudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1530 en 1997**

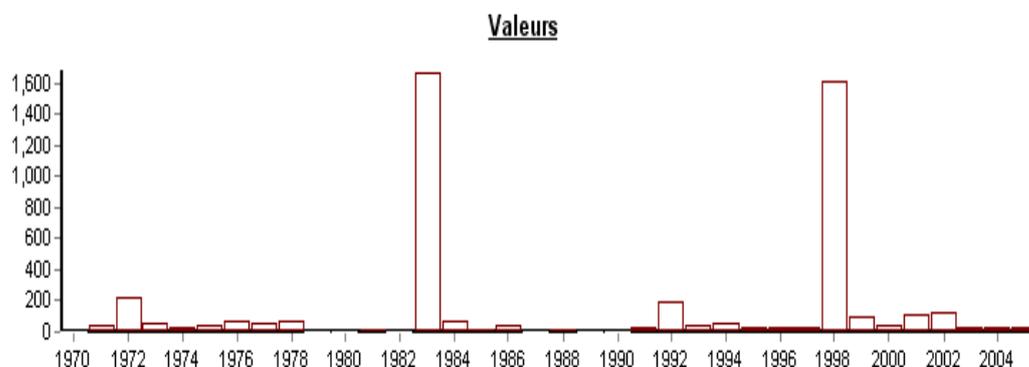
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	989.511	335.911

Figura 213 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Pacaypampa

**Identification** PAITA  
**Variable étudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

**RE**

**Méthode non paramétrique de PETTITT**

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

**RE**

**Segmentation de HUBERT**

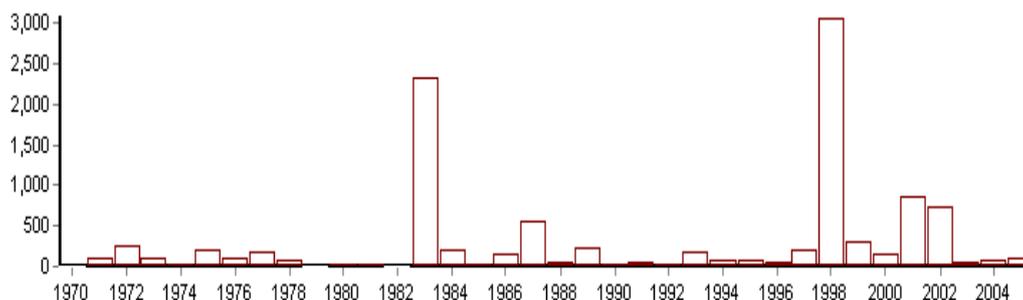
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	135.903	373.392

Figura 214 Valores de los test de quiebres (Kronostat) Estación Paita

**Identification** PANANGA  
**Variable étudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1574** en **1996**

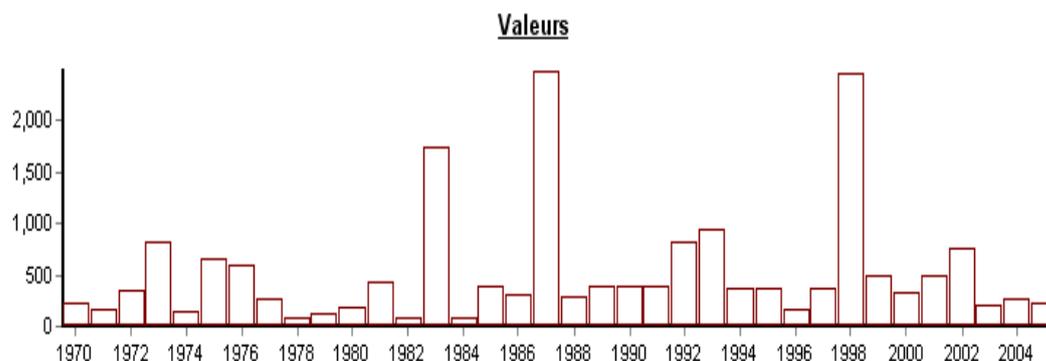
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	295.183	627.031

Figura 215 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Pananga

**Identificación** PAPAYAL  
**Variable estudiada** Lluvia anual  
**Unidad** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0878** en **1982**

**Segmentation de HUBERT**

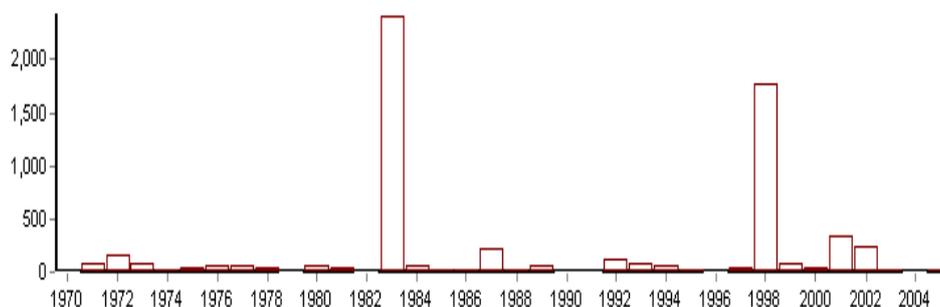
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	521.442	570.299

Figura 216 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Papayal

**Identification** PIURA  
**Variable étudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

**Test de BUISHAND et ellipse de BOIS**

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

**Méthode non paramétrique de PETTIT**

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

**Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN**

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0881 en 1970**

**Segmentation de HUBERT**

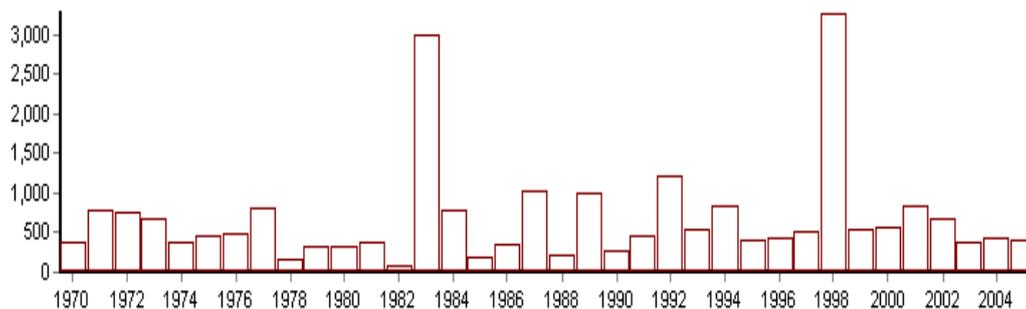
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	174.033	482.495

Figura 217 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Piura

**Identificación** PTE\_INTERNACIONAL  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0724** en **1982**

**Segmentation de HUBERT**

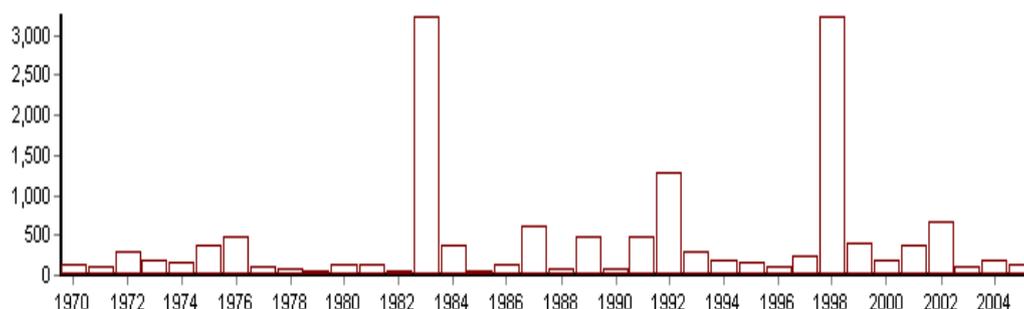
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	676.436	656.731

Figura 218 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Puente Internacional

**Identificación** PUERTO PIZARRO  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1040** en **1982**

**Segmentation de HUBERT**

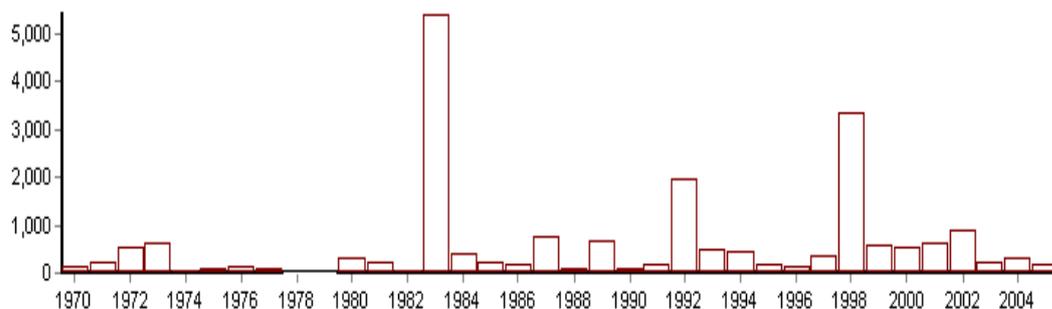
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	427.483	728.142

Figura 219 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Puerto Pizarro

**Identificación** RICA PLAYA  
**Variable estudiada** Lluvia anual  
**Unidad** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

**RE**

**Méthode non paramétrique de PETTITT**

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Probabilité de dépassement de la valeur critique du test: **5.61E-02** en **1982**

**Méthode bayésienne de LEE et HEGHIAN**

**RE**

**Segmentation de HUBERT**

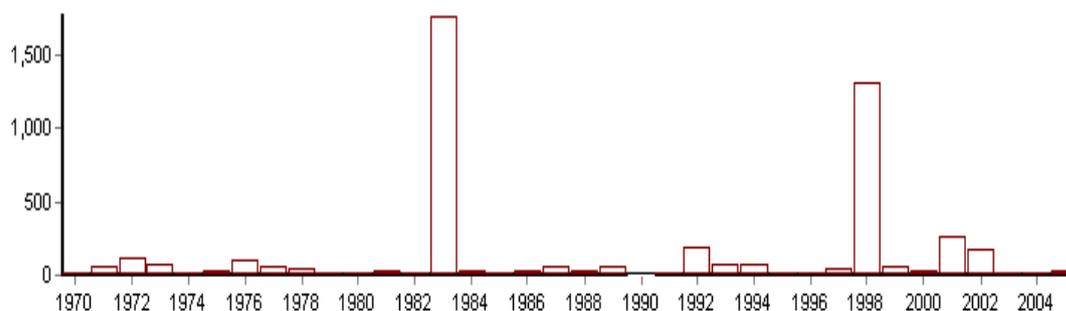
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	576.233	1026.734

Figura 220 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Rica Playa

**Identificación** SAN MIGUEL  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUIHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTIT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0771 en 1970**

**Segmentation de HUBERT**

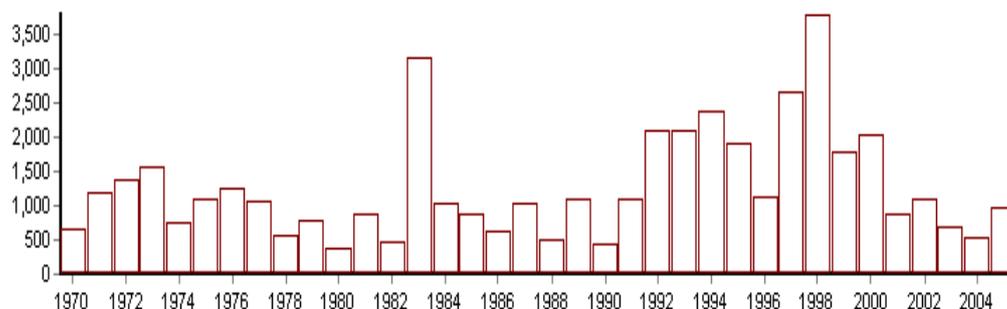
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	135.206	353.081

Figura 221 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación San Miguel

**Identification** STO DOMINGO  
**Variable étudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Probabilité de dépassement de la valeur critique du test: **6.63E-02** en **1990**

**Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN**

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.2430** en **1991**

**Segmentation de HUBERT**

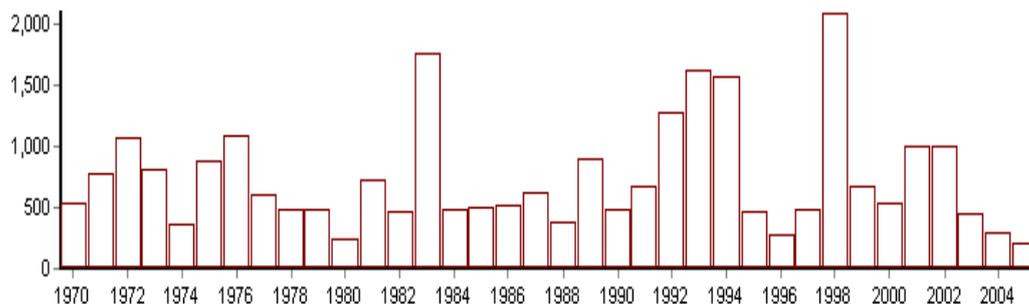
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	1991	992.295	579.241
1992	2000	2210.578	725.004
2001	2005	831.360	223.477

Figura 222 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Santo Domingo

**Identificación** SAPILLICA  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.3476** en **2003**

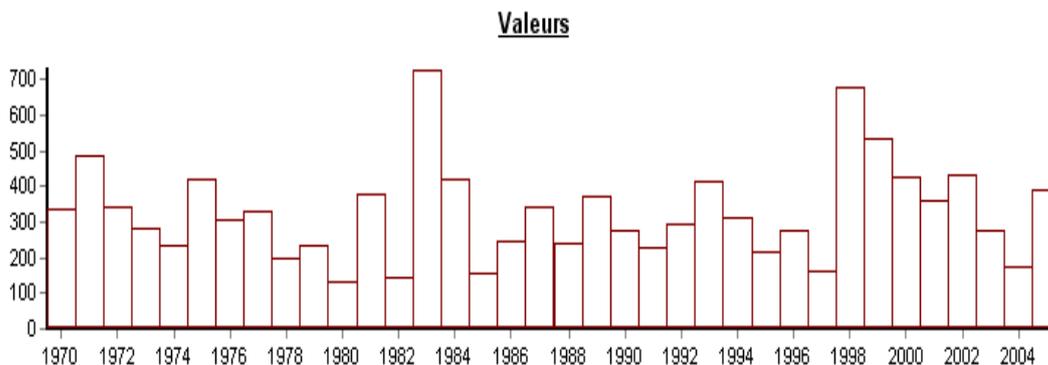
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	742.142	447.176

Figura 223 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Sapillica

**Identificación** SAUSAL\_CULUCAN  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.1217** en **1997**

**Segmentation de HUBERT**

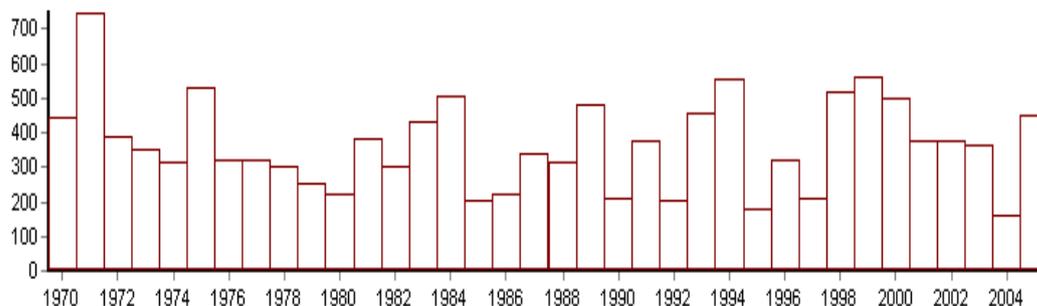
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	326.922	135.029

Figura 224 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Causal de Culucan

**Identificación** SONDORILLO  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.4046** en **1971**

**Segmentation de HUBERT**

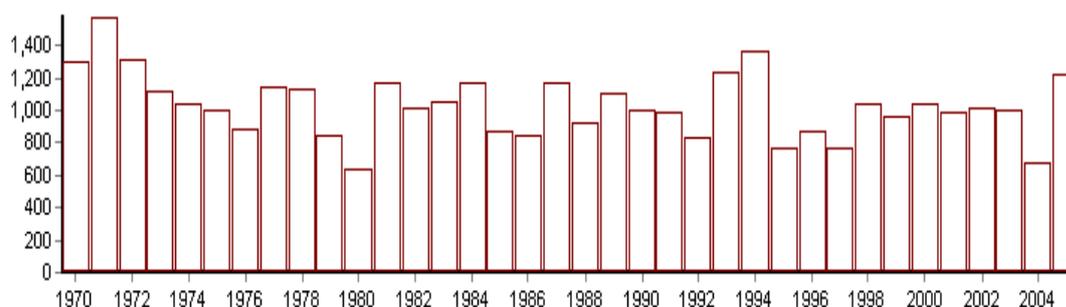
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	1971	593.000	215.102
1972	2005	352.403	115.435

Figura 225 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Sondorillo

**Identificación** TABACONES  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTIT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.4944 en 1972**

**Segmentation de HUBERT**

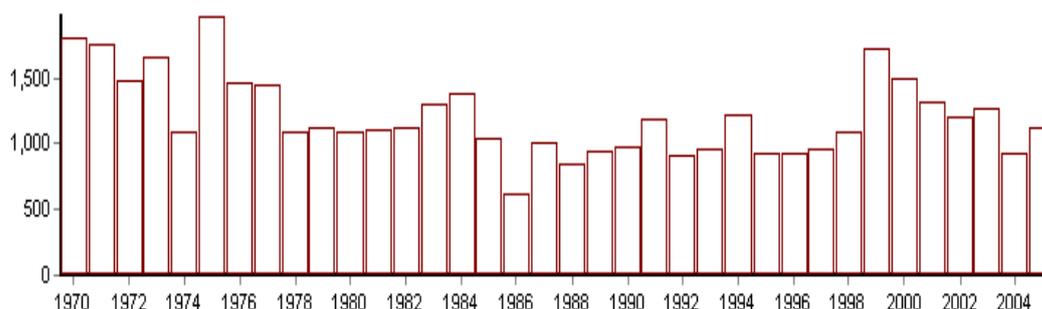
Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	1972	1392.233	155.327
1973	2005	996.545	166.288

Figura 226 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Tabaconas

**Identificación** TULUCE  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005

**Valeurs**



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTITT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **rejetée** au seuil de confiance de 90%

Probabilité de dépassement de la valeur critique du test: **1.72E-02** en **1984**

**Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN**

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.5133** en **1977**

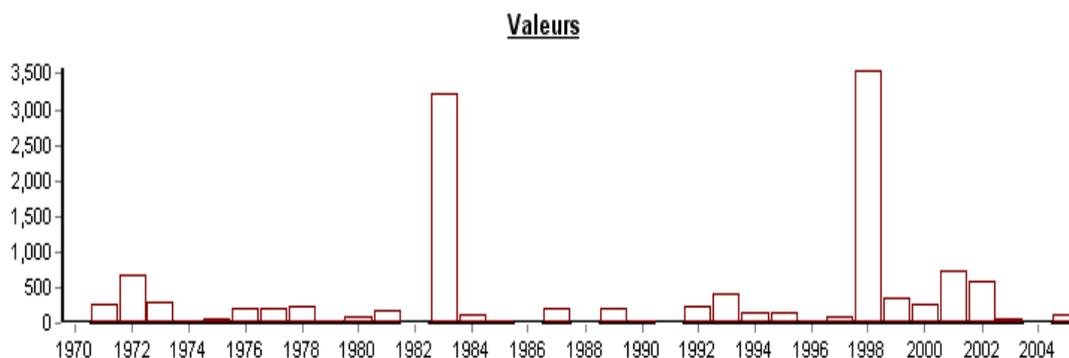
**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	1977	1582.487	272.906
1978	2005	1101.400	217.561

Figura 227 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Tuluce

**Identificación** VIRREY  
**Variable estudiée** Lluvia anual  
**Unité** mm  
**Chronique de** 1970 à 2005



**Tests de détection de rupture**

Test de BUISSHAND et ellipse de BOIS

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode non paramétrique de PETTIT

Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 99%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 95%  
 Hypothèse nulle (absence de rupture) **acceptée** au seuil de confiance de 90%

Méthode bayésienne de LEE et HEGHINIAN

Mode de la fonction densité de probabilité *a posteriori* de la position du point de rupture: **0.0787 en 1970**

**Segmentation de HUBERT**

Niveau de signification du test de Scheffé: **1%**

Début	Fin	Moyenne	Ecart type
1970	2005	356.100	768.087

Figura 228 Valores de los test de quiebres (Khronostat) Estación Virrey

# **ANEXO 6**

## **FIGURAS DE VALORES DE IQN**

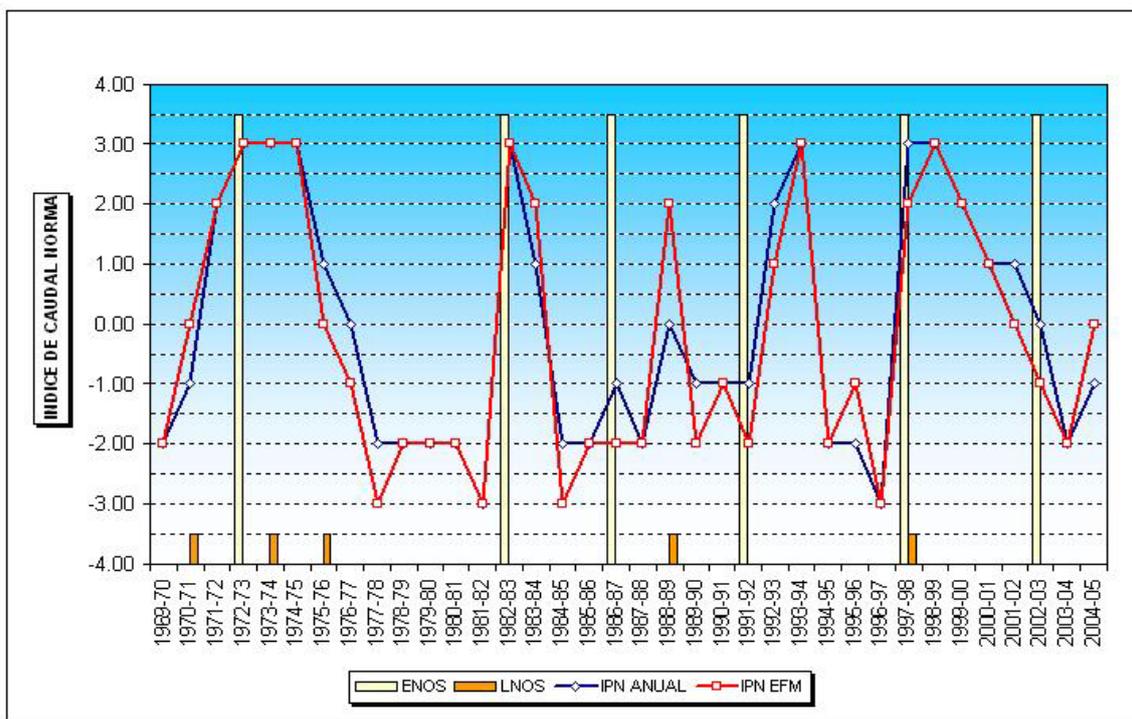


Figura 229 Valores de IQN para el río Chira (estación el Ciruelo)

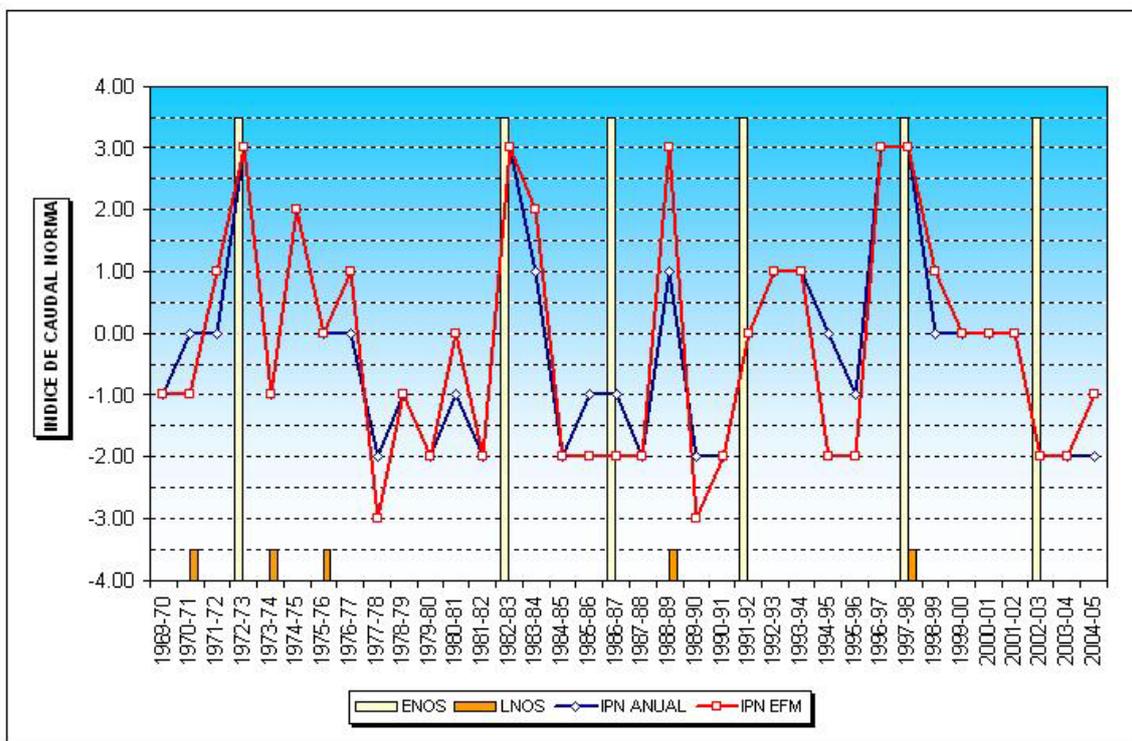


Figura 230 Valores de IQN para el río Tumbes (estación el Tigre)

# **ANEXO 7**

## **FIGURAS DE VALORES DE IQE A ESCALAS 3, 6, 12 Y 24 MESES**

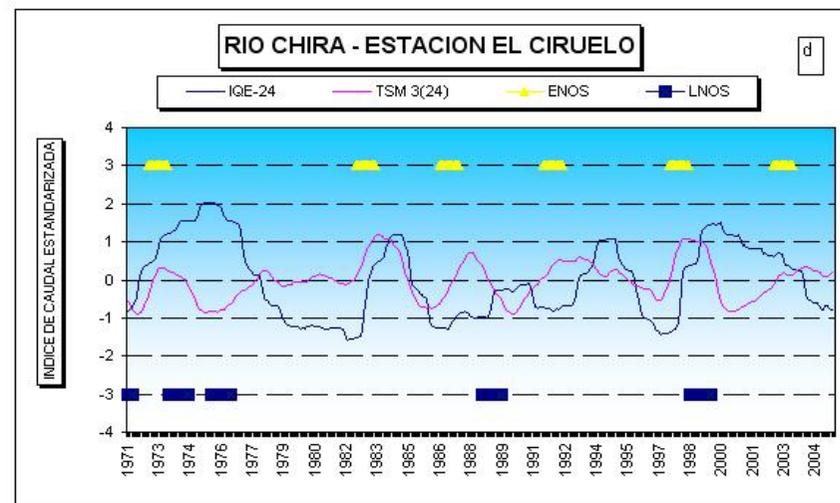
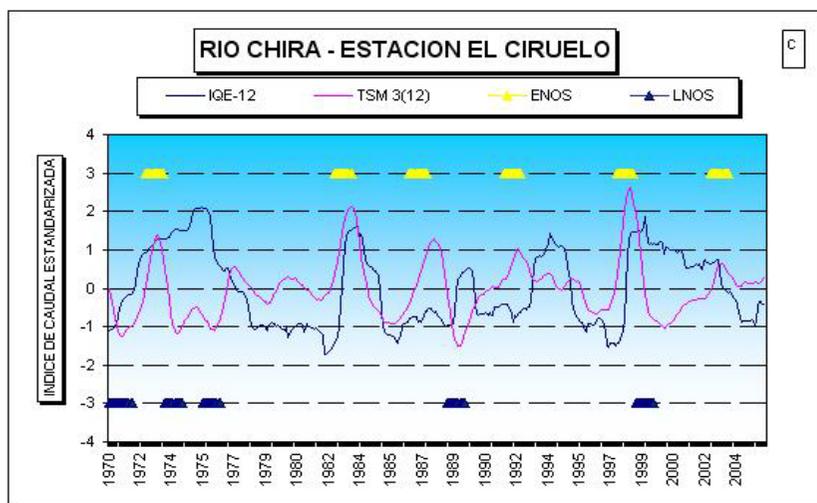
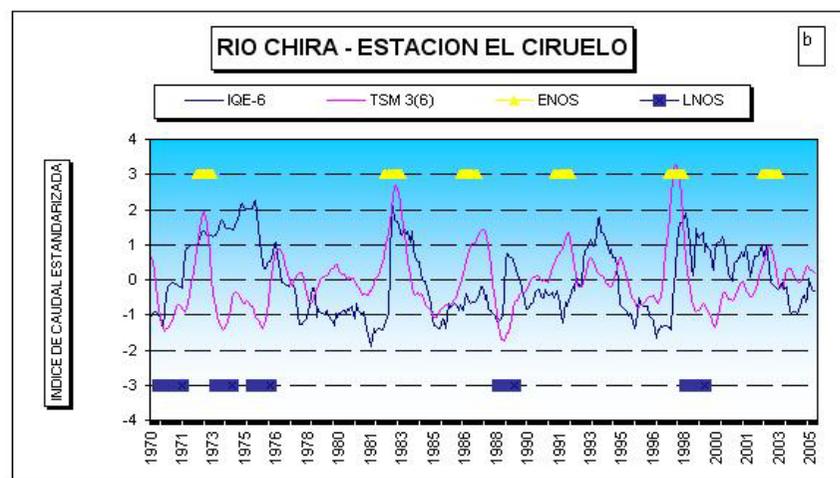
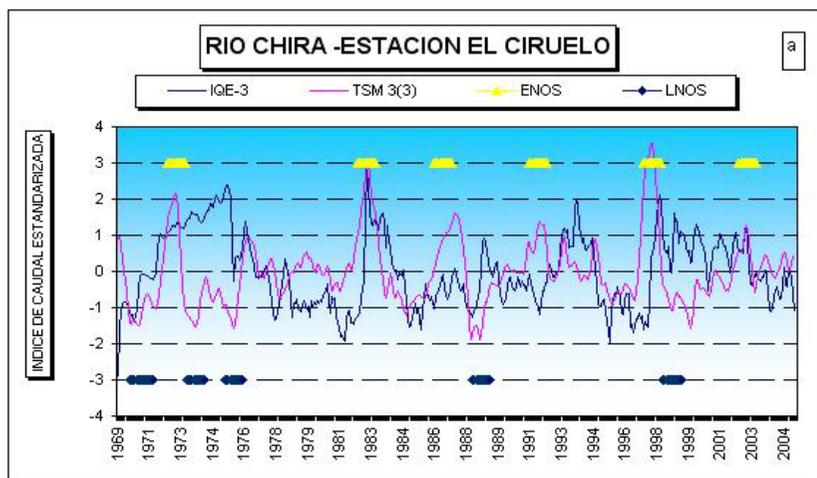


Figura 232 a, b, c y d Valores del Índice de caudal Estandarizada (IQE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Río Chira Estación El Ciruelo

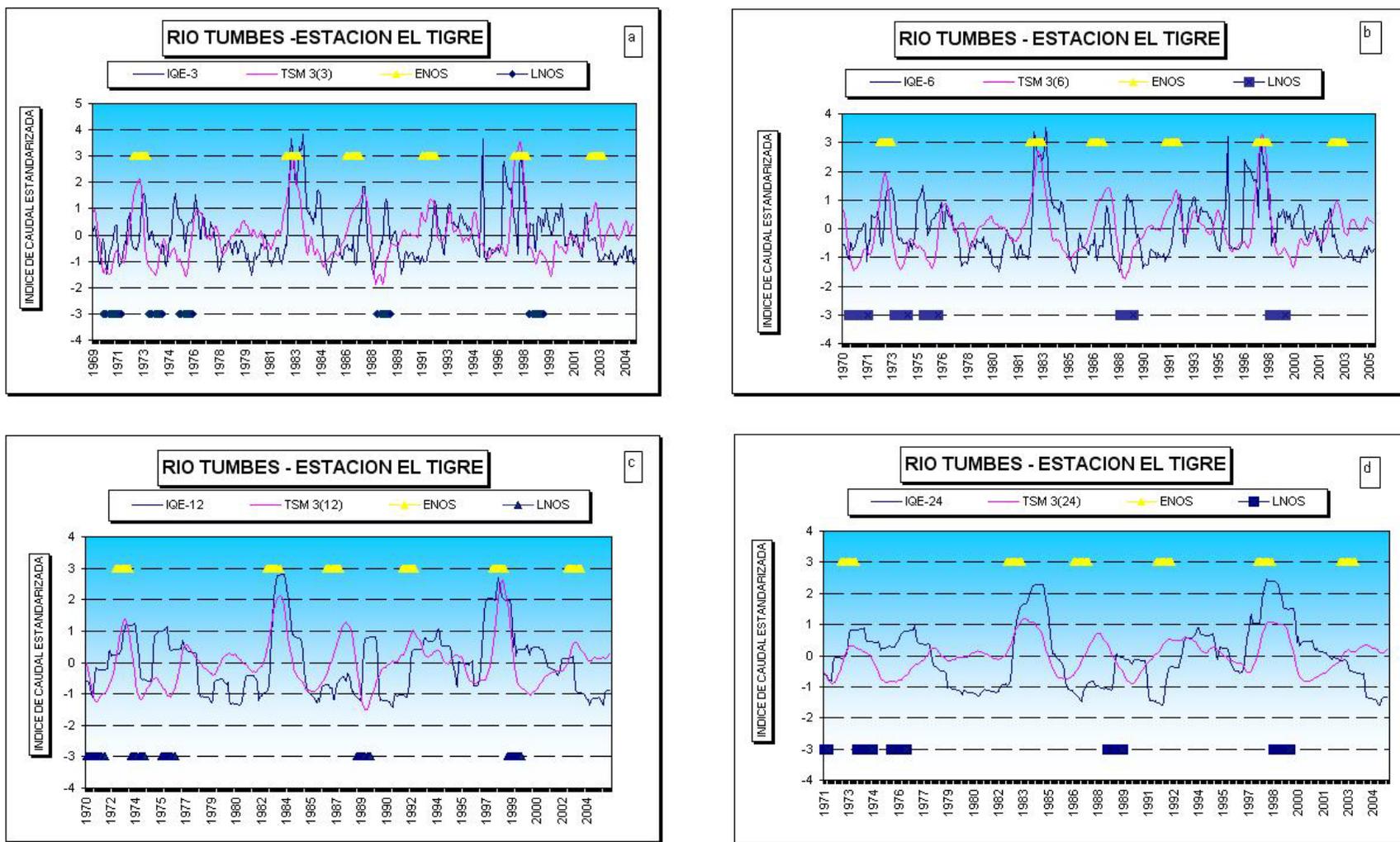


Figura 233 a, b, c y d Valores del Índice de caudal Estandarizada (IQE) y de la ATSM 3+4 para las diferentes escalas de tiempo (3, 6, 12 y 24 meses). Río Tumbes Estación El Tigre

# **ANEXO 8**

## **CORRELACIONES ENTRE LOS IQE Y LA ATSM A ESCALAS 3, 6, 12 Y 24 MESES**

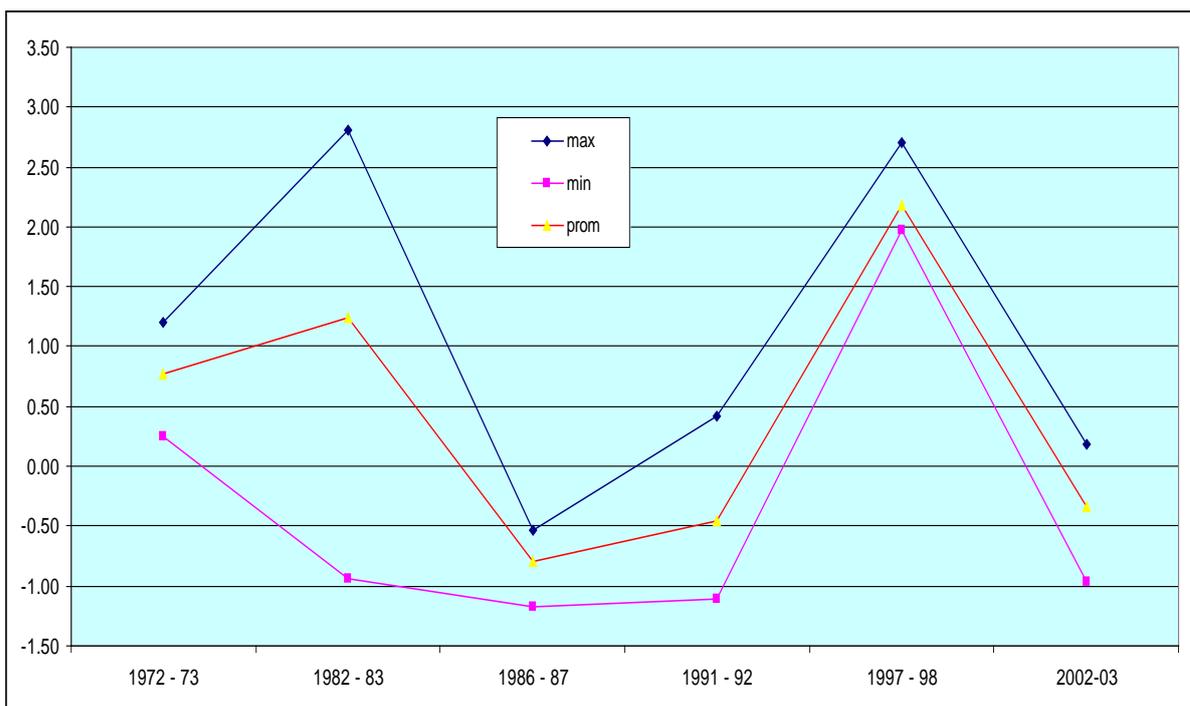


Figura 234 Valores del IQE-12 para el río Tumbes (Estación El Tigre) durante los eventos ENOS

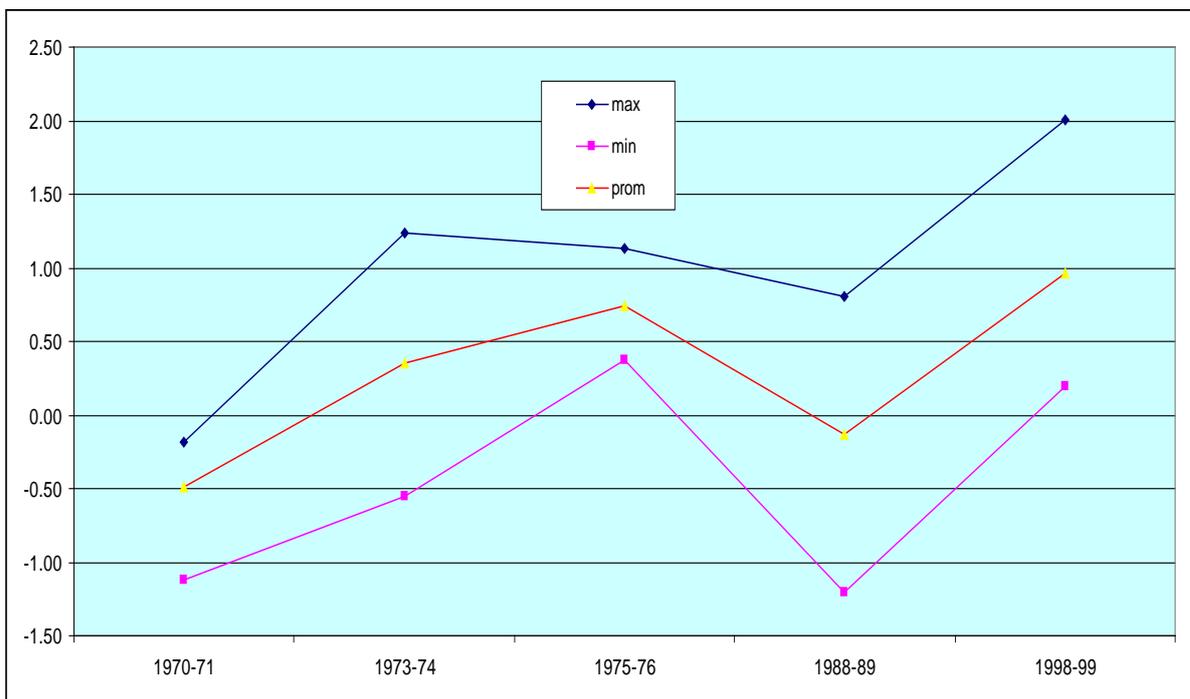


Figura 235 Valores del IQE-12 para el río Tumbes (Estación El Tigre) durante los eventos LNOS

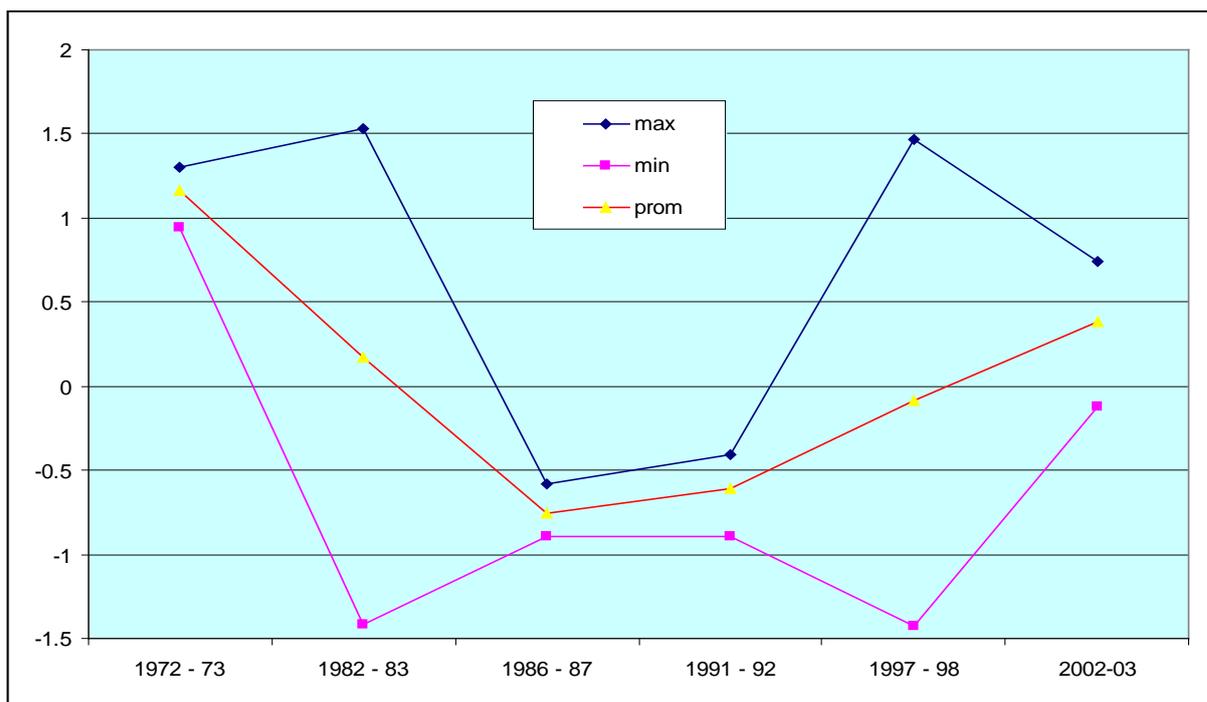


Figura 236 Valores del IQE-12 para el río Chira (Estación Ciruelo) durante los eventos ENOS

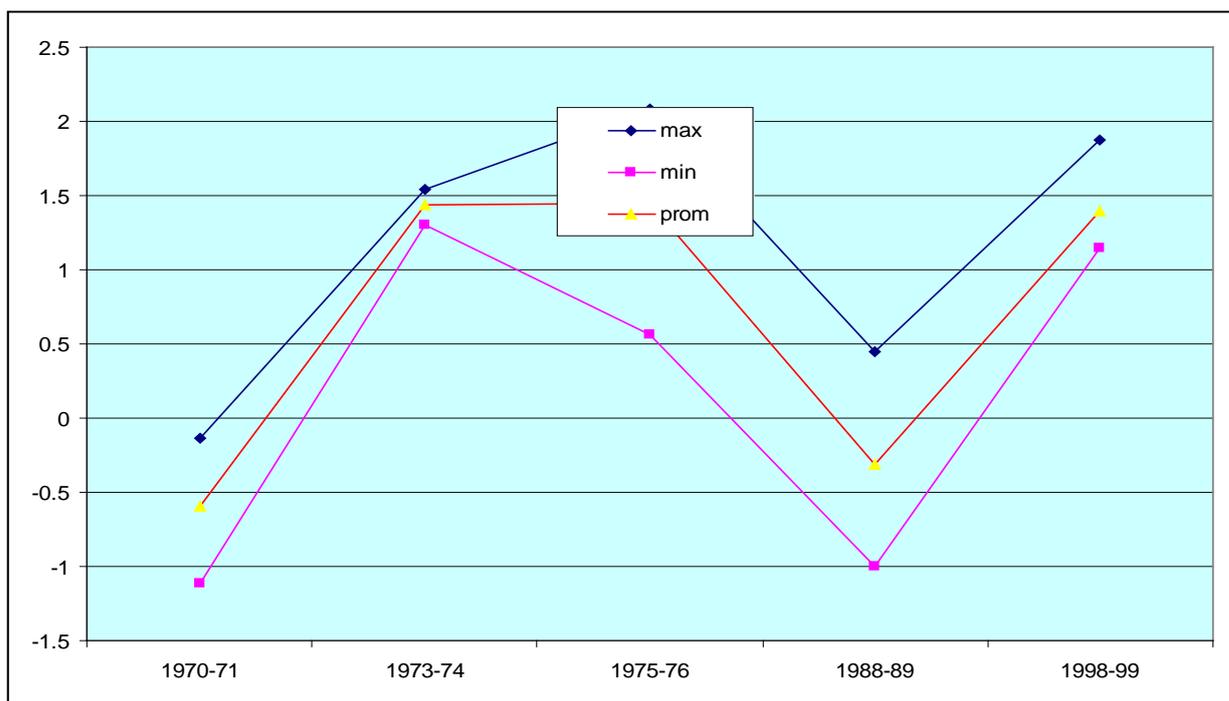


Figura 237 Valores del IQE-12 para el río Chira (Estación Ciruelo) durante los eventos LNOS

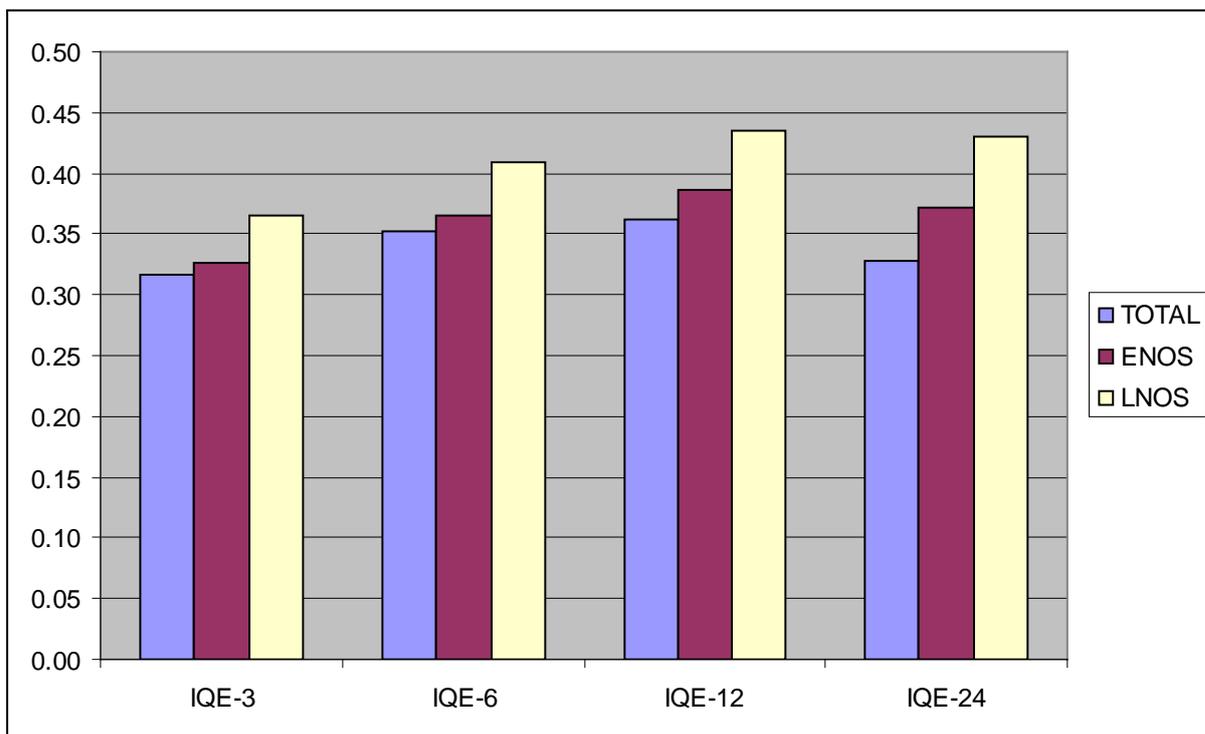


Figura 238 Valores de correlación entre los IQE y la ATSM 3+4. Río Tumbes (Estación El Tigre)

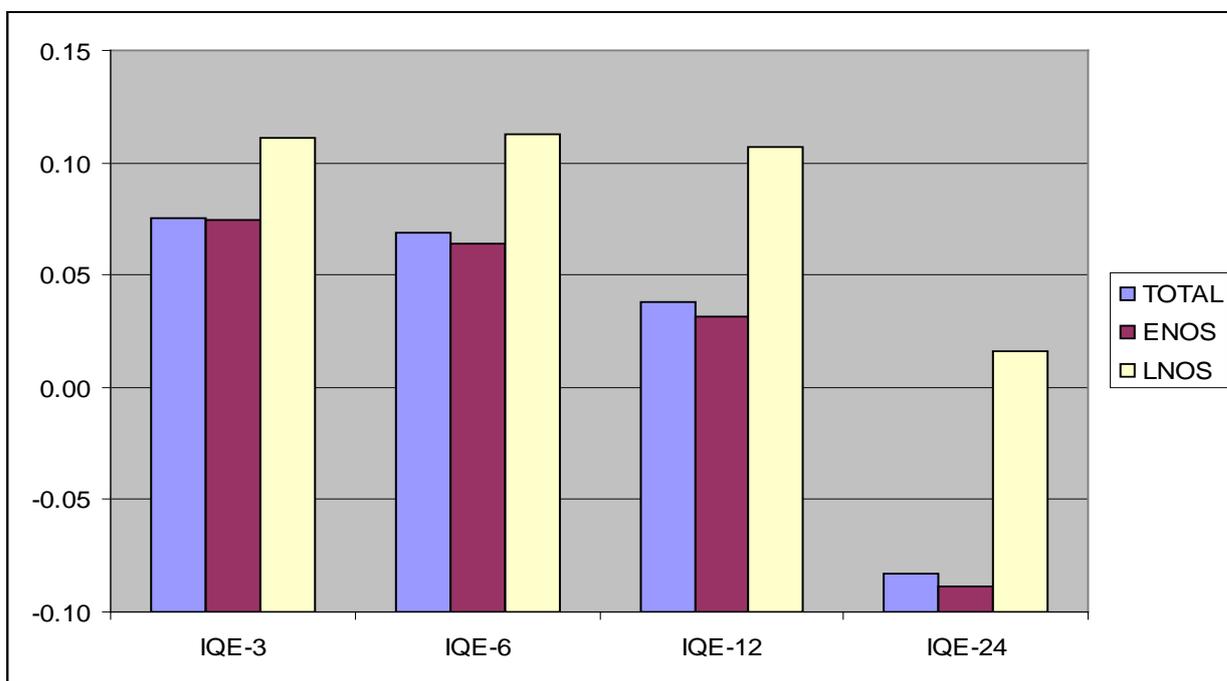


Figura 239 Valores de correlación entre los IQE y la ATSM 3+4. Río Chira (Estación El Ciruelo)