



PERÚ

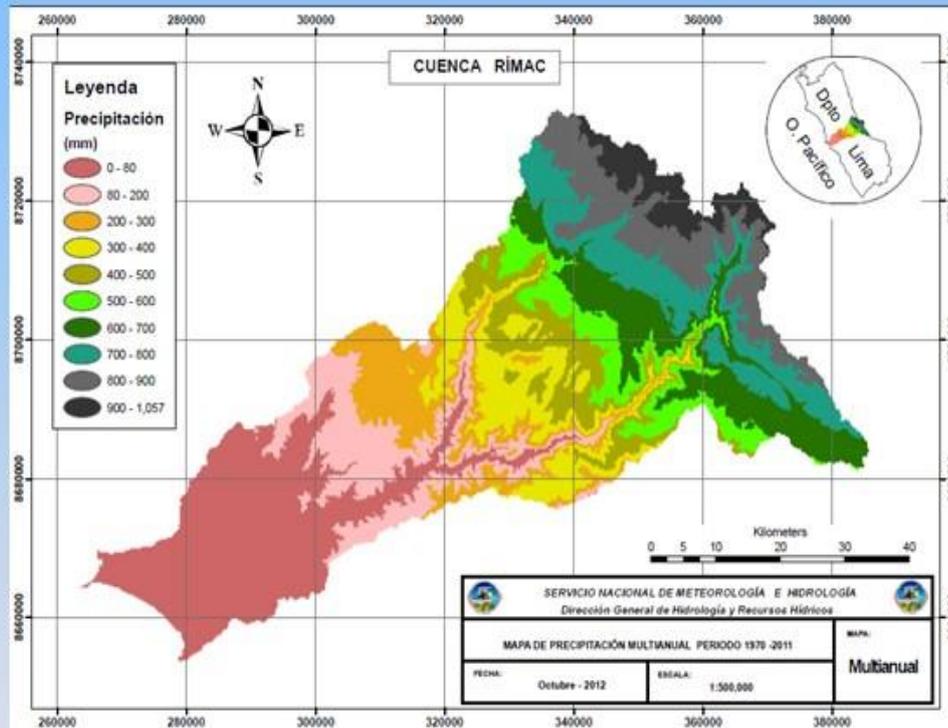
Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología - SENAMHI

PROGRAMA PRESUPUESTAL, REDUCCION DE VULNERABILIDAD Y
ATENCION DE EMERGENCIAS POR DESASTRES - PREVAE



CARACTERIZACIÓN DE PERIODOS SECOS Y HUMEDOS CUENCA DEL RÍO RÍMAC



DICIEMBRE - 2013

CARACTERIZACIÓN DE PERIODOS SECOS Y HUMEDOS CUENCA DEL RÍO RÍMAC

| CONTENIDO | Página |
|---|--------|
| I. INTRODUCCIÓN | 2 |
| II. OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Objetivos Generales | 2 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| III. METODOLOGÍA Y MATERIALES | 3 |
| 3.1 Área de Estudio, Colección y Procesamiento de la Data | 3 |
| 3.2 Homogenización y Completación de Data | 5 |
| 3.3 Interpolación de las Series de Temperatura Mensual..... | 7 |
| 3.4 Índices de Sequías | 8 |
| 3.4.1 Índice de Precipitación Estandarizado..... | 8 |
| 3.4.2 Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración..... | 11 |
| 3.4.3 Métodos Estadísticos de Tendencias | 13 |
| 3.4.3.1 Prueba de Tendencia Mann-Kendall | 13 |
| 3.4.3.2 Prueba Spearman's Rho..... | 14 |
| 3.4.3.3 Prueba de Regresión Lineal | 15 |
| IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS | 17 |
| 4.1 Análisis de las Series de Precipitación Mensual | 17 |
| 4.2 Resultados del SPI..... | 18 |
| 4.3 Resultados del SPEI..... | 22 |
| 4.4 Análisis Comparativo del SPI y SPEI | 24 |
| 4.5 Índice Estandarizado de Caudal (Qz)..... | 25 |
| 4.6 Análisis Gráficos y Mapas a Diversas Escalas del SPI..... | 27 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 33 |
| 5.1 Conclusiones..... | 33 |
| 5.2 Recomendaciones | 35 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 35 |
| VII. ANEXOS | 37 |

I. INTRODUCCIÓN

Los efectos del cambio global en las condiciones ambientales se ven reflejados en los eventos extremos de sequías e inundaciones. La sequía es un fenómeno natural asociado al cambio climático cuya ocurrencia varía en frecuencia, duración y severidad, Paulo et al. (2012); puede ser clasificado como sequía meteorológica, agrícola, hidrológica o socioeconómica. La tendencia de la frecuencia de ocurrencia de sequía y su duración se puede explicar a través de los cambios de la precipitación, Hisdal et al. (2001).

La precipitación es una de las variables meteorológicas más importantes que pueden afectar la ocurrencia de sequías o inundaciones. El análisis hidrológico y estadístico de las series históricas de precipitación genera elementos técnicos que favorece el desarrollo de estrategias de gestión del agua, protección del medio ambiente, planificación de la producción agrícola o en general, el impacto en el desarrollo económico de una región determinada.

La sequía es una condición hídrica de insuficiente disponibilidad del recurso agua en una región, para satisfacer los elementos bióticos durante un determinado periodo. Estas necesidades dependen de la distribución de las poblaciones de animales, plantas, seres humanos y los usos no consuntivos y consuntivos del agua. La identificación de las sequías y periodos húmedos son de suma importancia para tomar medidas preventivas ante contingencias que repercuten en la planificación de la economía en general de una región. Es así que se considera importante el seguimiento de la evolución temporal y espacial de los periodos secos y húmedos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Generales

Análisis espacio temporal de la información hidroluviométrica en la cuenca Rímac. Caracterización hidrológica y análisis de periodos secos y húmedos en la cuenca Rímac usando métodos de hidrología estadística.

2.2 Objetivos Específicos

- a. Análisis de calidad y homogenización de la información histórica de las estaciones pluviométricas en la cuenca Rímac.
- b. Aplicación del Standardized Precipitation Index (SPI) y el Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), para caracterizar los periodos secos y húmedos en la cuenca alta del río Rímac.
- c. Caracterización y relación de las principales variables hidrológicas en los periodos secos y húmedos.
- d. Uso de algunas herramientas de sistemas de información geográfica para el análisis de los periodos húmedos y secos.

III. METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1 Área de Estudio, Colección y Procesamiento de la Data

La cuenca del río Rímac (CR), se localiza en la parte central del departamento de Lima, limita por el norte con la cuenca del río Chillón, por el este con el Mantaro, por el sur con Lurín y por el oeste con el Océano Pacífico. Tiene un área total de 3485 km², y la cuenca alta Rímac tiene 2272 km². La cuenca baja que contiene a Lima Metropolitana y parte del Callao, es prácticamente seco en cuanto a precipitaciones, que es una característica de la mayor parte de la costa peruana.

La CR, se extiende desde el nivel medio del mar en la costa peruana hasta más de 5000 metros, presente variadas características geomorfológicas y climáticas, en la cuenca alta se concentra la mayor disponibilidad del recurso agua, así mismo ahí se presentan las mayores precipitaciones. La creciente población de Lima y Callao y el incremento de la demanda energética y agua potable generan cierto desbalance hídrico, por ello se ha realizado el trasvase de las aguas de la cuenca Mantaro, todo ello se complica con la irregular frecuencia y ausencia de precipitaciones en la cabecera y parte media de la cuenca.

La data del presente estudio corresponde principalmente a la cuenca Alta, y se ha seleccionado 14 estaciones con registros de precipitación mensual del periodo 1988 – 2012. Asimismo 3 estaciones con registros de temperatura promedio mensual. En las demás estaciones sin data de temperatura se realizó interpolaciones usando los gradientes de altura de cada estación y los datos existentes de temperatura. Los

registros de datos mencionados pertenecen a la base de datos hidrometeorológicos del Servicio Nacional de Meteorología del Perú (Senamhi-Perú).

Las series de precipitación fueron analizadas en su calidad y cantidad, empezando por el análisis exploratorio, doble masa, completación de data faltante por regresión simple y múltiple. Se estableció grupos homogéneos y los respectivos análisis de tendencias.

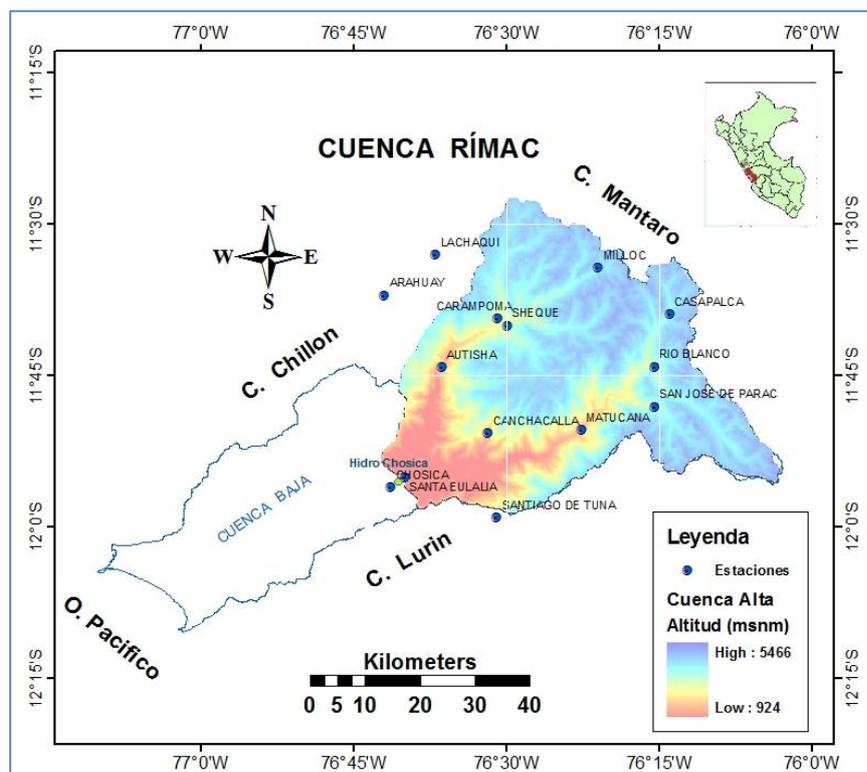


Fig. 1: Distribución espacial de las 14 estaciones utilizadas en la CR.

La Tabla 1 muestra la descripción geográfica de las 14 estaciones seleccionadas para el presente estudio.

Tabla 1: Descripción geográfica de las estaciones usadas en el estudio

| Nombre Estación | Longitud Oeste | Latitud Sur | Altitud (msnm) |
|-----------------------|----------------|-------------|----------------|
| 1. Arahuary | 76°42'0.0" | 11°37'0.0" | 2650 |
| 2. Autisha | 76°36'23.5" | 11°44'6.6" | 2224 |
| 3. Canchacalla | 76°31'52.9" | 11°50'41.3" | 2487 |
| 4. Carampoma | 76°30'55.0" | 11°39'18.1" | 3412 |
| 5. Casapalca | 76°13'59.7" | 11°38'16.8" | 4288 |
| 6. Chosica | 76°41'24.0" | 11°56'0.0" | 906 |
| 7. Matucana | 76°22'41.1" | 11°50'20.8" | 2419 |
| 8. Milloc | 76°21'0.0" | 11°34'16.6" | 4345 |
| 9. Río Blanco | 76°15'32.0" | 11°44'4.3" | 3504 |
| 10. San José de Parac | 76°15'29.2" | 11°48'1.9" | 3828 |
| 11. Santa Eulalia | 76°40'0.4" | 11°55'4.9" | 947 |
| 12. Sheque | 76°29'55.3" | 11°39'59.8" | 3258 |
| 13. Lachaqui | 76°37'0.0" | 11°33'0.0" | 3926 |
| 14. Santiago de tuna | 76°31'0.0" | 11°59'0.0" | 2901 |

3.2 Homogenización y Completación de Data

La información recopilada de las estaciones pluviométricas son datos mensuales que inicialmente fue necesario hacer un análisis exploratorio de la calidad y consistencia. Además de tener diferentes longitudes temporales de registros de datos, se tiene muchos vacíos, por ello fue necesaria la completación de los datos mensuales faltantes para una misma longitud temporal de la serie de datos hasta 2012.

Antes del trabajo de completación de datos faltantes se regionalizó en grupos homogéneos usando el Vector Regional, que es parte del software Hydracces, desarrollado por el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo. Para tal propósito se usó el método de regresión lineal simple y múltiple, estableciendo correlaciones entre datos del mismo mes de una estación con otra.

En la Fig. 2 se observa los 4 grupos encontrados. Grupo 1, estaciones localizadas en la parte más alta donde se produce las mayores precipitaciones. Grupo 2, estaciones localizadas en la parte media alta. Grupo 3, estaciones localizadas en la parte media baja, donde ocurre precipitaciones de baja intensidad. Grupo 4, estaciones localizadas en la parte baja donde las precipitaciones son casi nulas.

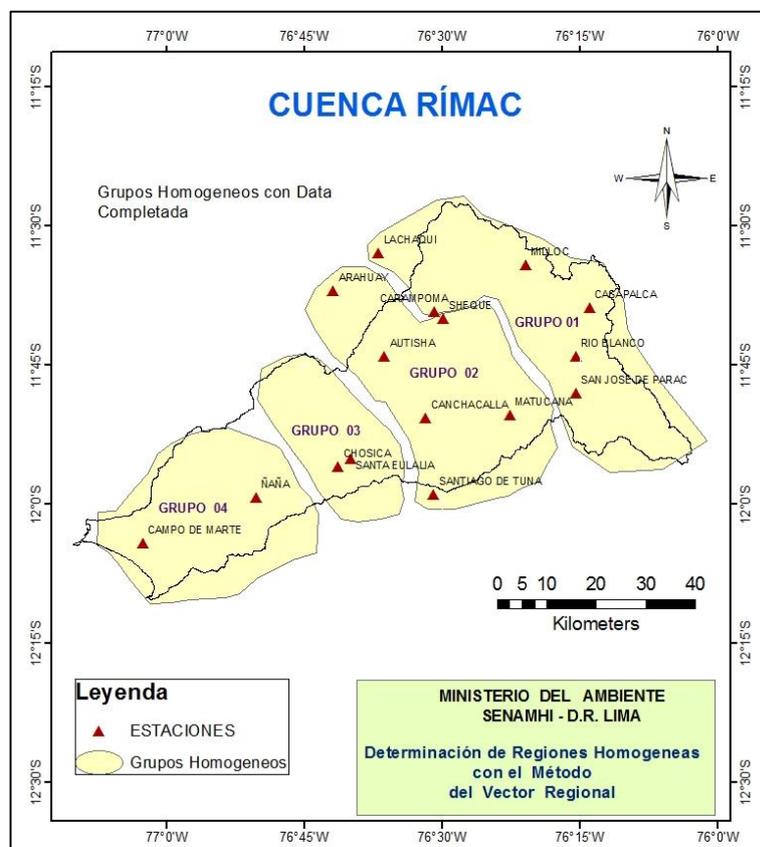


Fig. 2: Grupos homogéneos encontrados en la CR.

Para los grupos homogéneos de la Fig. 2, a continuación se muestra la precipitación acumulada anual, calculado en base a los datos de precipitación mensual completado por métodos antes mencionados.

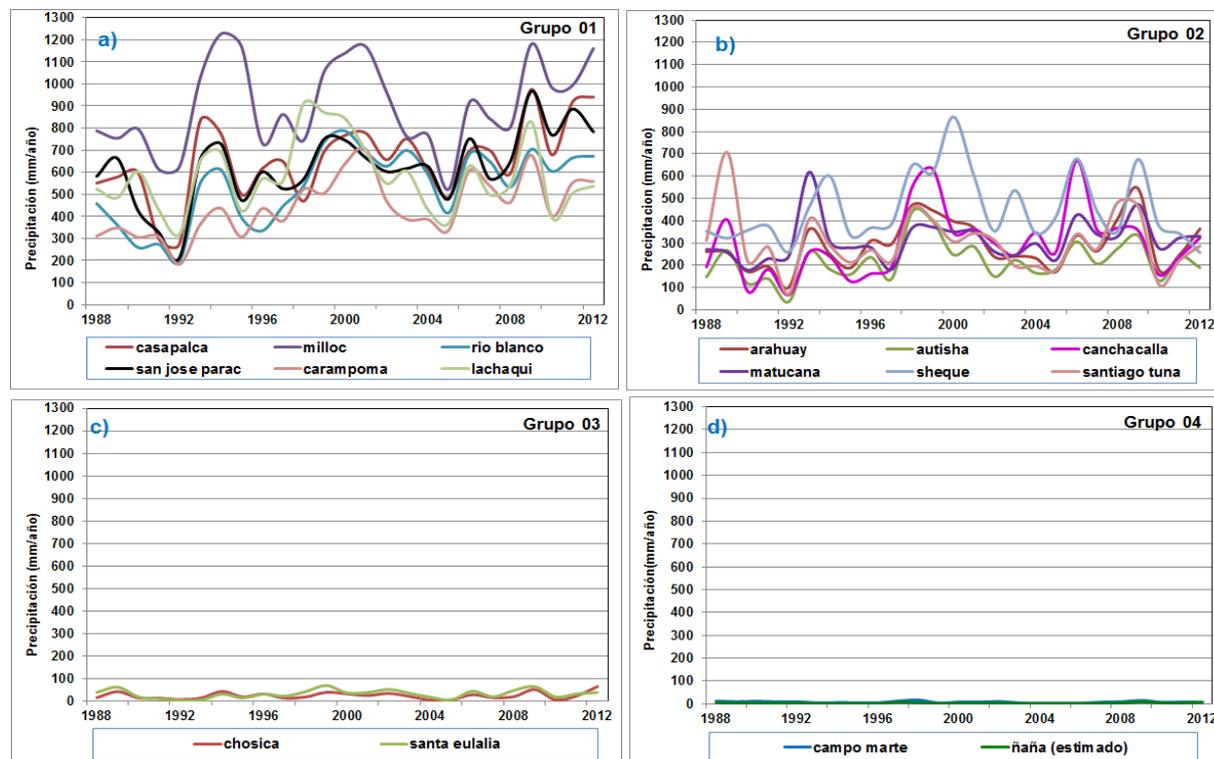


Fig. 3: Precipitación acumulada anual en los grupos homogéneos. a) Grupo 1, b) Grupo 2, c) Grupo 3 y d) Grupo 4.

Asimismo se calculó los principales parámetros estadísticos para los datos mensuales de precipitación de las 14 estaciones utilizadas en el presente estudio.

Tabla 2: Parámetros estadísticos de las series de tiempo de la precipitación mensual durante el periodo de 1988-2012.

| Nombre Estación | Min (mm) | Max(mm) | Media(mm) | Desviación estándar(mm) | CV(%) | Skewness | Kurtosis |
|--------------------|----------|---------|-----------|-------------------------|--------|----------|----------|
| 1. Arahúay | 0.0 | 239 | 24.5 | 40.1 | 163.90 | 2.20 | 5.19 |
| 2. Autisha | 0.0 | 186 | 18.4 | 31.3 | 170.24 | 2.30 | 5.77 |
| 3. Canchacalla | 0.0 | 341 | 24.9 | 45.5 | 182.49 | 2.75 | 10.20 |
| 4. Carampoma | 0.0 | 211 | 37.4 | 45.1 | 120.36 | 1.21 | 0.57 |
| 5. Casapalca | 0.0 | 201 | 54.3 | 50.9 | 93.80 | 0.83 | -0.32 |
| 6. Chosica | 0.0 | 37 | 2.1 | 5.2 | 244.30 | 3.94 | 18.09 |
| 7. Lachaqui | 0.0 | 325 | 49.7 | 63.7 | 128.17 | 1.43 | 1.66 |
| 8. Matucana | 0.0 | 163 | 26.2 | 36.0 | 137.48 | 1.49 | 1.61 |
| 9. Milloc | 0.0 | 379 | 77.1 | 73.1 | 94.78 | 1.21 | 1.45 |
| 10. Río Blanco | 0.0 | 449 | 46.9 | 57.6 | 122.96 | 1.98 | 7.62 |
| 11. San José Parac | 0.0 | 260 | 55.2 | 58.0 | 105.02 | 0.87 | -0.40 |
| 12. Santa Eulalia | 0.0 | 57 | 2.7 | 6.6 | 246.65 | 4.56 | 27.23 |
| 13. Santiago Tuna | 0.0 | 235 | 25.2 | 42.4 | 167.92 | 2.30 | 5.73 |
| 14. Sheque | 0.0 | 281 | 39.5 | 50.1 | 126.86 | 1.71 | 3.13 |

Nota: CV= Coeficiente de variación

3.3 Interpolación de las Series de Temperatura Mensual

En la cuenca alta solo se dispone de tres estaciones con data de temperatura, por ello con la finalidad de calcular el SPEI, fue necesario interpolar las series de temperatura promedio mensual en las demás estaciones. Se estableció una relación de variación inversa entre la temperatura y altitud de cada estación, y considerando la diferencia de temperatura entre dos estaciones proporcional al gradiente de altura. El esquema de la Fig. 4 ilustra el cálculo de la temperatura para cada una de las doce series de temperatura promedio mensual interpolados en la cuenca alta del río Rímac.

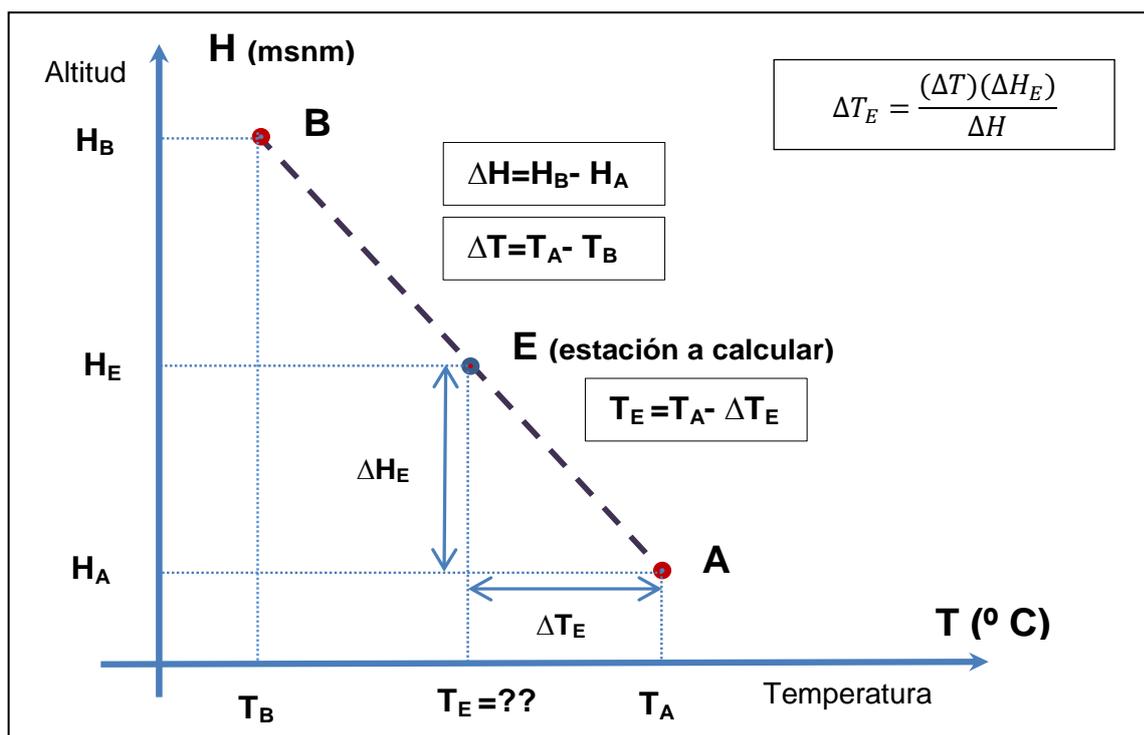


Fig. 4: Esquema del proceso de interpolación de la temperatura promedio mensual.

Es importante notar que el incremento de temperatura (ΔT_E), puede sumar a la temperatura en la estación "A" si es que la estación a interpolar ó extrapolar está por encima de las dos estaciones con datos observados, ó si la temperatura a calcular es mayor que las dos estaciones con datos observados. Una vez establecido la técnica de cálculo se procedió a estimar las series de temperatura promedio mensual en las doce estaciones de la cuenca alta.

En la Fig. 5 se observa: en **a)** las estaciones con datos de temperatura promedio mensual observada, y **b)** estaciones con datos de temperatura promedio mensual calculado.

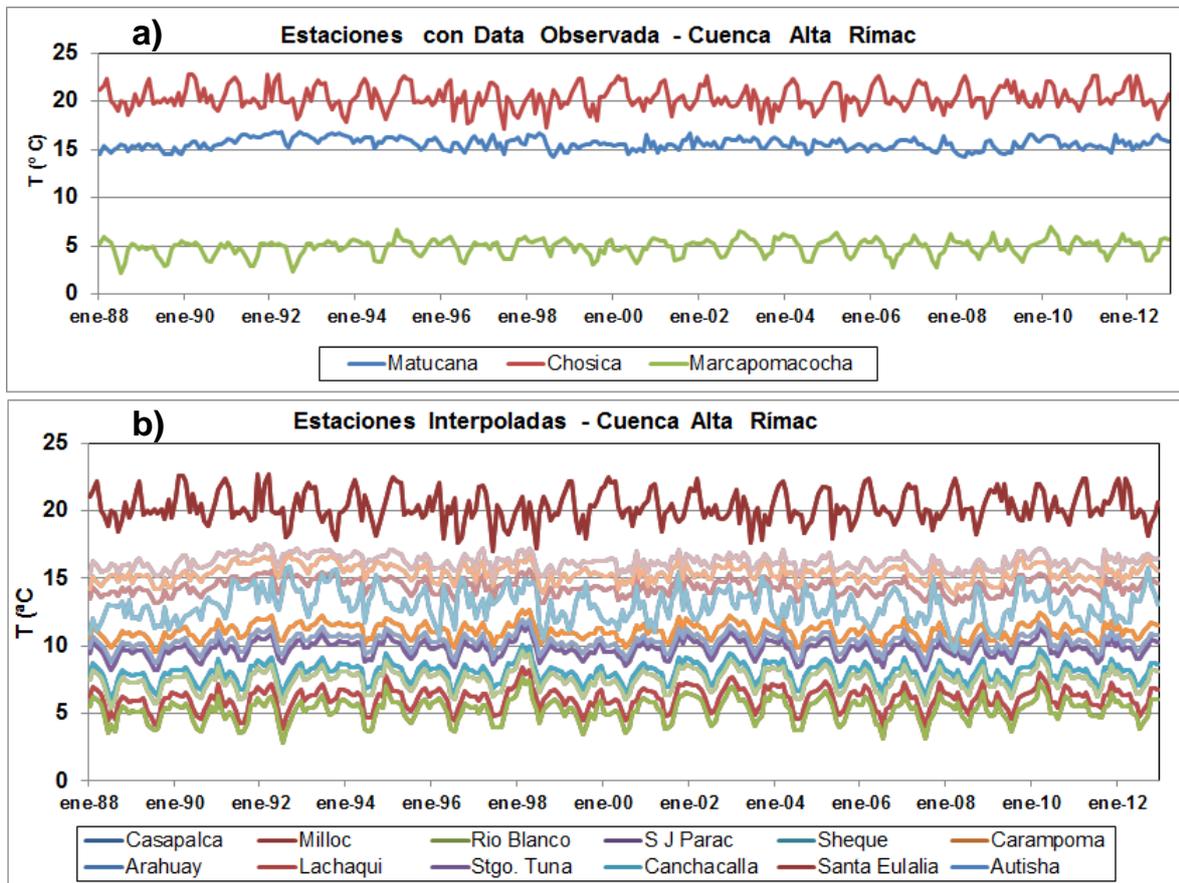


Fig. 5: Temperatura promedio mensual, **a)** datos observados y **b)** datos calculados.

3.4 Índices de Sequias

En la actualidad existen varios índices de sequias y son usados para la identificación y descripción de la intensidad, duración y frecuencia de los periodos secos y húmedos. Entre ellos podemos mencionar al Índice de Severidad de Sequia de Palmer (ISSP), Índice de Suministro de Agua Superficial (ISAS), Porcentaje de Precipitación Normal (PPN), Índice de Reclamación de Sequia (IRS), Método de Deciles. El método que se aplica en el presente estudio es el SPI y SPEI.

3.4.1 Índice de Precipitación Estandarizado

El SPI, fue desarrollado por Mckee et al. (1995); y permite cuantificar el déficit de precipitación para múltiples escalas de tiempo (1, 3, 6, 12, 24, 48 meses). El SPI muestra buenas características en la identificación y predicción de la sequía en clase de transición, Moreira et al. (2008).

Su versatilidad permite monitorear suministros de agua a corto plazo, que son importantes para la producción agricultura, y para el recurso agua a largo plazo, tales como suministro de agua subterránea, flujos en cursos de agua, niveles en reservorios. Es importante precisar que el SPI solo depende de la precipitación.

En términos matemáticos de cálculo del SPI es basado en la probabilidad acumulativa de la precipitación producida en la estación de observación, para un periodo de años. Además requiere ajustar la distribución gamma a la serie de precipitación acumulada del sitio de observación y periodo de referencia. Un período entero de observación en una estación meteorológica se utiliza para el propósito de la determinación de los parámetros de escala y formas de la función de densidad de probabilidad de la precipitación. La función de distribución gamma con dos parámetros está definida por la siguiente función densidad de probabilidad:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}}, x > 0 \dots\dots\dots (1)$$

Donde α = parámetro de forma o uniformidad; β = parámetro de escala; x = cantidad de precipitación; $\Gamma(\alpha)$ = función gamma que está definida por la siguiente expresión:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \dots\dots\dots (2)$$

Los parámetros α y β son determinados por el método de máxima verosimilitud para una secuencia de datos de varios años en cada estación, para cada escala de tiempo y cada mes del año, y están definidos por las siguientes expresiones:

$$\alpha_{pro} = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$A = \ln(x_{sr}) - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n} \dots\dots\dots (4)$$

$$\beta_{pro} = \frac{x_{sr}}{\alpha_{pro}} \dots\dots\dots (5)$$

Donde x_{sr} = valor promedio de la cantidad de precipitación; n = número de mediciones de la precipitación; x_i = cantidad de precipitación en la secuencia de la data. Los parámetros obtenidos se aplican también a la determinación de una probabilidad acumulada de cierta precipitación para un período de tiempo específico en una escala

temporal de toda la precipitación observada. La probabilidad acumulativa puede ser representado como:

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta_{pro}^{\alpha_{pro}} \cdot \Gamma(\alpha_{pro})} \int_0^x x^{(\alpha_{pro}-1)} \cdot e^{\left(-\frac{x}{\beta_{pro}}\right)} dx \dots\dots\dots (6)$$

Como la función gamma no está definido para x=0, y una distribución de precipitación puede contener ceros, entonces se emplea una función mixta compuesta de la probabilidad del valor nulo (probabilidad que la cantidad de precipitación sea igual a cero), denotado por “q” y **p = 1- q**. Luego la función de distribución de probabilidad acumulativa se convierte en:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \dots\dots\dots (7)$$

$$q = \frac{m}{n} \dots\dots\dots (8)$$

Donde m = número de ceros en la serie temporal de precipitación; n = número de observaciones en la secuencia temporal de la data. La función de probabilidad acumulativa, H(x) es luego transformada en una variable normal estándar $Z \approx N(0,1)$, que viene a ser el valor del SPI. El cálculo del SPI es realizado en base a la siguiente ecuación estudiado por Abramowitz & Stegun (1965); Bordi et al. (2001); Lloyd-Hughes & Saunders, (2002):

$$Z = SPI = \begin{cases} -\left(t - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right), & 0 < H(x) \leq 0.5 \\ +\left(t - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right), & 0.5 < H(x) \leq 1.0 \end{cases} \dots\dots\dots (9)$$

Donde t es determinado como:

$$t = \begin{cases} \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}} & , 0 < H(x) \leq 0.5 \\ \sqrt{\ln \frac{1}{(H(x))^2}} & , 0.5 < H(x) \leq 1.0 \end{cases} \dots\dots\dots (10)$$

Y $c_0, c_1, c_2, d_1, y d_2$, son coeficientes cuyo valor son los siguientes:

$$c_0 = 2.515517, c_1 = 0.802853, c_2 = 0.010328 ,$$

$$d_1 = 1.432788, d_2 = 0.189269, d_3 = 0.001308 .$$

Los valores del SPI se clasifican de acuerdo a su intensidad de la sequía ó humedad que se produce en el periodo de análisis considerado. La Tabla 3 muestra el significado de los valores del SPI en cada intervalo.

Tabla 3: Clasificación de los valores del SPI.

| Intervalo del SPI | Categoría ó Severidad de Sequia | Clasificación Simplificada |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| $SPI \geq 2.0$ | Extremadamente húmedo | Condiciones anormales de humedad |
| $1.5 \leq SPI < 2.0$ | Muy húmedo | |
| $1.0 \leq SPI < 1.5$ | Moderadamente húmedo | |
| $0.0 \leq SPI < 1.0$ | Ligeramente húmedo | Condiciones normales |
| $-1.0 < SPI < 0.0$ | Ligeramente seco | |
| $-1.5 < SPI \leq -1.0$ | Moderadamente seco | Condiciones anormales de sequia |
| $-2.0 < SPI \leq -1.5$ | Muy seco ó Sequia severa | |
| $SPI \leq -2.0$ | Sequía extrema | |

3.4.2 Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración

El SPEI está basado en un balance climático mensual del agua, que viene a ser la operación de sustracción de la precipitación menos evapotranspiración potencial descrito por Thornthwaite (1948), y es ajustado usando la distribución Log-Logistic de 3 parámetros, y tiene en cuenta los valores negativos. Los valores son acumulados para diferentes escalas de tiempo, siguiendo el mismo procedimiento del SPI, y modifica la desviación estándar con respecto a los valores promedios (Vicente-Serrano et al. 2010). El primer paso consiste en calcular la Evapotranspiración Potencial (PET), este cálculo presenta cierta dificultad porque involucra varios parámetros, como temperatura superficial, humedad del aire, suelo, radiación solar, presión de vapor de agua, latente suelo – atmosfera, flujos de calor sensible, etc.

Existen diversos métodos para el cálculo de la PET, según la disponibilidad de los parámetros meteorológicos medidos en cada estación climática de observación. Uno de ellos y que requiere menos datos es el método de Penman – Monteith, y es sugerido para el cálculo del PET, por organizaciones internacionales como la Organización para la Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), Comisión Internacional de Irrigación y Drenaje (CIID), y la Sociedad Americana de Ingenieros

Civiles (ASCE). Disponiendo de data promedio mensual de temperatura, se calcula la PET (mm) por el método de Thornthwaite mediante la siguiente expresión:

$$PET = 16K \left[\frac{10T}{I} \right]^m \dots\dots\dots (11)$$

Donde **T** es la temperatura media mensual (°C); **I** es un índice de calor; **m** es un coeficiente dependiente de **I**; **K** es un coeficiente de corrección calculado en función a la latitud y mes; **m** está definido como:

$$m = 6.75x10^{-7}I^3 - 7.71x10^{-5}I^2 + 1.79x10^{-2}I + 0.492\dots\dots\dots (12)$$

La diferencia entre la PET y la precipitación P para un mes i se define la siguiente expresión:

$$D_i = P_i - PET_i \dots\dots\dots (13)$$

La expresión anterior representa el superávit o déficit del recurso agua para el mes correspondiente de análisis. Se puede dar el caso de PET=0 que sucede en épocas de invierno en algunas regiones. El cálculo de los valores de D, se realiza para las diferentes escalas de tiempo y siguiendo un procedimiento similar a lo realizado con el SPI. Se requiere una distribución de 3 parámetros para el cálculo del SPEI. En la distribución de 3 parámetros, x puede tomar valores en el rango ($\gamma > x < \infty$), donde γ es el parámetro de origen de la distribución; consecuentemente, x puede tomar valores negativos, que son comunes en la serie D.

Se elige la distribución Log-Logistic para la estandarización de las series D, que permite obtener los SPEI. La función de densidad de probabilidad de la variable de 3 parámetros Log-Logistic es expresado como:

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \frac{(x-\gamma)^{\beta-1}}{\alpha} \left[1 + \left(\frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^\beta \right]^{-2} \dots\dots\dots (14)$$

Donde α , β y γ son parámetros de escala, forma y origen respectivamente, para valores de D en el rango ($\gamma > D < \infty$). La función distribución de probabilidad de las series D, de acuerdo con la distribución Log-Logistic, está dado por:

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x-\gamma} \right)^\beta \right]^{-1} \dots\dots\dots (15)$$

Los valores $F(x)$ de las series D a diferentes escalas de tiempo son muy bien adaptados a los valores empíricos de $F(x)$ en las diferentes estaciones de observación. Con $F(x)$ los SPEI pueden fácilmente ser obtenidos como la estandarización de los valores de $F(x)$. Tenemos la aproximación clásica de Abramowitz & Stegun (1965), mediante la siguiente expresión:

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1 W + C_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3} \dots\dots\dots (16)$$

Dónde: $W = \sqrt{-2 \ln(P)}$ para $P \leq 0.5$; y P es la probabilidad de excedencia para un determinado valor de D; $P = 1 - F(x)$. Si $P > 0.5$, entonces P es reemplazado por $1 - P$ y el signo del resultado de SPEI es invertido. Las constantes son $C_0 = 2.515517$, $C_1 = 0.802853$, $C_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$.

3.4.3 Métodos Estadísticos de Tendencias

Existen varios métodos estadísticos (paramétricos y no paramétricos), que se han desarrollado para detectar las tendencias de las series temporales, entre ellos tenemos la prueba de Mann-Kendall, Spearman's Rho, Regresión Lineal, Student's y procedimiento bayesiano, entre otros. En este estudio utilizamos Mann-Kendall y Spearman's Rho, son analizados para detectar las tendencias de precipitación, y la Regresión Lineal para calcular la magnitud de la tendencia a través de la pendiente.

3.4.3.1 Prueba de Tendencia Mann-Kendall

El estadístico **S** de la prueba Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall 1975) es calculado mediante la expresión:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(x_j - x_i) \dots\dots\dots (17)$$

Donde n es el número de puntos de la data, x_i y x_j son los valores de la data en la serie de tiempo **i** y **j** (**j > i**), respectivamente y $sgn(x_j - x_i)$ es la función signo determinado como:

$$sgn(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{si } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{si } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{si } x_j - x_i < 0 \end{cases} \dots\dots\dots (18)$$

En casos donde el tamaño de la muestra es $n > 10$, la media y varianza está dado por:

$$\mu(S) = 0 \dots\dots\dots (19)$$

$$\sigma^2(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \dots\dots\dots (20)$$

Donde m es el número de grupos vinculados y t_i denota el número de vinculo de extensión i. En la ausencia de lazos ó vínculos entre las observaciones, la varianza es calculado como:

$$\sigma^2(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \dots\dots\dots (21)$$

La estandarización normal de la prueba estadística Z_S es calculado como:

$$Z_s = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\sigma^2(S)}}, & \text{si } S > 0 \\ 0, & \text{si } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\sigma^2(S)}}, & \text{si } S < 0 \end{cases} \dots\dots\dots (22)$$

Valores positivos de Z_s indica incremento de la tendencia mientras que valores negativos indica decrecimiento de la tendencia. Las pruebas de tendencia es hecho para un nivel de significancia especifico α . En este estudio usamos un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$.

3.4.3.2 Prueba Spearman's Rho

Es un método no paramétrico comúnmente usado para verificar la ausencia de tendencia. Su estadístico D y la estandarización de la prueba estadística Z_D son expresados de la siguiente manera:

$$D = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R(X_i) - i)^2}{n(n^2 - 1)} \dots\dots\dots (23)$$

$$Z_D = D \sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \dots\dots\dots (24)$$

Donde $R(X_i)$ es el rango de observación de X_j en la serie de tiempo y n es la longitud de la serie de tiempo. Valores positivos de Z_D indica incremento de la tendencia y negativos decrecimiento de la tendencia.

3.4.3.3 Prueba de Regresión Lineal

El método de regresión lineal es uno de los métodos usados para estimar la pendiente. La pendiente indica el cambio de la media temporal de la variable de estudio. Valores positivos de la pendiente indica incremento de la tendencia, mientras que los valores negativos el decrecimiento de la tendencia. Una línea de regresión lineal tiene una ecuación de la siguiente forma:

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (25)$$

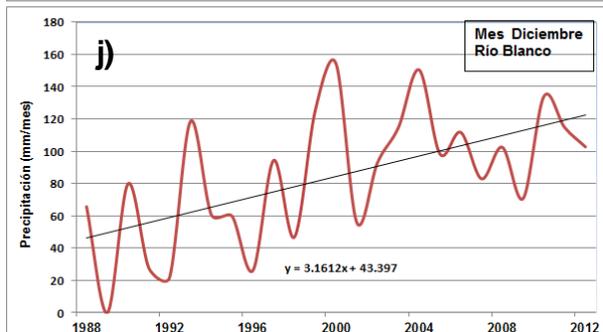
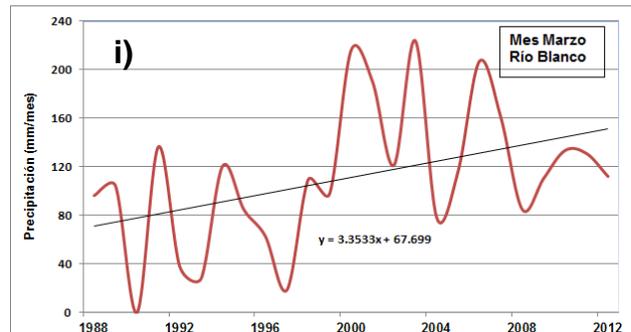
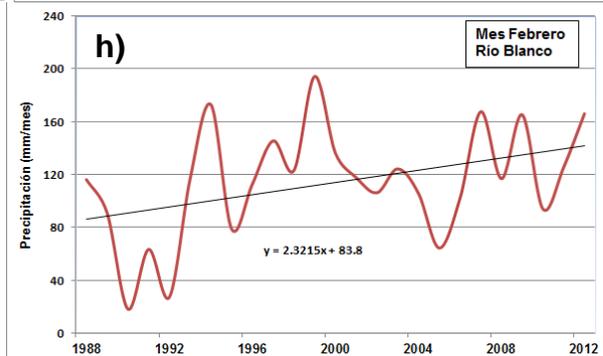
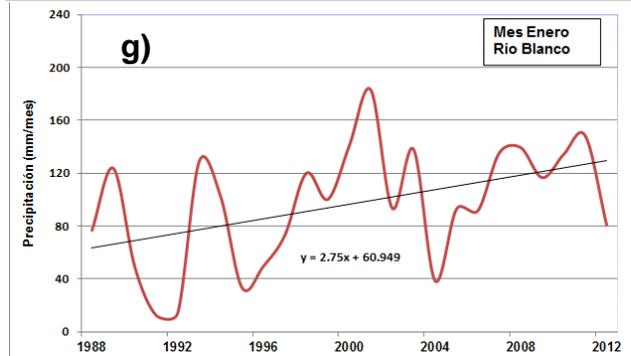
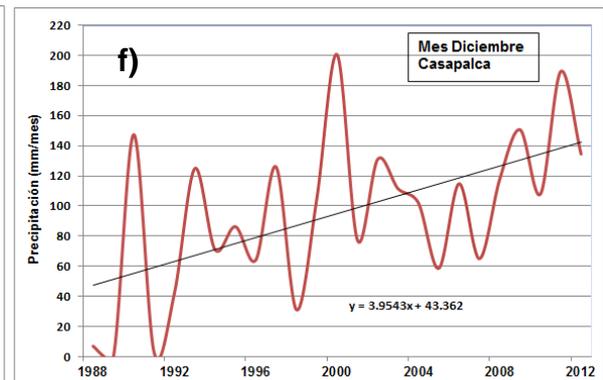
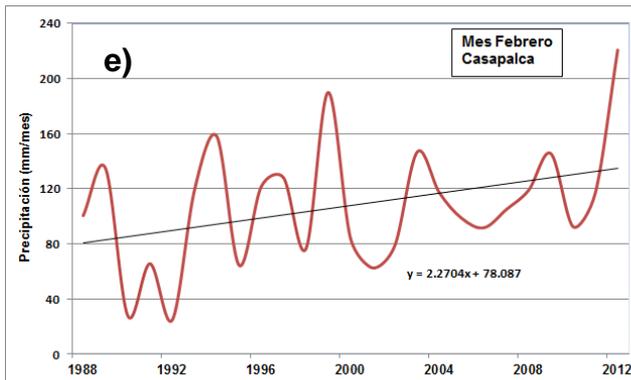
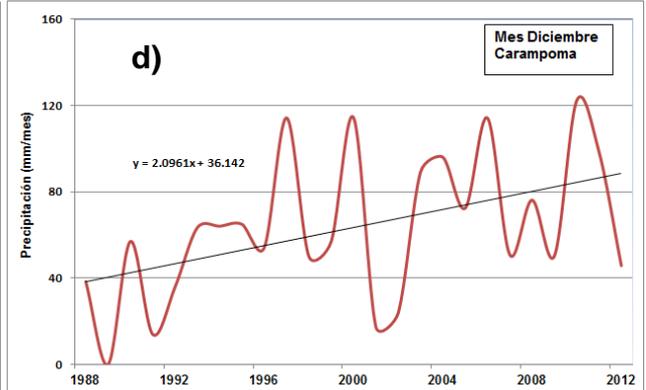
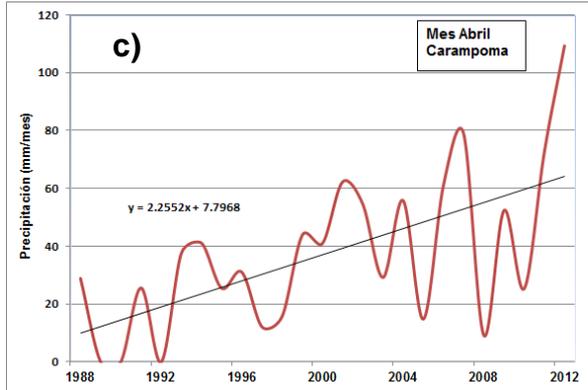
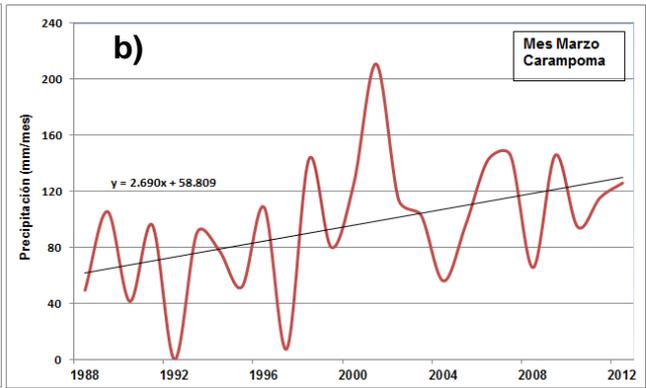
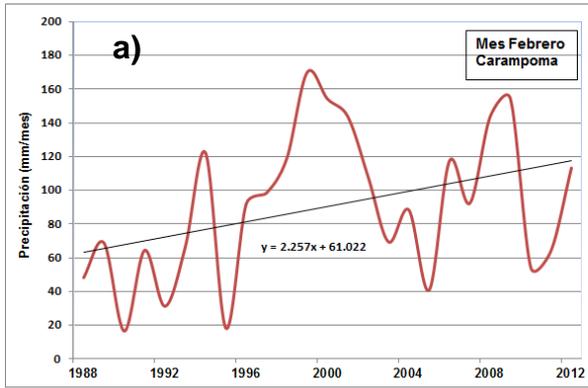
Donde **X** = es la variable explicativa ó de observación, **Y**= la variable dependiente, **b** = es la pendiente de la línea y **a** = el intercepto con el eje Y.

La **Tabla 4**, se muestra los resultados de las pruebas estadísticas de tendencias utilizados, para la precipitación mensual sobre el periodo de 1988 – 2012.

Zs: Prueba de Mann-Kendall, **Zd**: Prueba de Spearman’s Rho, **b**: Pendiente de Regresión Lineal. Estadísticamente la tendencia significativa se considera al 5% de nivel de significancia, en las demás estaciones la tendencia no es significativa.

Tabla 4: Estaciones con tendencias significativas cuenca alta, periodo 1988-2012.

| Estación | Prueba | Meses | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------------|
| | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
| Carampoma | Zs | 0.74 | 1.73 | 2.11 | 2.98 | -0.26 | 0.37 | 0.54 | -0.09 | 1.45 | -0.30 | 1.66 | 2.10 |
| | Zd | 0.61 | 1.75 | 2.24 | 2.74 | 0.34 | 3.14 | 4.43 | 3.10 | 1.34 | -0.08 | 1.75 | 2.09 |
| | b(mm/mes) | 0.87 | 2.26 | 2.69 | 2.26 | -0.14 | 0.01 | 0.00 | -0.02 | 0.25 | 0.11 | 1.07 | 2.10 |
| Casapalca | Zs | 1.24 | 1.47 | 1.05 | 1.61 | -0.09 | 0.86 | 0.07 | -0.72 | -0.37 | 1.47 | 1.47 | 2.64 |
| | Zd | 1.41 | 1.29 | 1.20 | 1.70 | 0.09 | 1.49 | 0.29 | -0.78 | -0.10 | 1.49 | 1.42 | 2.48 |
| | b(mm/mes) | 1.84 | 2.27 | 1.27 | 1.10 | -0.03 | -0.08 | 0.05 | -0.28 | 0.11 | 1.59 | 1.38 | 3.95 |
| Río Blanco | Zs | 2.08 | 1.61 | 2.03 | 1.14 | 0.47 | 0.58 | 0.86 | 0.23 | -0.05 | 1.33 | 1.33 | 2.59 |
| | Zd | 2.20 | 1.83 | 2.22 | 1.17 | 0.92 | 2.42 | 2.86 | 1.23 | 0.11 | 1.09 | 1.33 | 2.74 |
| | b(mm/mes) | 2.75 | 2.32 | 3.35 | 1.28 | 0.11 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.57 | 1.03 | 3.16 |
| San José Parac | Zs | 1.75 | 1.43 | 1.47 | 1.94 | -1.10 | -1.47 | 0.12 | 0.49 | 0.21 | 0.56 | 1.61 | 3.25 |
| | Zd | 1.69 | 1.26 | 1.50 | 1.84 | -0.92 | -0.35 | 1.55 | 0.84 | 0.29 | 0.35 | 1.74 | 3.33 |
| | b(mm/mes) | 1.92 | 1.90 | 1.96 | 1.47 | -0.15 | -0.19 | 0.10 | 0.04 | 0.26 | 0.42 | 1.59 | 4.13 |



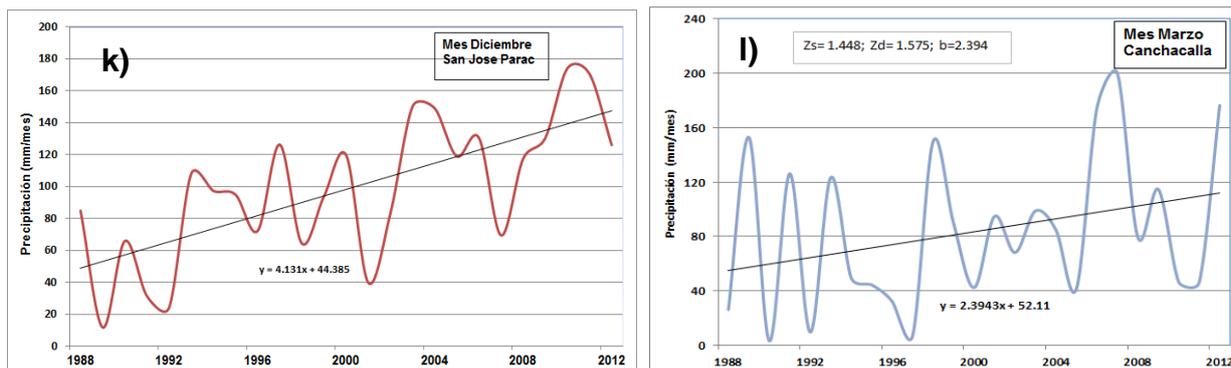


Fig. 6: Variaciones de las precipitaciones en estaciones con tendencia significativa a un nivel de significancia de 5% en las sub figuras desde a) hasta k), y l) con elevada pendiente.

El coeficiente de autocorrelación Lag-1 (Fig. 7), para las 14 series de precipitaciones se observa autocorrelaciones negativas en 3 estaciones (Chosica, Matucana y Santiago de Tuna) y elevada auto correlación positiva en las estaciones con tendencia significativa.

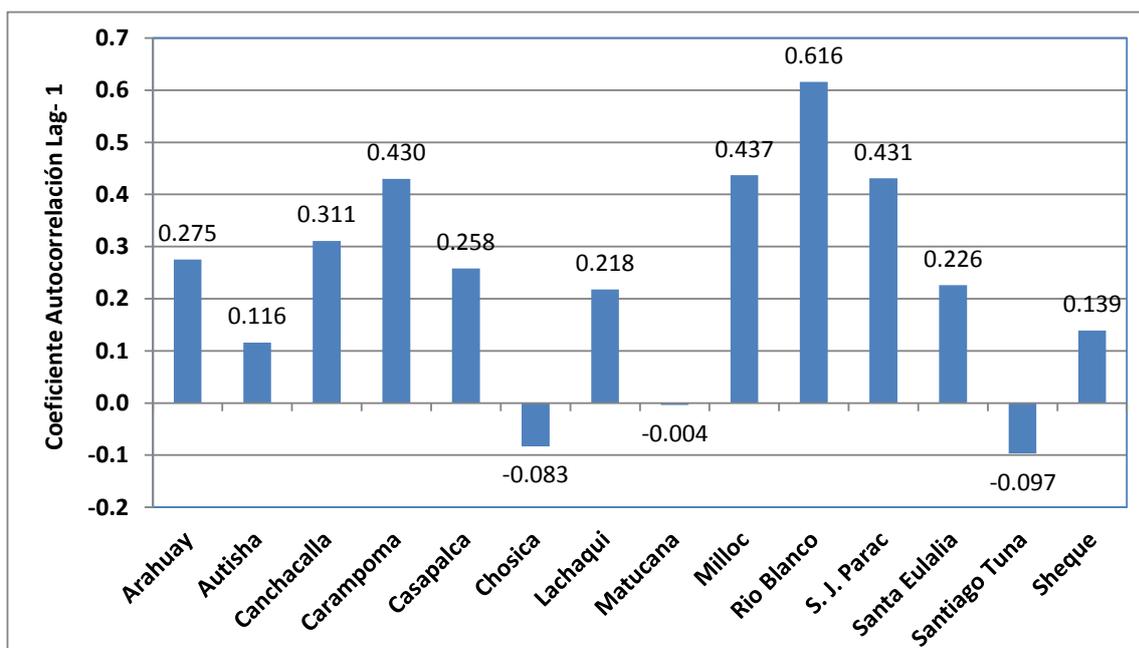


Fig. 7: Coeficiente de correlación serial Lag-1 de las 14 estaciones.

IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Análisis de las Series de Precipitación Mensual

Grupo 1: En este grupo se presentan las precipitaciones más altas por encontrarse a mayor altitud respecto al nivel medio del mar, y el valor máximo se registra en la estación Milloc con 379 mm, la estación con menor intensidad de precipitación es Carampoma. En promedio el grupo presenta un precipitación mensual de 53.44 mm.

Grupo 2: Está conformado con igual número de estaciones que el Grupo 01 (6 estaciones), la precipitación máxima se registró en la estación Canchacalla (341 mm/mes). La estación de menor altitud e intensidad de precipitación es Matucana, que registra una precipitación mensual máxima de 163 mm. La precipitación promedio mensual del grupo es 26.44 mm.

Grupo 3: El grupo está conformado por las estaciones de Chosica y Santa Eulalia, y ambos están por debajo de los 950 metros de altitud respecto al nivel medio del mar. La precipitación mensual máxima se registró en Santa Eulalia con 57 mm. En promedio el grupo tiene una precipitación mensual de 2.41 mm, para el periodo de registros considerado (1988-2012).

Grupo 4: Está constituido por dos estaciones de la cuenca baja, en este estudio no se presta singular atención a esta zona, porque presenta escasa precipitación y los registros históricos tiene muchos vacíos. La precipitación promedio mensual del grupo es 0.50 mm, el promedio multianual de precipitación 5.8 mm.

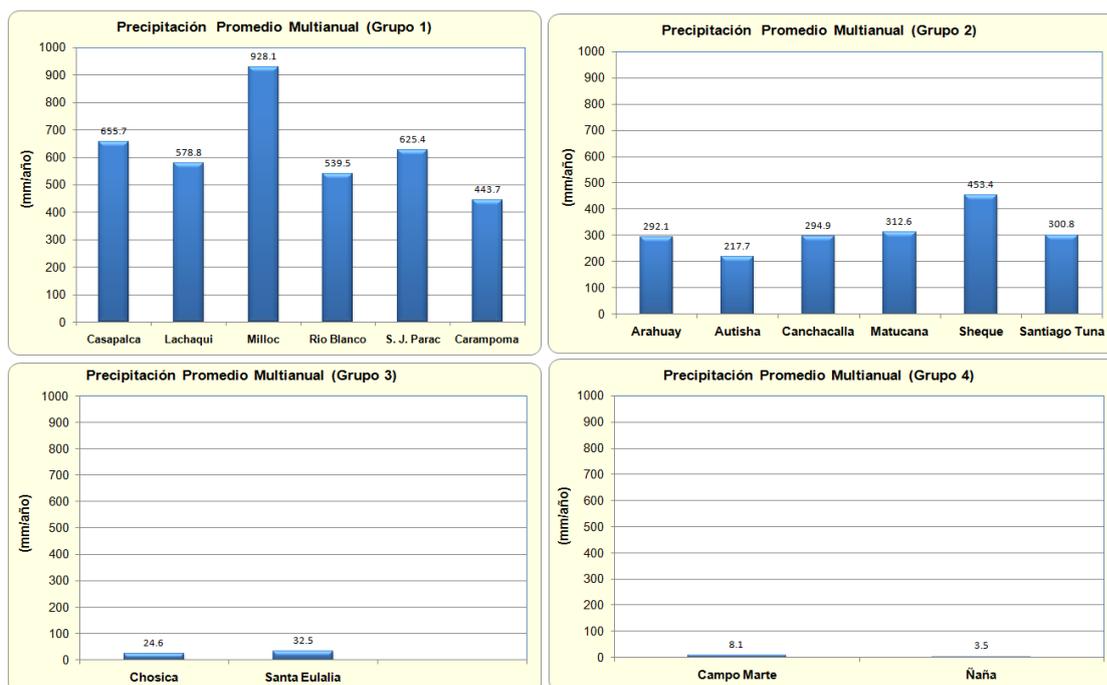


Fig. 8: Precipitación multianual en grupos homogéneos, periodo 1988-2012.

4.2 Resultados del SPI

En cada uno de las 14 estaciones pluviométricas de la cuenca alta, se calculó el SPI, para intervalos acumulados de meses diversos (1, 3, 6, 12, 24, 48 meses). La Fig. 9 muestra los resultados obtenidos para 12 meses en cada estación. Además en promedio se observa en el SPI-12 meses, con mayor intensidad y duración los meses con sequías anormales respecto a los meses húmedos anormales.

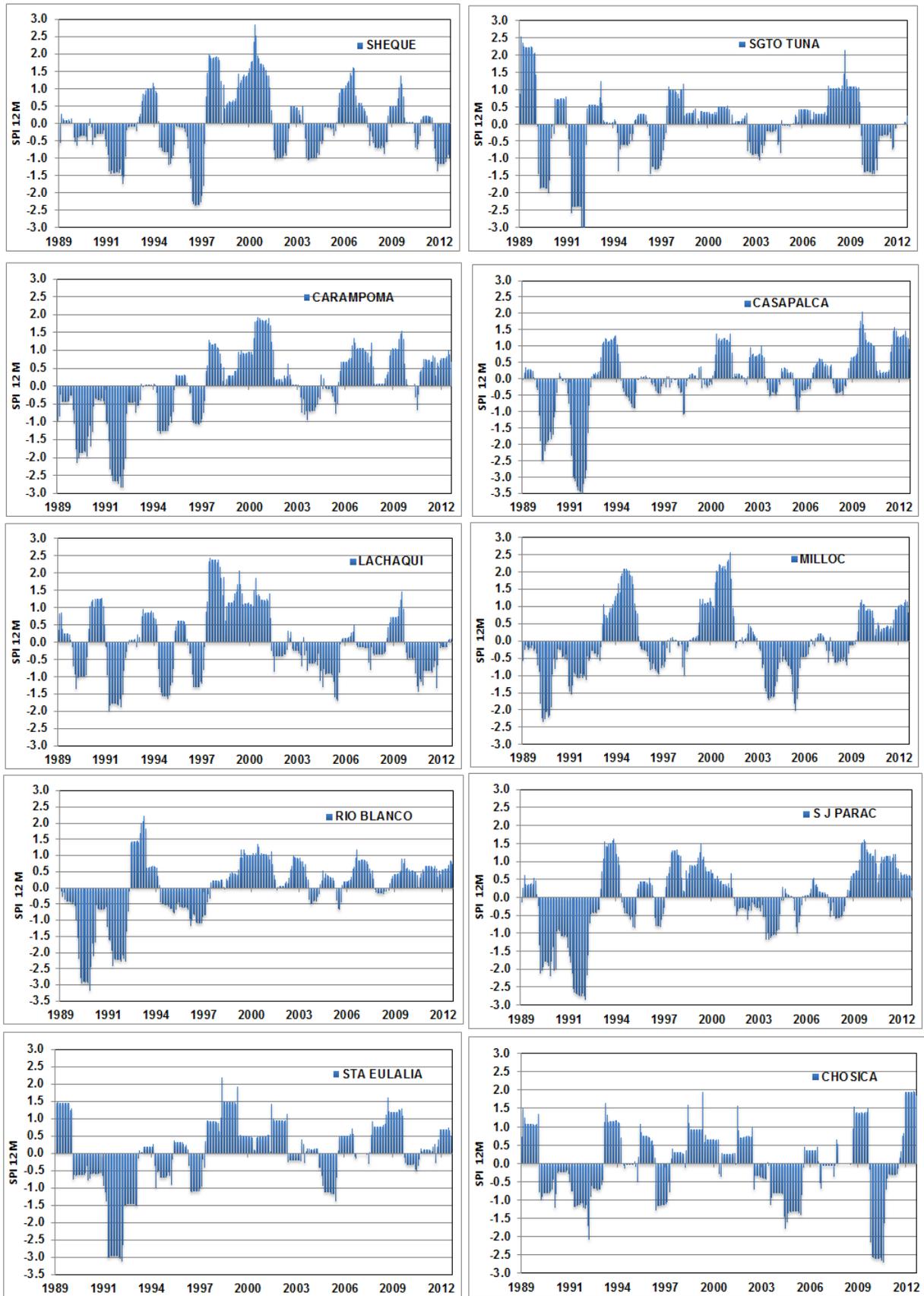


Fig. 9: Variabilidad de los SPI-12 meses, estaciones de la cuenca alta.

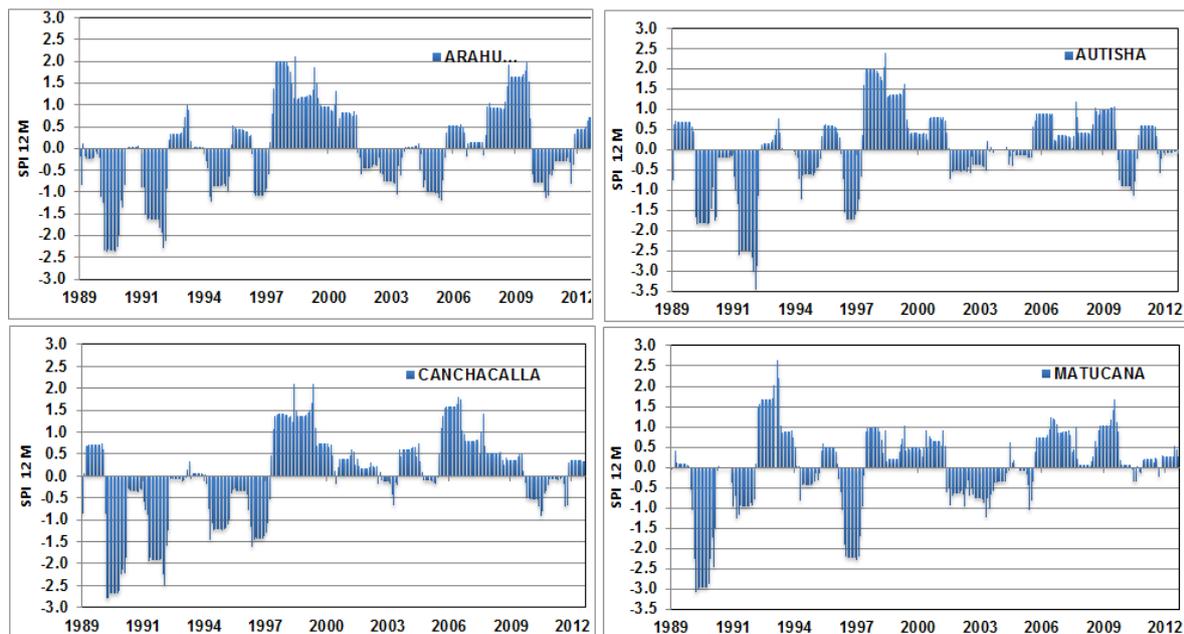


Fig. 9: Continuación

Tabla 5: Características de la sequía en la escala de 12 meses.

| Nombre Estación | Sequía mas severa | | Número de meses secos durante el periodo observado (1989 -2012) | | |
|-----------------|-------------------|----------|---|----------------|-------|
| | SPI 12M | Mes/Año | Moderado | Severo/Extremo | Total |
| Carampoma | -2.86 | dic-1992 | 22 | 23 | 45 |
| Casapalca | -3.51 | set-1992 | 6 | 23 | 29 |
| Lachaqui | -1.99 | feb-1992 | 23 | 20 | 43 |
| Milloc | -2.36 | abr-1990 | 16 | 19 | 35 |
| Rio Blanco | -3.18 | oct-1990 | 9 | 27 | 36 |
| San Jose Parac | -2.85 | dic-1992 | 16 | 26 | 42 |
| Arahuay | -2.36 | sep-1990 | 25 | 21 | 46 |
| Autisha | -3.48 | dic-1992 | 8 | 30 | 38 |
| Canchacalla | -2.80 | mar-1990 | 22 | 24 | 46 |
| Matucana | -3.07 | mar-1990 | 7 | 23 | 30 |
| Sheque | -2.37 | may-1997 | 30 | 13 | 43 |
| Santiago Tuna | -3.52 | ene-1993 | 24 | 19 | 43 |
| Chosica | -2.69 | dic-2010 | 32 | 15 | 47 |
| Santa Eulalia | -3.12 | ene-1993 | 28 | 13 | 41 |

En la tabla 5 se observa que la estación Sheque registra 30 meses secos de categoría moderado y en Autisha igual número de meses de categoría severo y/o extremo.

Tabla 6: Intensidad de la sequía SPI-12M, estaciones de la cuenca alta.

| Estación | Inicio Fin Sequia | Nº Meses | Intensidad Sequia |
|---------------------|-------------------|----------|-------------------|
| 1. Arahuay | mar-90 a nov-90 | 9 | -2.30 |
| 2. Autisha | feb-90 a feb-91 | 13 | -1.71 |
| | mar-92 a ene-93 | 11 | -2.71 |
| 3. Canchacalla | mar-90 a feb-91 | 12 | -2.50 |
| | mar-92 a ene-93 | 11 | -1.96 |
| 4. Matucana | feb-90 a feb-91 | 13 | -2.62 |
| 5. Sheque | nov-92 a ene-93 | 3 | -1.60 |
| | feb-97 a nov-97 | 10 | -2.18 |
| 6. Santiago de Tuna | abr-90 a nov-90 | 8 | -1.85 |
| | mar-92 a ene-93 | 11 | -2.66 |
| 7. Carampoma | feb-90 a oct-90 | 9 | -1.91 |
| | feb-92 a feb-93 | 13 | -2.49 |
| 8. Casapalca | feb-90 a nov-90 | 10 | -2.01 |
| | ene-92 a ene-93 | 13 | -3.03 |
| 9. Lachaqui | feb-92 a dic-92 | 11 | -1.79 |
| | may-95 a oct-95 | 6 | -1.58 |
| 10. Milloc | feb-90 a oct-90 | 9 | -2.13 |
| | mar-04 a ago-04 | 6 | -1.65 |
| | nov-05 a ene-06 | 3 | -1.85 |
| 11. Río Blanco | ene-90 a feb-91 | 14 | -2.53 |
| | dic-91 a dic-92 | 13 | -2.13 |
| 12. San José Parac | mar-90 a feb-91 | 12 | -1.90 |
| | dic-91 a feb-93 | 15 | -2.43 |
| 13. Santa Eulalia | mar-92 a feb-93 | 12 | -2.79 |
| | ene-93 a feb-93 | 2 | -1.88 |
| 14. Chosica | ene-05 a feb-05 | 2 | -1.69 |
| | mar-10 a ene-11 | 11 | -2.47 |

En la Tabla 6 se observa que la mayor intensidad de la sequia en meses consecutivos se produce en las estaciones de Santiago de Tuna, Casapalca, Matucana y Santa Eulalia. También se observa en las estaciones San José de Parac y Río Blanco la intensidad sequia anormal de mayor duración con 15 y 14 meses consecutivos respectivamente.

Valiéndose de los SPI ya calculado en las estaciones se interpoló con el Hydraccess y se calculó un SPI areal para la escala de 3, 12, 24 y 48 meses. En la Fig. 10 se observa meses con mayor intensidad anormal de la sequia en las cuatro escalas de las sub figuras, y los meses de humedad con menor intensidad. En las escalas del SPI 12 y 24 meses de mayor humedad está entre los años de 1998 hasta 2002. Y en los últimos meses del periodo de data utilizado (1988 - 2012) se observa condiciones normales de humedad y sequia.

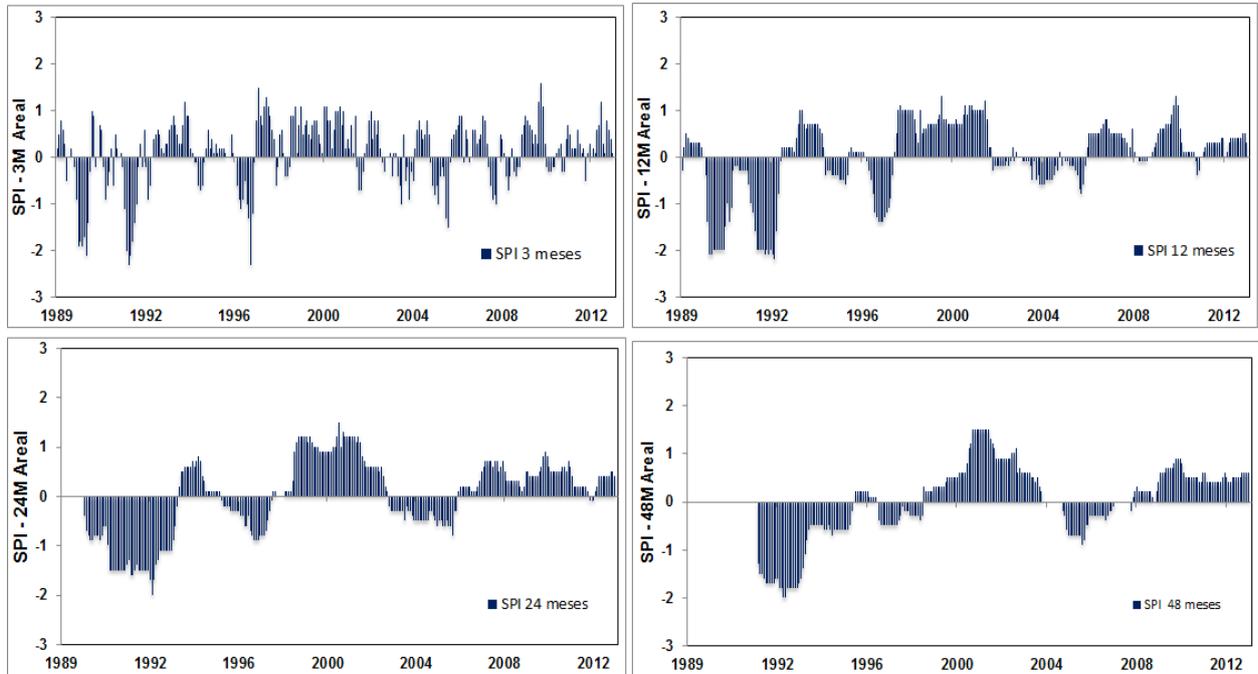
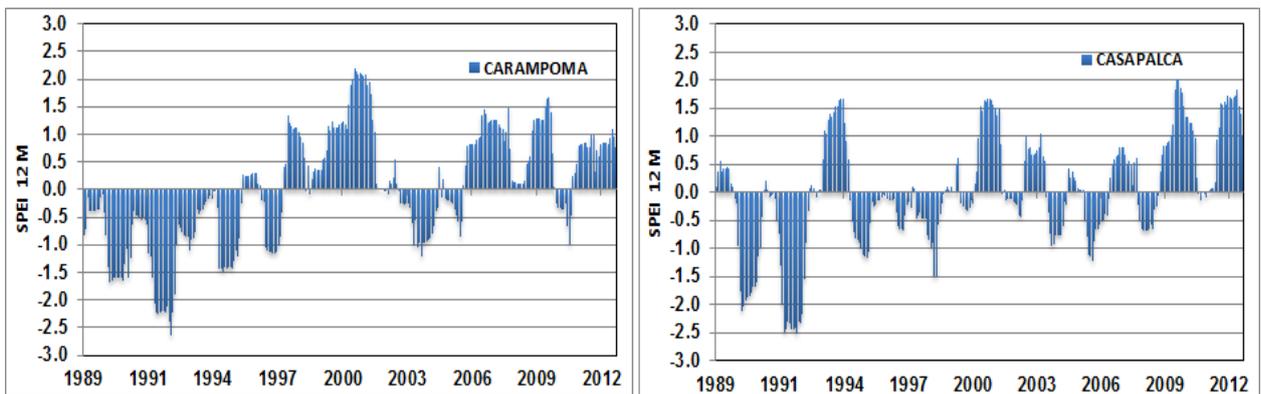


Fig. 10: SPI areal para la cuenca alta Rímac.

4.3 Resultados del SPEI

Utilizando las series de temperatura promedio mensual observada y las demás series de temperatura interpolados usando la metodología expuesta inicialmente, se procedió a calcular el SPEI, para las escalas de 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 y 48 meses. Se acondicionó las necesidades de cálculo, usando como base el aplicativo desarrollado por Vicente-Serrano et al. (2009).

Finalmente se obtuvo los índices estandarizados del SPEI, para las estaciones de la cuenca alta. En los siguientes sub gráficos de la Fig. 11 se muestra para la escala de 12 meses. Se observa un similar comportamiento de los índices del SPEI comparado con los SPI.



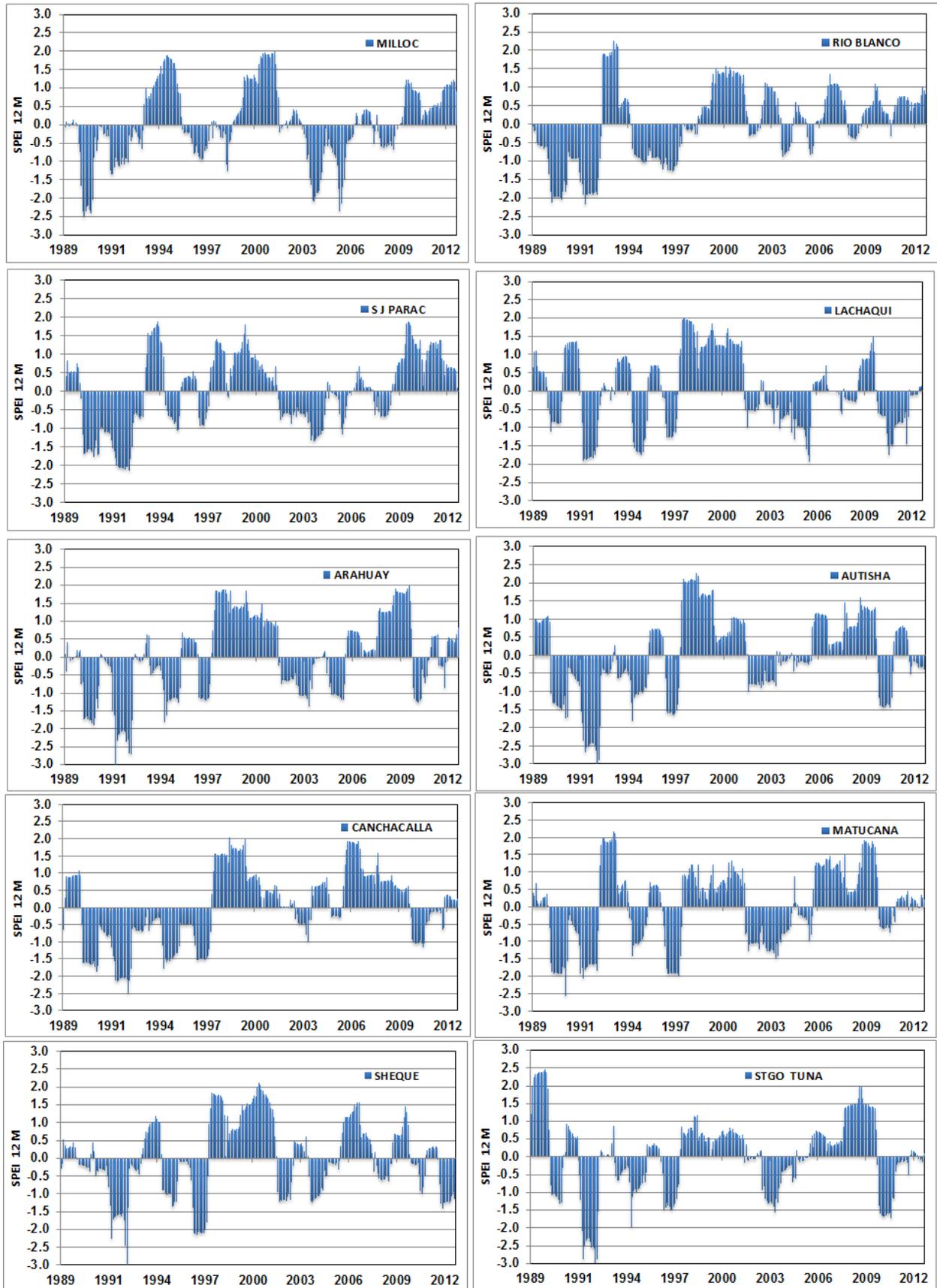


Fig. 11: Variabilidad del SPEI-12 meses, en las estaciones de la cuenca alta.

Con los resultados de los SPEI de las estaciones de la cuenca alta , y utilizando la misma metodología de interpolación realizado para el SPI areal, se calculó los SPEI areal para las escalas de 3, 12, 24 y 48 meses. En la Fig. 12 se observa similar evolución temporal de las series de índices comparado con el SPI areal.

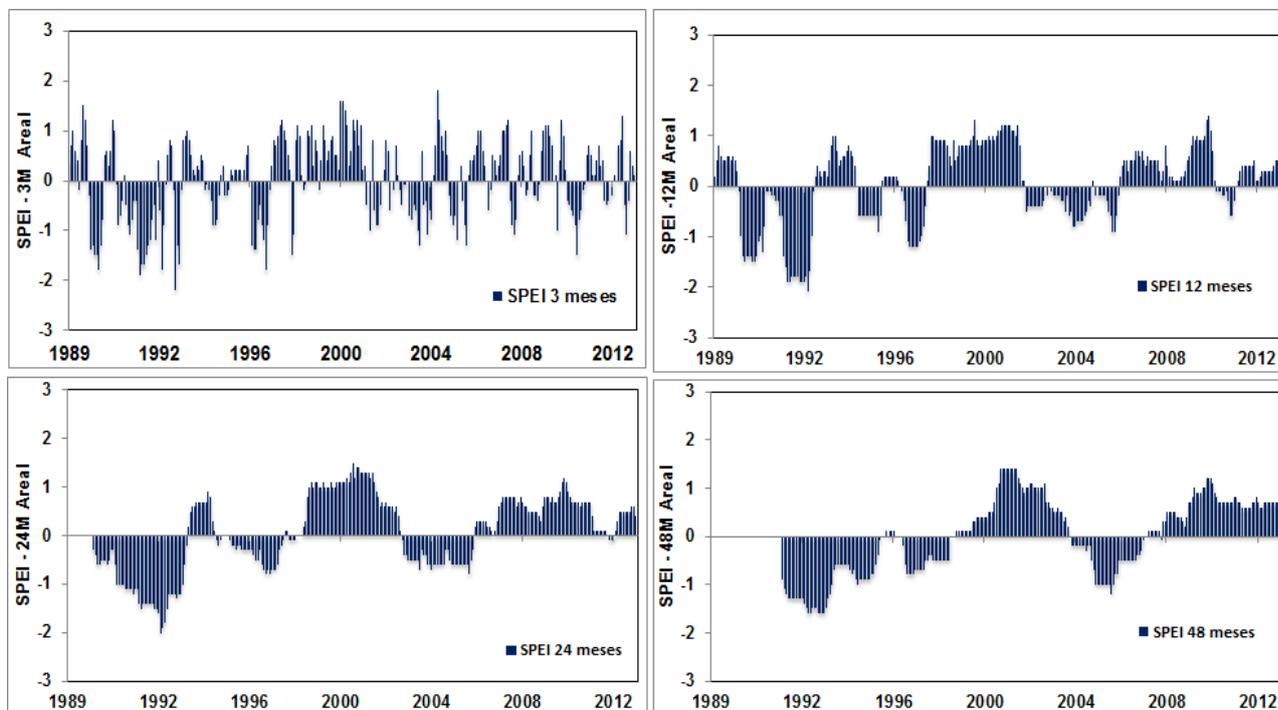
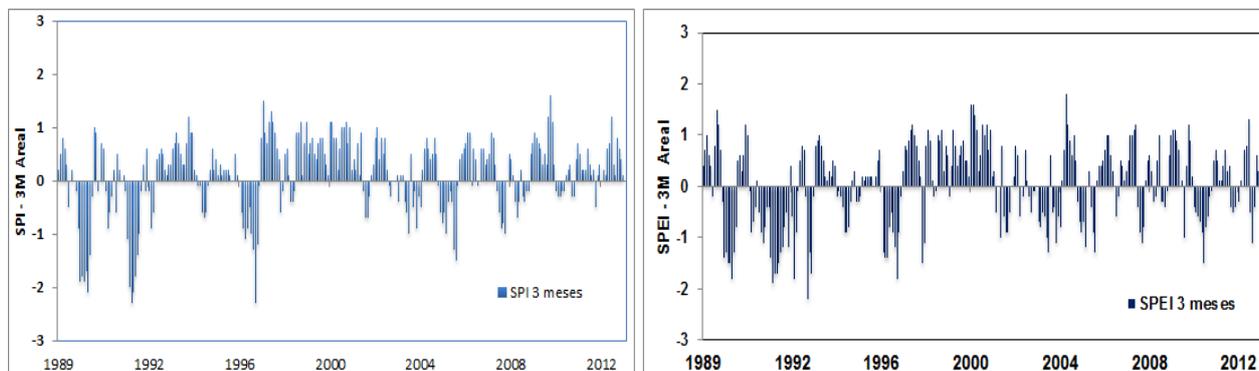


Fig. 12: SPEI areal para la cuenca alta.

4.4 Análisis Comparativo del SPI y SPEI Areal

Ambos índices estandarizados tienen similar metodología de cálculo, con la diferencia que para el cálculo del SPEI se requiere las series de temperaturas promedios mensuales. Ello permite realizar un balance entre la precipitación y evapotranspiración en cada estación y en el área de estudio. La Fig. 13 muestra una comparación de los dos índices para el área de estudio. Se observa similar variación de los índices estandarizados en las 4 escalas de meses acumulados (3, 12, 24 y 48 meses).



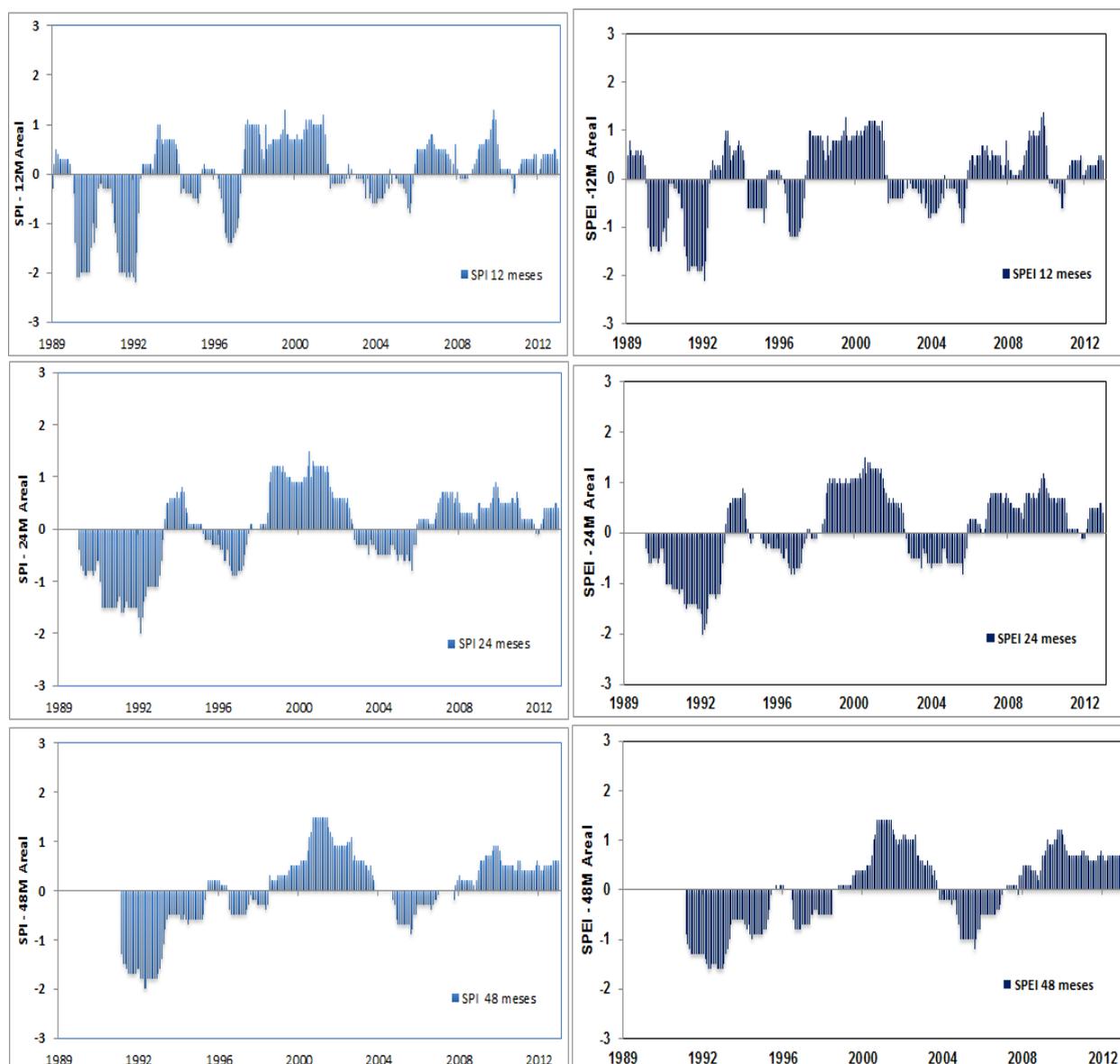


Fig. 13: Comparación del SPI y SPEI areal para la cuenca alta.

4.5 Índice Estandarizado de Caudal (Qz)

Se calculó el Índice Estandarizado de Caudal (Qz), conocido también como Índice de Sequia Hidrológica de Caudal. El método de cálculo fue el mismo empleado para el SPI, y el primer paso fue convertir los caudales promedios mensuales en lamina (mm/mes). Usando el programa MATLAB se calculó los Índices Estandarizados de Caudales para las escalas de tiempo acumulado de 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 y 48 meses. A continuación se muestra algunos resultados gráficos (Fig.14) de los caudales estandarizados en el punto de salida de la cuenca alta, estación Chosica. Se aprecia sequia anormal en la década de 1990 y humedad anormal en la primera década del presente siglo.

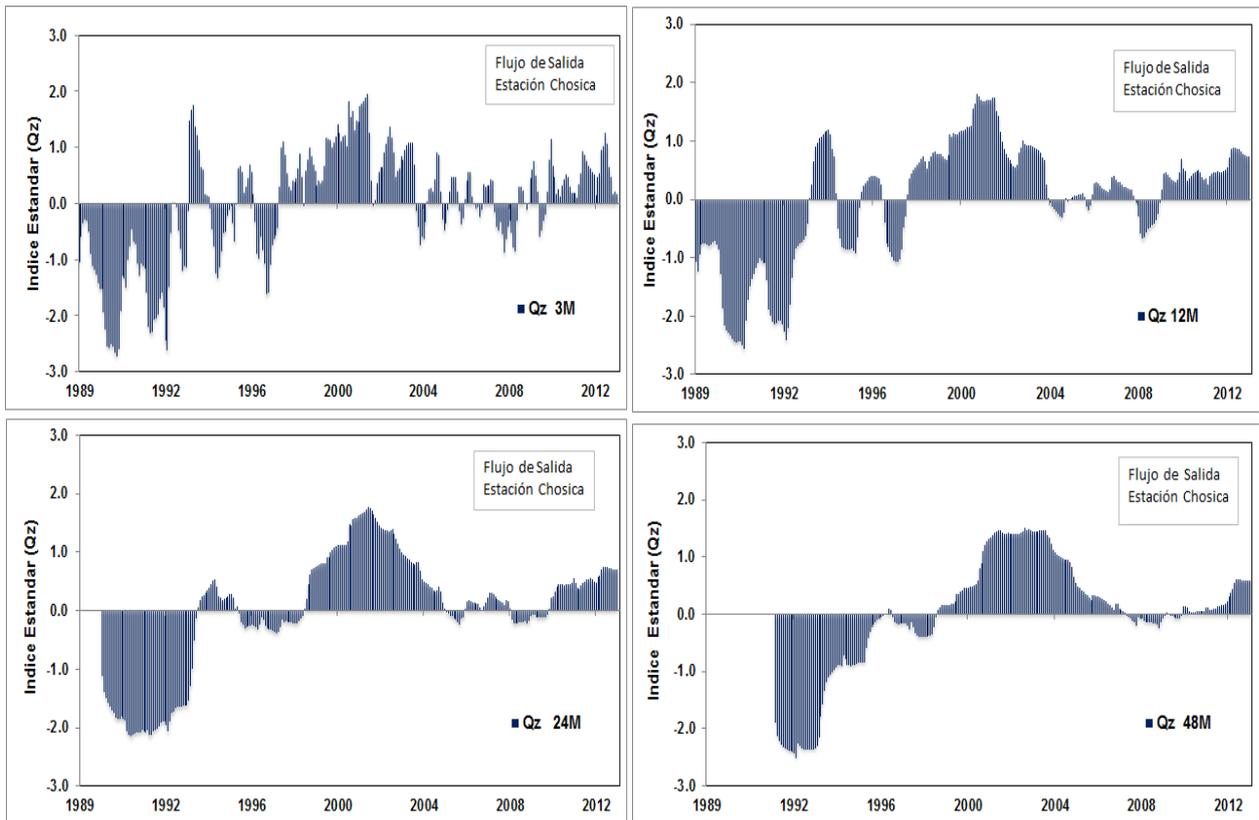
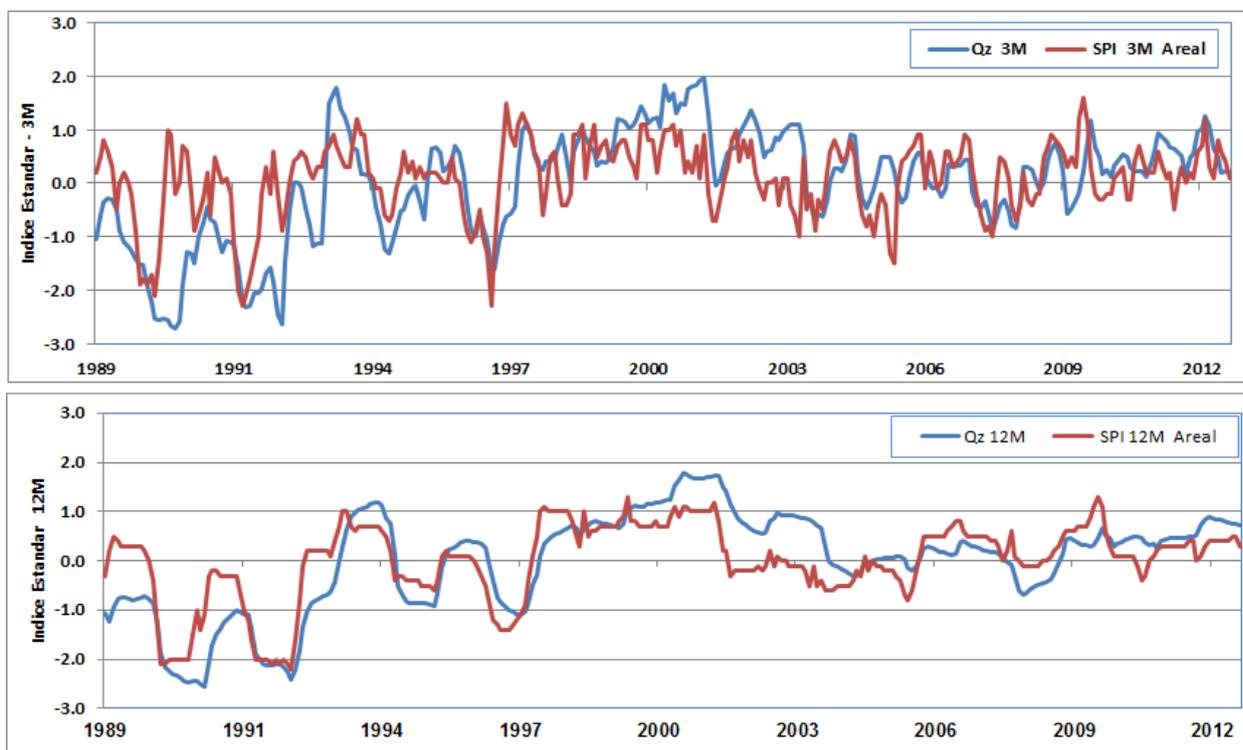


Fig. 14: Índices Estandarizados de Caudales en el punto de salida de la cuenca alta.

También se muestra graficas comparativas de la evolución del Índice Estandarizado de Caudales (Qz) y el SPI, en cuatro escalas de meses acumulados (3, 12, 24 y 48 meses).



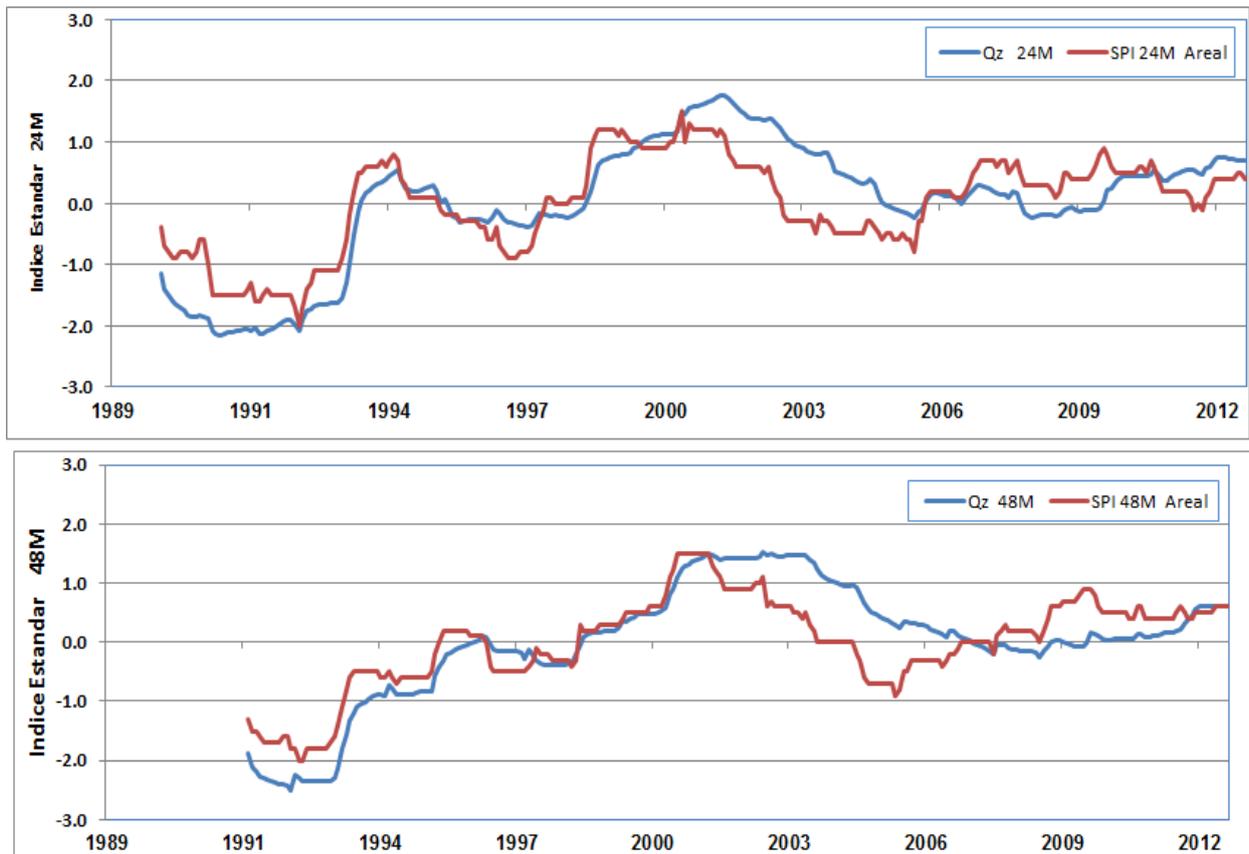


Fig. 15: Comparación del SPI y los caudales estandarizados (Qz).

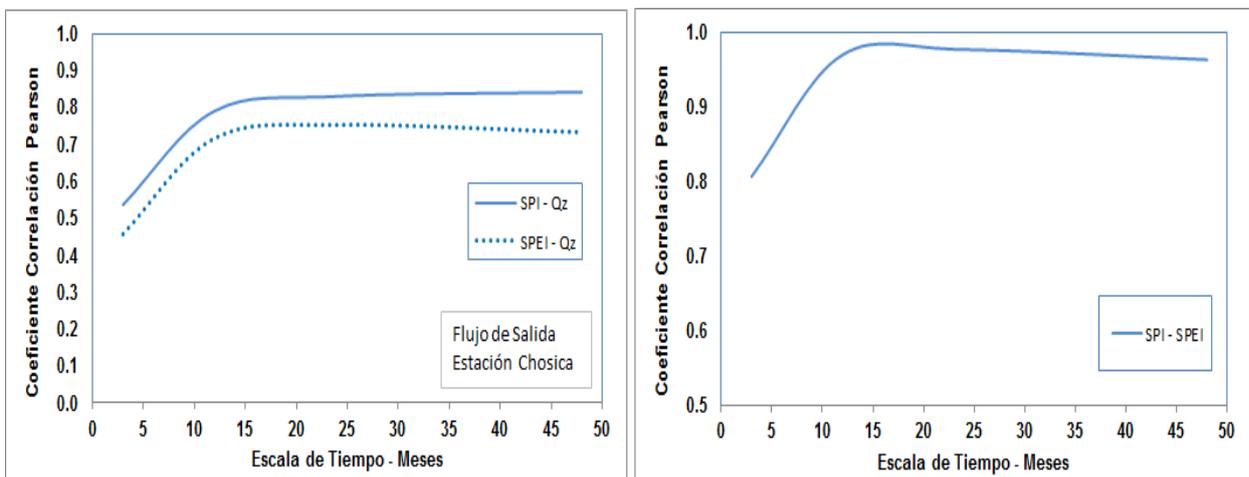


Fig. 16: Coeficiente de Correlación de Pearson para 1- 48 meses, entre SPI, SPEI y Caudal Estandarizado (Qz).

En la Fig. 16 se observa que los mayores coeficientes de correlación esta en el rango de la escala de 10 a 15 meses, y después de este último el coeficiente se mantiene casi constante. La mayor correlación en todas las escalas de meses se encontró entre el SPI y Qz.

4.6 Análisis Gráficos y Mapas a Diversas Escalas del SPI

En la Fig. 17 se observa que en mayor porcentaje de meses del periodo de data usado se presenta sequias anormales comparado con el porcentaje de meses húmedos anormales. Significa que con mayor frecuencia se presenta sequias extremas en las estaciones de la cuenca alta.

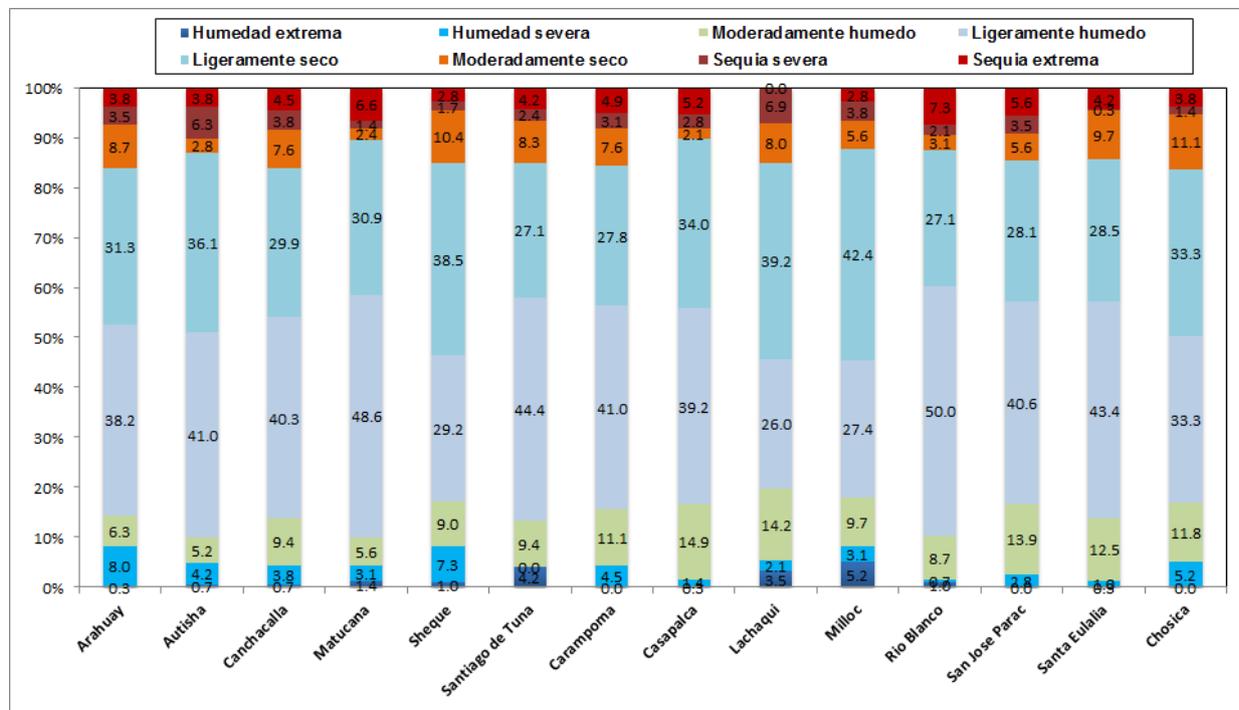


Fig.17: Porcentaje de ocurrencia en cada categoría en el periodo de estudio (SPI -12 meses).

La Fig. 18 muestra la comparación entre la sequía extrema y la humedad extrema. En promedio se observa la mayor ocurrencia de sequias extremas, para las estaciones analizadas durante el periodo 1988-2012. Y las estaciones que presentan mayor porcentaje de sequias extremas son Arahuary, Autisha, Canchacalla, Matucana, Carampoma, Casapalca, Río Blanco, San José de Parac, Santa Eulalia y Chosica. Se muestran con humedad extrema Lachaqui y Milloc. En síntesis de la Fig. 18 se evidencia la mayor frecuencia y menor periodo de recurrencia de eventos de sequia extrema, y en consecuencia la disminución de la disponibilidad del recurso agua en la CR en épocas de estiaje ó periodos secos.

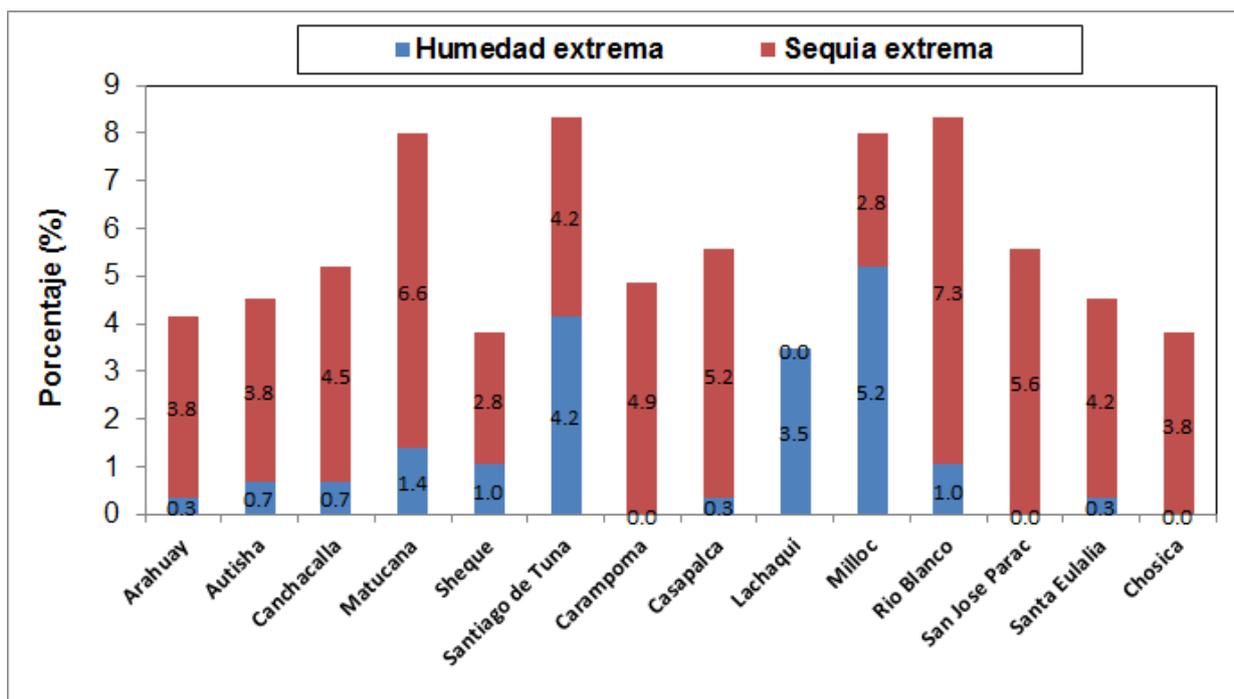


Fig.18: Comparación en porcentaje de ocurrencias de los eventos extremos.

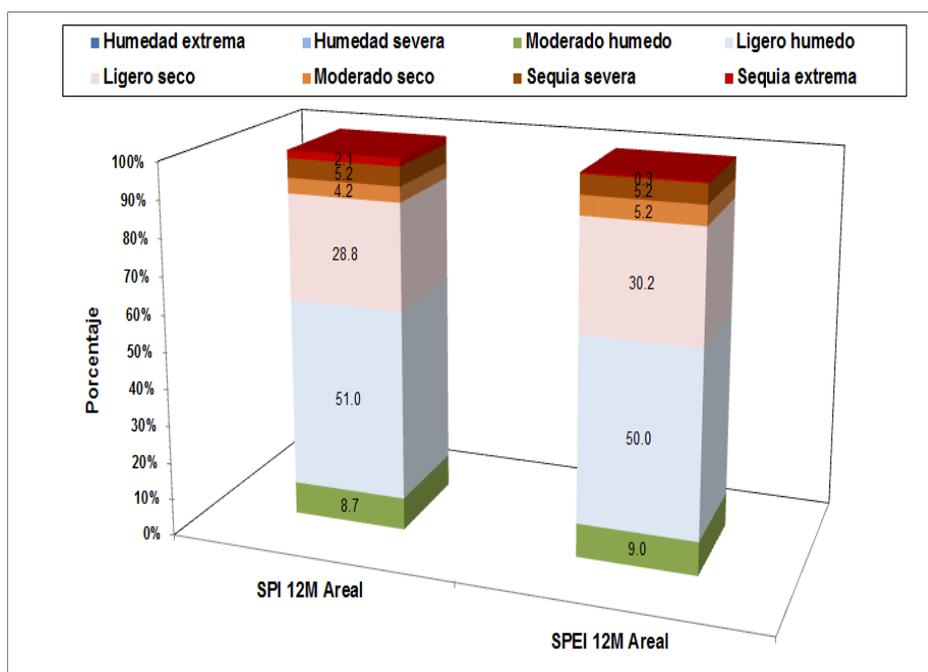


Fig. 19: Porcentaje de ocurrencias del periodo usado para el índice areal de 12 meses.

En la Fig. 19 se aprecia el porcentaje del total de meses del periodo usado, y la mayor ocurrencia de sequias anormales extremas en la cuenca alta. Respecto a meses con humedad, no se presenta como extrema ó severa. De lo anterior se infiere que las sequias extremas son de menor periodo de retorno y cada vez más frecuentes.

Los resultados del coeficiente de autocorrelación Lag-1, más las pruebas de Mann-Kendal y Spearman's Rho para el SPI-12 meses, se muestra en la Fig. 20. Se observa un decrecimiento de la tendencia en la estación Lachaqui, mientras que en las estaciones de Carampoma, Casapalca y Río Blanco, San José de Parac y Milloc se aprecia significativa tendencia positiva al 5% de nivel de significancia. Se aprecia coeficiente de autocorrelación negativa en Santiago de Tuna y Chosica.

El coeficiente de auto correlación serial Lag-1 puede mejorar la verificación de la independencia de las series temporales de precipitación. Si las series de tiempo son completamente aleatorias, entonces el coeficiente de autocorrelación debe ser cero ó estar lo más próximo a cero.

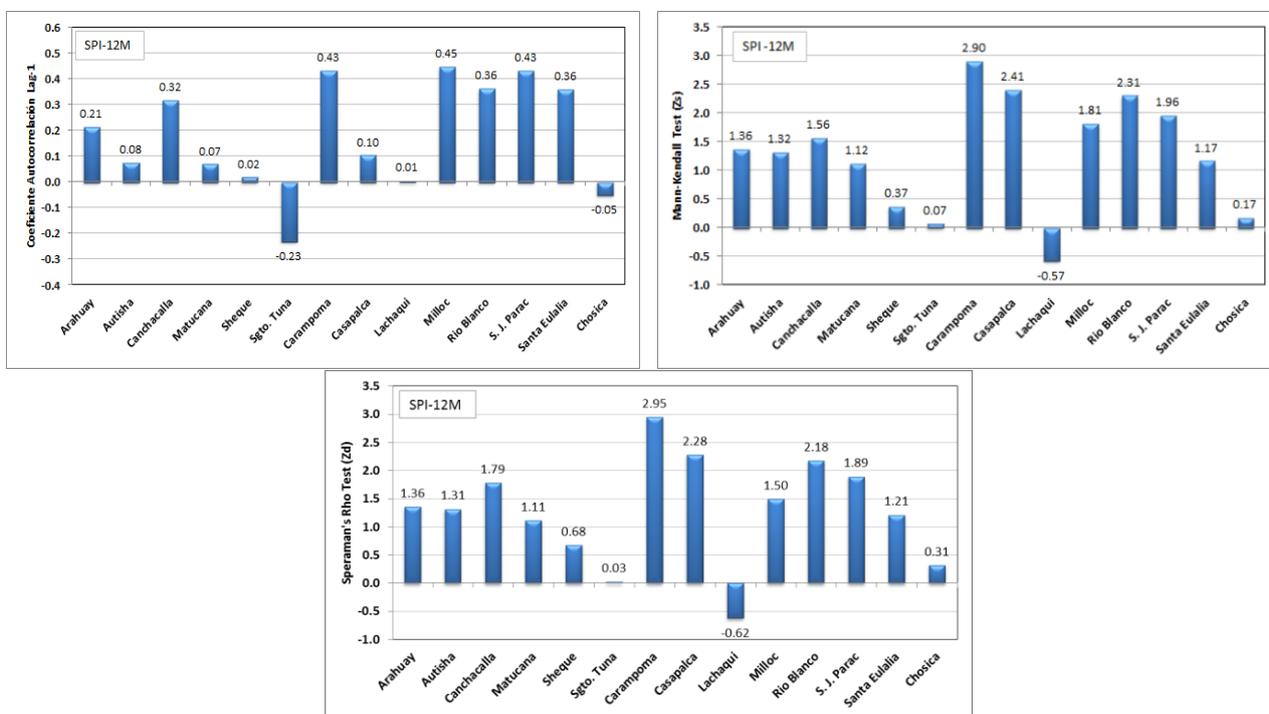


Fig. 20: Auto correlación Lag-1, Pruebas de Mann-Kendall y Spearman's Rho para el SPI-12 meses.

Tomando el valor extremo ó más severo de sequía de cada estación, se elaboró mapas de sequía extrema para las diversas escalas de meses del SPI. Asimismo se hizo la selección de los valores extremos de humedad en cada estación. Se calculó la intensidad de sequía y humedad en meses consecutivos, y así se elaboró mapas de intensidad extrema para la cuenca alta. Los mapas realizados permiten hacer un análisis espacial del comportamiento de la sequía y humedad más severa ó extrema para el periodo de data utilizado (1988 – 2012).

En este estudio nos centramos en la cuenca alta, porque presenta precipitaciones con mayores intensidades; y de esta depende la cuenca baja en cuanto a escorrentía. La Fig. 21, 22 y 23 muestran los mapas para los índices extremos del SPI, y la intensidad más severa en cada estación.

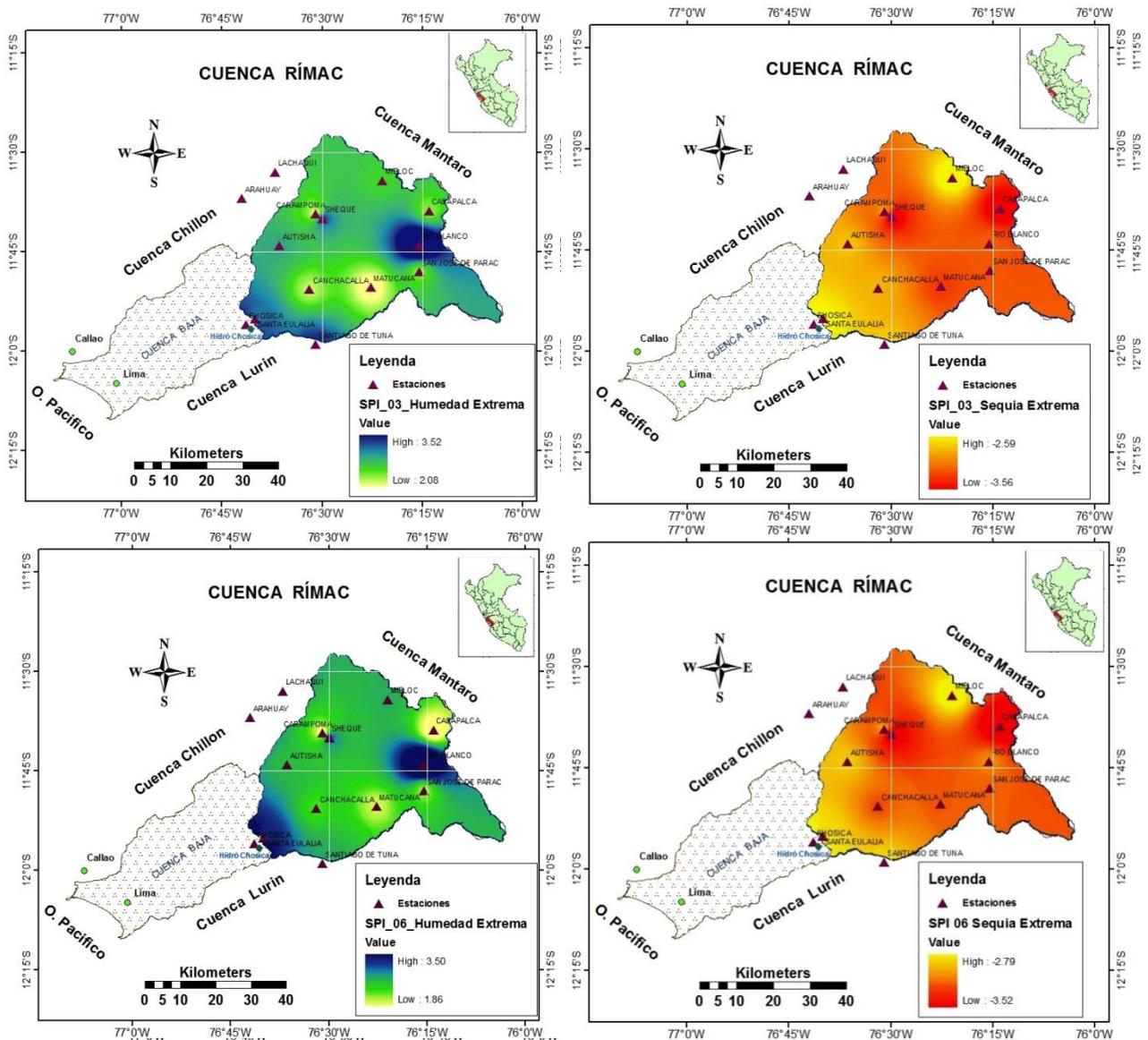


Fig. 21: Distribución espacial índices más severos con el SPI 03 y 06.

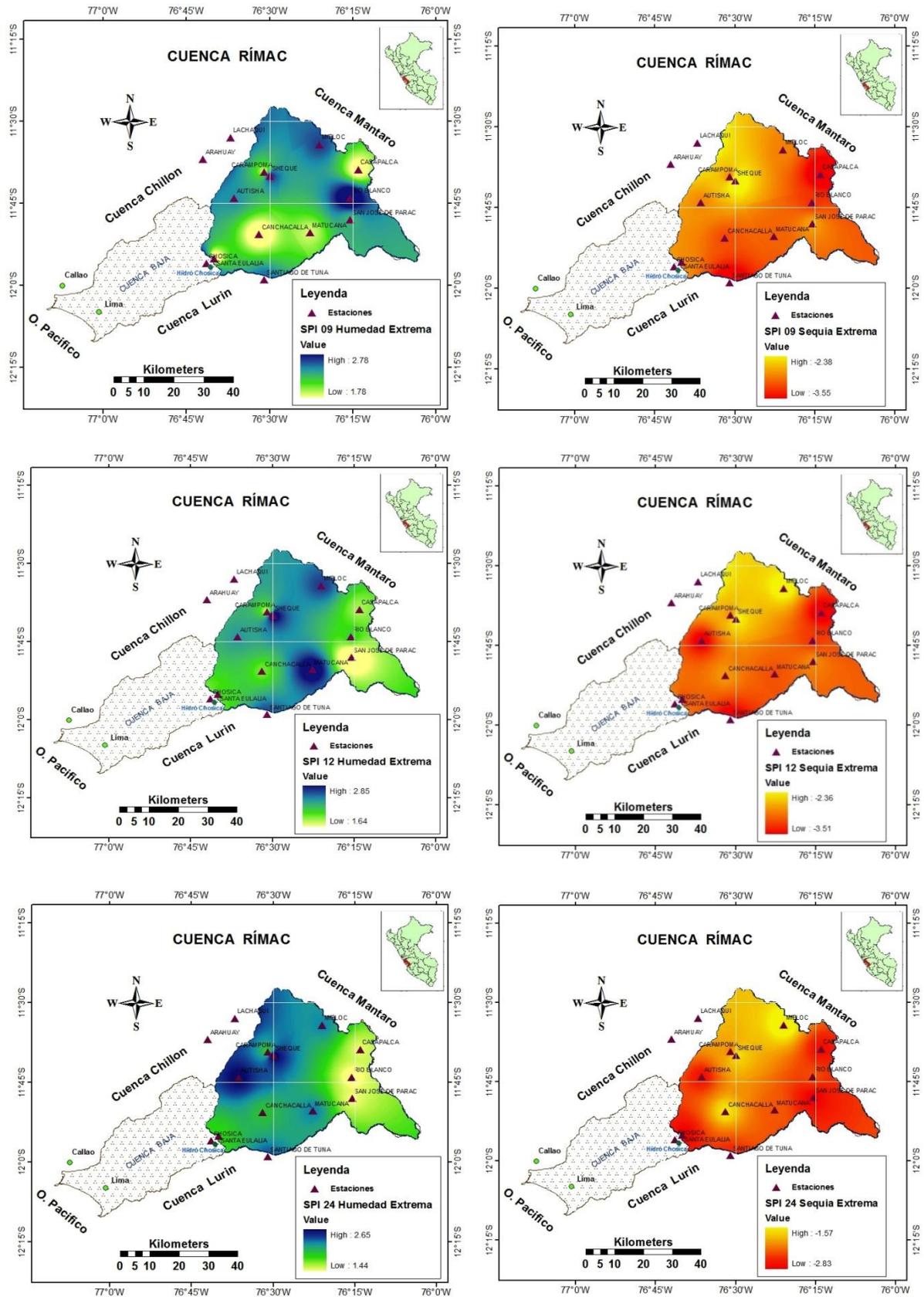


Fig. 22: Distribución espacial de los índices más severos con el SPI 9, 12 y 24 meses.

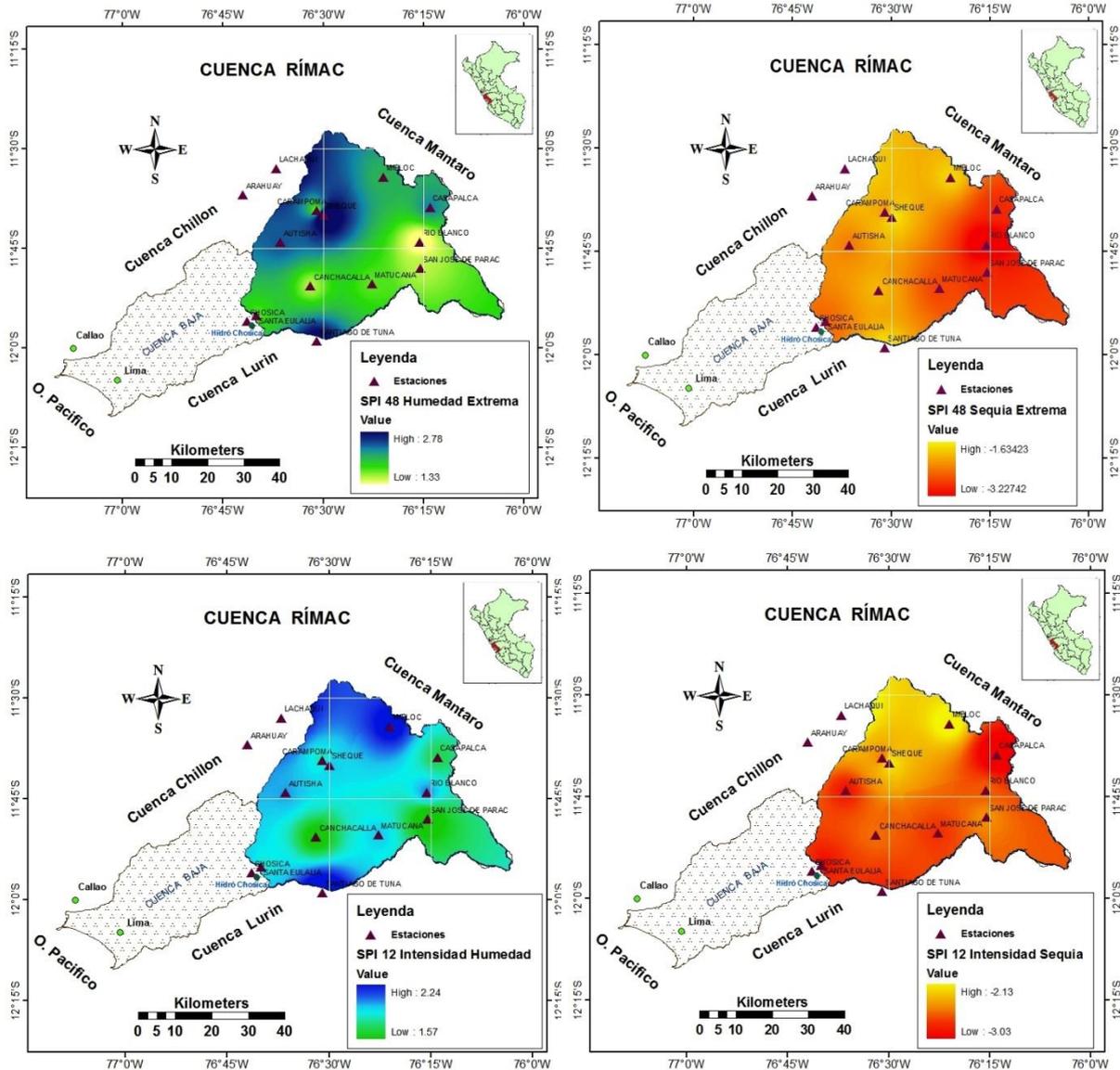


Fig. 23: Distribución espacial de la sequía y humedad en intensidad más severa, SPI 12 y 48 meses cuenca alta, con el periodo de data analizado (1988-2012).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El presente estudio se centró en el análisis de la precipitación mensual observada en 14 estaciones de la cuenca alta del río Rímac, para el periodo 1988-2012. Además de temperatura promedio mensual observada y estimada en las mismas estaciones donde se disponía datos pluviométricos. De acuerdo a los objetivos específicos podemos establecer las siguientes conclusiones más relevantes:

- A.** Se realizó la homogenización y completación de data mensual faltante en cada una de las series históricas de precipitación, en la homogenización se usó el método del vector regional y en la completación regresión lineal simple y múltiple.
- B.** Los meses de mayor precipitación en las estaciones de la cuenca alta Rímac, son desde Diciembre hasta Abril, y en los demás meses escasa o ligera precipitación. Se calculó el SPI y el SPEI, con el propósito de analizar los periodos húmedos y secos. Asimismo se calculó el Índice Estandarizado de Caudales (Qz), usando la serie de caudales mensuales de la estación Chosica. Se estableció las correlaciones entre los índices estandarizados, se encontró mayor correlación en las escalas de 9 y 12 meses.
- C.** Las estaciones con mayor tendencia significativa a un nivel de significancia de 5% son las estaciones de Carampoma, Casapalca, Rio Blanco y San José de Parac. Los meses de tendencia positiva coincide con los meses de mayores precipitaciones.
- D.** La estación con mayor coeficiente de autocorrelación de Lag-1, es Rio Blanco ($r_1=0.616$), y los que están por encima de 0.4 son Carampoma, Milloc y San José de Parac. Las estaciones con autocorrelación negativa son Chosica, Matucana y Santiago de Tuna.
- E.** El análisis de los índices estandarizados se enfoca en la escala de 12 meses, y se observa la sequía más severa ó extrema en la estación Casapalca (-3.51), en setiembre de 1992. La humedad máxima extrema en Sheque (2.85), en enero de 2001. La intensidad de sequía máxima en Casapalca (-3.03) en los meses de Enero 1992 hasta Enero 1993. La intensidad de humedad máxima en Lachaqui (2.31), en los meses de Marzo 1998 hasta Diciembre 1998.
- F.** Del grafico del porcentaje de ocurrencia de cada categoría de los SPI-12 meses, se observa en mayor porcentaje los eventos de sequía extrema respecto a los periodos húmedos extremos. El incremento del aprovechamiento de los recursos hídricos en la CR, y sumado a ello la alteración irreversible del medio ambiente, el cambio climático, el crecimiento industrial y demográfico contribuyen a la ocurrencia de eventos extremos, que son cada vez más frecuentes .
- G.** Los mapas de distribución espacial de los índices extremos ó más severos muestra las zonas donde se registró la sequía ó humedad en valores extremos. Con el SPI -12 meses la zona de mayor humedad es Matucana y Milloc; por el contrario la zona de mayor sequia es Casapalca.

5.2 Recomendaciones

- ❖ En este estudio se consideró el mayor grupo de estaciones de la cuenca alta, con igual periodo de data disponible de precipitación mensual. Es recomendable usar series temporales con el mayor número de años, y así tener una mejor idea de la evolución temporal de los índices climáticos.
- ❖ Algunos cálculos y gráficos se han omitido con la idea de centrarse en los objetivos específicos planteados inicialmente.
- ❖ En los Anexos se muestra los demás cálculos y graficas que respalda lo mostrado en el presente estudio.

Agradecimientos

Al personal técnico y profesional de la Dirección Regional de Lima, por su colaboración de manera directa e indirecta en la elaboración del presente estudio, de manera específica al Dr. Waldo Lavado por sus aportes y sugerencias.

A Dios por darme la energía y motivación necesaria en las numerosas horas dedicadas al presente estudio.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramowitz, M. & Stegun, I. A. (1965). Handbook of Mathematical Functions. Dover Publications, New York.
- Bordi, I., Frigio, S., Parenti, P., Speranza, A. & Sutera, A. (2001). The analysis of the Standardized Precipitation Index in the Mediterranean area: large-scale patterns. *Annals Geophysics*, 44(5-6):965-978.
- Carbone, M. E., Piccolo, M. C. & Scian, B. V. (2004). Análisis de los periodos secos y húmedos en la cuenca del Arroyo Claromecó, Argentina. *Papeles de Geografía*, 40: 25-35.
- Gocic, M. & Trajkovic, S. (2013). Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980-2010. *Journal of Hydrology*, 494: 32-42.
- Hisdal, H., Stahl, K., Tallaksen, L. M. & Demuth, S. (2001). Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent? *International Journal Climatology*, 21(3):317:333.
- Kendall, M. G. (1975). Rank Correlation Methods. Griffin, London.
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S. M., Lopez-Moreno, J. I., Begueria, S., Garcia-Ruiz, J. M. & Cuadrat, J. M. (2010). The impact of droughts and water

management on various hydrological systems in the headwaters of the Tagus River (central Spain). *Journal of Hydrology*, 368: 13-16.

- Lloyd-Hughes, B. & Saunders, M. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal Climatology*, 22:1571-1592.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrics* 13: 245-259.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. In: 9th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Boston, 233-236.
- Moreira, E. E., Coelho, C. A., Paulo, A. A., Pereira, L. S. & Mexia, J. T. (2008). SPI-based drought category prediction using log-linear models, *Journal Hydrology*, 354(1-4): 116-130.
- Paulo, A. A., Rosa, R. D. & Pereira, L. S. (2012). Climate trends and behaviour of drought indices base on precipitation and evapotranspiration in Portugal. *Nat. Hazards Earth Systems Sciences*, 12(5):1481-1491.
- Tabari, H., Nikabakht, J. & Talaei, H. P. (2012). Hydrological Drought Assessment in Northwestern Iran Basad on Streamflow Drought Index. *Water Resour Manage*, doi: 10.1007/s11269-012-0173-3.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review*, 38: 55-94.
- Vicente-Serrano, S. M., Begueria, S. & Lopez-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, volume 23, doi: 10.1175/2009JCLI2909.1.
- Vicente-Serrano, S. M., Lopez-Moreno, J. I., Begueria, S. & Lorenzo-Lacruz, J. Azorin-Molina, C. & Moran, T. E. (2012). Accurate computation of a streamflow drought index. *Journal of hydrologic engineering*, 17(2): 318-332.
- Vicente-Serrano, S. M., Gouveia, C., Camarero, J., Begueria, S., Trigo, R., Lopez-Moreno, J. I., Azorin-Molina, C., Pasho, E., Lorenzo-Lacruz, J., Revuelto, J., Moran-Tejeda, E. & Sanchez-Lorenzo, A. (2012). Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes. *PNAS Early Edition* 1-6, doi:10.1073/pnas.1207068110/-/DCSupplemental.
- Zhang, Q., Li, J., Singh, V. P. & Bai, Y. (2012). SPI-based evaluation of drought events in Xianjiang, China. *Nat Hazards*, 64: 481- 492.

VII. ANEXOS

1. Series de Temperaturas promedios mensuales estimados en la cuenca alta Rímac.

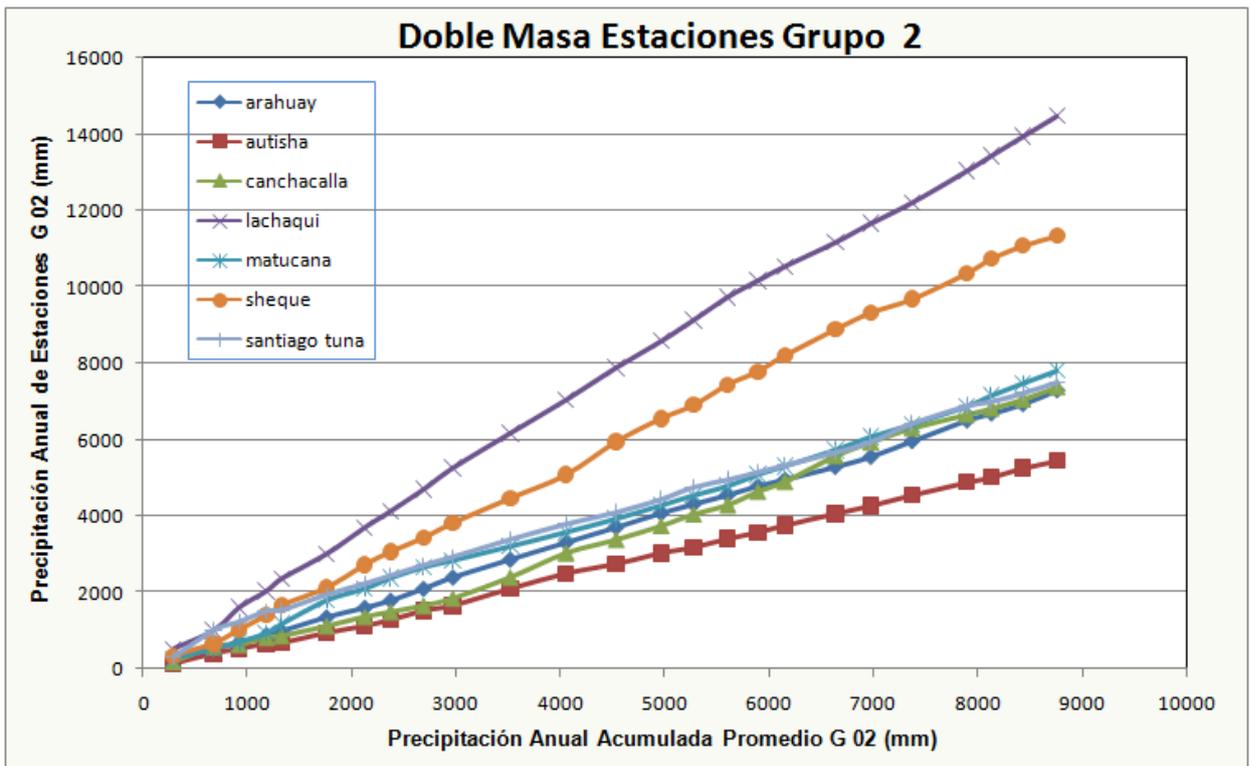
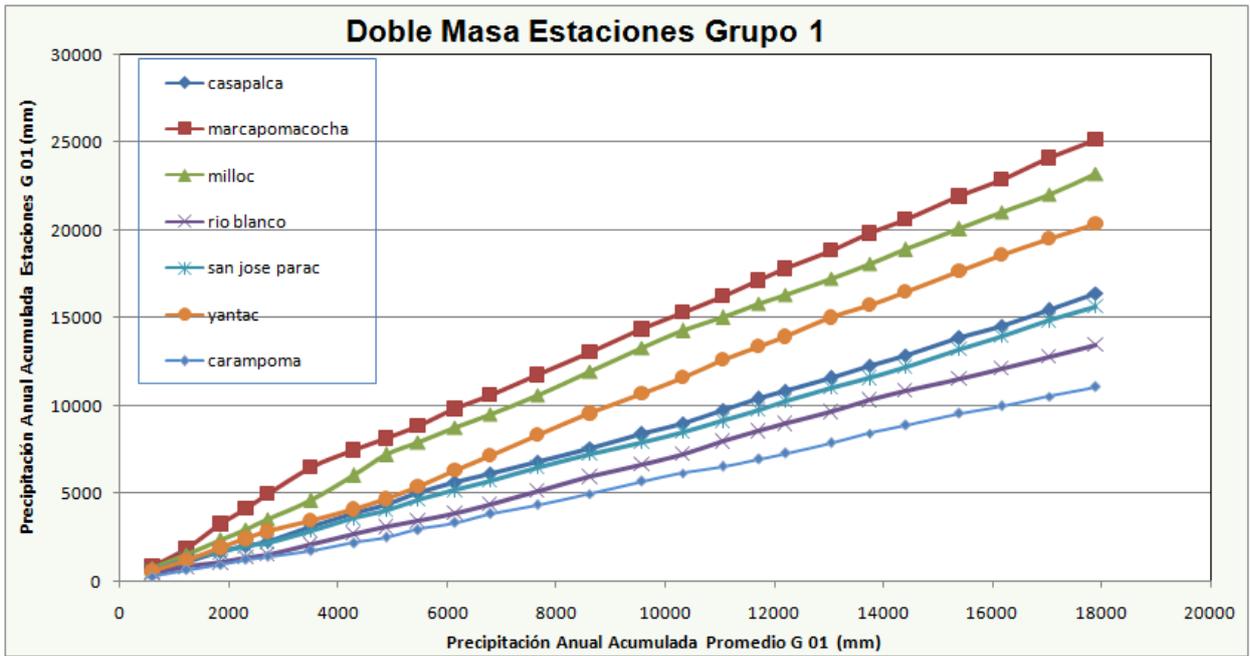
| FECHA | TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL INTERPOLADOS | | | | | | | | | | | |
|--------|---|--------|------------|-----------|--------|-----------|---------|----------|------------|-------------|---------------|---------|
| | Casapalca | Milloc | Rio Blanco | S J Parac | Sheque | Carampoma | Arahuay | Lachaqui | Stgo. Tuna | Canchacalla | Santa Eulalia | Autisha |
| ene-88 | 6.26 | 5.53 | 9.46 | 7.95 | 10.61 | 9.89 | 13.45 | 7.49 | 10.86 | 14.23 | 21.05 | 15.39 |
| feb-88 | 6.99 | 6.25 | 10.28 | 8.73 | 11.45 | 10.72 | 14.36 | 8.26 | 12.08 | 15.19 | 21.49 | 16.27 |
| mar-88 | 6.73 | 6.01 | 9.96 | 8.44 | 11.12 | 10.39 | 13.97 | 7.98 | 11.06 | 14.73 | 22.16 | 16.00 |
| abr-88 | 6.41 | 5.69 | 9.63 | 8.11 | 10.78 | 10.06 | 13.63 | 7.65 | 11.76 | 14.47 | 19.95 | 15.40 |
| may-88 | 5.83 | 5.03 | 9.36 | 7.69 | 10.62 | 9.83 | 13.75 | 7.19 | 12.28 | 14.72 | 19.67 | 15.57 |
| jun-88 | 4.51 | 3.57 | 8.65 | 6.69 | 10.13 | 9.20 | 13.81 | 6.10 | 13.12 | 15.03 | 18.90 | 15.69 |
| jul-88 | 5.07 | 4.16 | 8.24 | 6.07 | 9.89 | 8.86 | 13.95 | 5.42 | 12.98 | 15.29 | 19.98 | 16.09 |
| ago-88 | 4.57 | 3.63 | 8.77 | 6.79 | 10.27 | 9.33 | 13.99 | 6.19 | 12.93 | 15.20 | 19.78 | 15.98 |
| sep-88 | 5.72 | 4.92 | 9.26 | 7.59 | 10.53 | 9.74 | 13.67 | 7.09 | 12.85 | 14.69 | 18.43 | 15.33 |
| oct-88 | 6.30 | 5.50 | 9.85 | 8.17 | 11.12 | 10.32 | 14.26 | 7.66 | 13.28 | 15.28 | 19.33 | 15.97 |
| nov-88 | 6.19 | 5.40 | 9.69 | 8.04 | 10.94 | 10.16 | 14.04 | 7.54 | 12.16 | 14.97 | 20.66 | 15.94 |
| dic-88 | 5.89 | 5.04 | 9.65 | 7.87 | 11.00 | 10.15 | 14.33 | 7.33 | 13.38 | 15.42 | 19.53 | 16.12 |
| ene-89 | 5.99 | 5.21 | 9.44 | 7.81 | 10.68 | 9.91 | 13.75 | 7.32 | 12.07 | 14.68 | 19.96 | 15.58 |
| feb-89 | 5.90 | 5.06 | 9.62 | 7.86 | 10.95 | 10.12 | 14.25 | 7.33 | 12.13 | 15.22 | 21.49 | 16.29 |
| mar-89 | 5.95 | 5.10 | 9.69 | 7.92 | 11.03 | 10.19 | 14.34 | 7.39 | 11.89 | 15.30 | 22.18 | 16.47 |
| abr-89 | 6.12 | 5.32 | 9.68 | 8.00 | 10.95 | 10.15 | 14.10 | 7.49 | 12.83 | 15.10 | 19.68 | 15.88 |
| may-89 | 5.14 | 4.23 | 9.15 | 7.25 | 10.59 | 9.69 | 14.15 | 6.68 | 12.98 | 15.29 | 19.98 | 16.09 |
| jun-89 | 4.86 | 3.96 | 8.83 | 6.95 | 10.25 | 9.36 | 13.76 | 6.39 | 12.47 | 14.88 | 19.77 | 15.72 |
| jul-89 | 4.16 | 3.76 | 8.17 | 6.58 | 9.61 | 8.71 | 13.16 | 5.71 | 11.34 | 14.25 | 20.14 | 15.26 |
| ago-89 | 4.33 | 3.84 | 8.26 | 6.40 | 9.67 | 8.78 | 13.15 | 5.84 | 11.49 | 14.23 | 19.75 | 15.17 |
| sep-89 | 5.78 | 5.01 | 9.19 | 7.58 | 10.41 | 9.65 | 13.43 | 7.09 | 11.45 | 14.32 | 20.14 | 15.32 |
| oct-89 | 6.18 | 5.38 | 9.70 | 8.03 | 10.96 | 10.17 | 14.08 | 7.53 | 12.91 | 15.07 | 19.43 | 15.81 |
| nov-89 | 6.11 | 5.36 | 9.42 | 7.86 | 10.60 | 9.86 | 13.54 | 7.38 | 11.20 | 14.37 | 20.78 | 15.46 |
| dic-89 | 6.53 | 5.83 | 9.63 | 8.17 | 10.74 | 10.04 | 13.48 | 7.72 | 11.71 | 14.29 | 19.50 | 15.18 |
| ene-90 | 6.41 | 5.62 | 9.89 | 8.24 | 11.13 | 10.35 | 14.22 | 7.75 | 12.28 | 15.13 | 20.92 | 16.12 |
| feb-90 | 6.34 | 5.55 | 9.83 | 8.18 | 11.09 | 10.30 | 14.18 | 7.68 | 11.27 | 15.02 | 22.62 | 16.32 |
| mar-90 | 6.29 | 5.46 | 9.97 | 8.23 | 11.29 | 10.47 | 14.56 | 7.71 | 11.95 | 15.48 | 22.64 | 16.71 |
| abr-90 | 6.58 | 5.77 | 10.16 | 8.47 | 11.44 | 10.64 | 14.61 | 7.96 | 12.26 | 15.53 | 22.13 | 16.66 |
| may-90 | 6.00 | 5.21 | 9.51 | 7.85 | 10.76 | 9.98 | 13.87 | 7.35 | 12.32 | 14.83 | 19.90 | 15.69 |
| jun-90 | 5.38 | 4.48 | 9.36 | 7.48 | 10.79 | 9.89 | 14.32 | 6.91 | 12.51 | 15.40 | 21.24 | 16.40 |
| jul-90 | 4.82 | 3.90 | 8.88 | 6.97 | 10.34 | 9.43 | 13.94 | 6.38 | 12.80 | 15.10 | 19.78 | 15.90 |
| ago-90 | 4.59 | 3.68 | 8.62 | 6.72 | 10.07 | 9.16 | 13.64 | 6.14 | 11.90 | 14.75 | 20.50 | 15.73 |
| sep-90 | 5.21 | 4.32 | 9.14 | 7.28 | 10.55 | 9.66 | 14.03 | 6.72 | 13.12 | 15.17 | 19.31 | 15.87 |
| oct-90 | 5.87 | 5.02 | 9.61 | 7.84 | 10.95 | 10.11 | 14.26 | 7.31 | 13.61 | 15.36 | 18.91 | 15.97 |
| nov-90 | 6.32 | 5.51 | 9.89 | 8.20 | 11.18 | 10.37 | 14.35 | 7.69 | 13.26 | 15.36 | 19.61 | 16.09 |
| dic-90 | 6.01 | 5.15 | 9.82 | 8.02 | 11.18 | 10.33 | 14.56 | 7.48 | 13.14 | 15.62 | 20.63 | 16.47 |
| ene-91 | 7.16 | 6.37 | 10.64 | 9.00 | 11.89 | 11.11 | 14.98 | 8.50 | 13.09 | 15.90 | 21.59 | 16.87 |
| feb-91 | 6.02 | 5.15 | 9.90 | 8.07 | 11.29 | 10.42 | 14.73 | 7.52 | 12.64 | 15.76 | 22.08 | 16.84 |
| mar-91 | 5.51 | 4.61 | 9.48 | 7.61 | 10.90 | 10.01 | 14.42 | 7.04 | 12.04 | 15.45 | 22.37 | 16.64 |
| abr-91 | 6.03 | 5.13 | 9.99 | 8.12 | 11.41 | 10.52 | 14.92 | 7.55 | 13.19 | 16.00 | 21.69 | 16.97 |
| may-91 | 5.86 | 4.92 | 9.99 | 8.04 | 11.48 | 10.55 | 15.15 | 7.45 | 14.91 | 16.41 | 19.44 | 16.92 |
| jun-91 | 5.14 | 4.14 | 9.59 | 7.49 | 11.19 | 10.19 | 15.13 | 6.86 | 14.78 | 16.48 | 19.91 | 17.06 |
| jul-91 | 4.31 | 3.56 | 8.93 | 6.75 | 10.59 | 9.56 | 14.69 | 6.09 | 14.25 | 16.09 | 19.80 | 16.72 |
| ago-91 | 4.32 | 3.67 | 8.98 | 6.78 | 10.65 | 9.61 | 14.78 | 6.11 | 14.19 | 16.17 | 20.19 | 16.86 |
| sep-91 | 5.25 | 4.29 | 9.51 | 7.50 | 11.04 | 10.09 | 14.82 | 6.89 | 14.27 | 16.10 | 19.80 | 16.73 |
| oct-91 | 6.48 | 5.63 | 10.27 | 8.48 | 11.62 | 10.77 | 14.98 | 7.94 | 14.57 | 16.11 | 19.23 | 16.64 |
| nov-91 | 6.52 | 5.64 | 10.41 | 8.57 | 11.80 | 10.93 | 15.25 | 8.01 | 14.94 | 16.43 | 19.44 | 16.94 |
| dic-91 | 6.95 | 6.10 | 10.69 | 8.92 | 12.03 | 11.19 | 15.34 | 8.39 | 13.19 | 16.32 | 22.66 | 17.40 |
| ene-92 | 6.65 | 5.78 | 10.53 | 8.70 | 11.92 | 11.05 | 15.35 | 8.14 | 14.78 | 16.51 | 20.01 | 17.10 |
| feb-92 | 6.44 | 5.53 | 10.48 | 8.57 | 11.92 | 11.02 | 15.50 | 8.00 | 13.97 | 16.62 | 21.99 | 17.54 |
| mar-92 | 6.96 | 6.11 | 10.71 | 8.94 | 12.06 | 11.22 | 15.39 | 8.41 | 13.25 | 16.37 | 22.69 | 17.45 |
| abr-92 | 7.13 | 6.28 | 10.89 | 9.12 | 12.24 | 11.39 | 15.57 | 8.58 | 15.04 | 16.68 | 20.01 | 17.25 |
| may-92 | 6.13 | 5.30 | 9.76 | 8.04 | 11.06 | 10.25 | 14.29 | 7.52 | 13.10 | 15.31 | 19.78 | 16.08 |
| jun-92 | 5.04 | 4.15 | 8.99 | 7.13 | 10.41 | 9.52 | 13.91 | 6.56 | 12.69 | 15.03 | 19.77 | 15.84 |
| jul-92 | 3.89 | 2.80 | 8.70 | 6.42 | 10.42 | 9.34 | 14.68 | 5.74 | 14.11 | 16.12 | 20.19 | 16.82 |
| ago-92 | 4.67 | 3.62 | 9.29 | 7.11 | 10.95 | 9.91 | 15.04 | 6.45 | 15.77 | 16.53 | 18.08 | 16.80 |
| sep-92 | 5.39 | 4.39 | 9.81 | 7.72 | 11.39 | 10.40 | 15.31 | 7.09 | 15.85 | 16.72 | 18.49 | 17.02 |
| oct-92 | 5.82 | 4.88 | 9.95 | 8.00 | 11.44 | 10.51 | 15.11 | 7.41 | 14.60 | 16.34 | 19.88 | 16.95 |
| nov-92 | 6.42 | 5.53 | 10.36 | 8.50 | 11.78 | 10.89 | 15.27 | 7.94 | 13.96 | 16.38 | 21.29 | 17.22 |
| dic-92 | 6.76 | 5.93 | 10.46 | 8.71 | 11.78 | 10.95 | 15.06 | 8.19 | 14.23 | 16.13 | 19.98 | 16.79 |
| ene-93 | 5.96 | 5.07 | 9.89 | 8.03 | 11.30 | 10.41 | 14.78 | 7.47 | 13.13 | 15.86 | 21.38 | 16.80 |
| feb-93 | 6.21 | 5.38 | 9.88 | 8.15 | 11.20 | 10.37 | 14.45 | 7.62 | 12.11 | 15.40 | 22.05 | 16.53 |
| mar-93 | 6.31 | 5.44 | 10.13 | 8.33 | 11.51 | 10.65 | 14.90 | 7.78 | 13.10 | 15.94 | 21.67 | 16.92 |
| abr-93 | 6.38 | 5.52 | 10.21 | 8.40 | 11.58 | 10.72 | 14.96 | 7.86 | 13.14 | 15.99 | 21.77 | 16.98 |
| may-93 | 6.74 | 5.89 | 10.53 | 8.74 | 11.89 | 11.04 | 15.24 | 8.20 | 14.55 | 16.36 | 20.03 | 16.98 |
| jun-93 | 7.21 | 6.38 | 10.90 | 9.16 | 12.23 | 11.40 | 15.50 | 8.63 | 15.38 | 16.63 | 19.16 | 17.06 |
| jul-93 | 6.64 | 5.77 | 10.47 | 8.66 | 11.85 | 10.99 | 15.25 | 8.11 | 14.74 | 16.39 | 19.73 | 16.96 |
| ago-93 | 5.88 | 4.94 | 10.08 | 8.10 | 11.59 | 10.64 | 15.31 | 7.50 | 14.87 | 16.57 | 20.01 | 17.16 |
| sep-93 | 5.95 | 5.02 | 10.09 | 8.14 | 11.57 | 10.64 | 15.24 | 7.55 | 15.54 | 16.54 | 18.57 | 16.89 |
| oct-93 | 6.17 | 5.27 | 10.15 | 8.27 | 11.58 | 10.68 | 15.11 | 7.70 | 15.66 | 16.38 | 17.86 | 16.64 |
| nov-93 | 6.74 | 5.91 | 10.42 | 8.68 | 11.74 | 10.92 | 15.01 | 8.16 | 14.25 | 16.09 | 19.80 | 16.72 |
| dic-93 | 6.80 | 6.02 | 10.24 | 8.62 | 11.48 | 10.71 | 14.54 | 8.12 | 13.28 | 15.50 | 20.00 | 16.27 |
| ene-94 | 6.66 | 5.83 | 10.30 | 8.58 | 11.61 | 10.79 | 14.83 | 8.06 | 13.60 | 15.86 | 20.43 | 16.64 |
| feb-94 | 6.46 | 5.64 | 10.08 | 8.37 | 11.38 | 10.56 | 14.58 | 7.85 | 12.60 | 15.54 | 21.49 | 16.55 |
| mar-94 | 6.36 | 5.50 | 10.18 | 8.38 | 11.54 | 10.69 | 14.93 | 7.83 | 12.80 | 15.93 | 22.27 | 17.01 |
| abr-94 | 6.58 | 5.74 | 10.31 | 8.55 | 11.65 | 10.81 | 14.95 | 8.02 | 13.18 | 15.96 | 21.60 | 16.92 |
| may-94 | 6.22 | 5.34 | 10.13 | 8.29 | 11.54 | 10.66 | 15.00 | 7.73 | 14.65 | 16.18 | 19.28 | 16.71 |
| jun-94 | 4.81 | 3.92 | 8.79 | 6.92 | 10.22 | 9.33 | 13.75 | 6.35 | 11.69 | 14.81 | 21.13 | 15.89 |

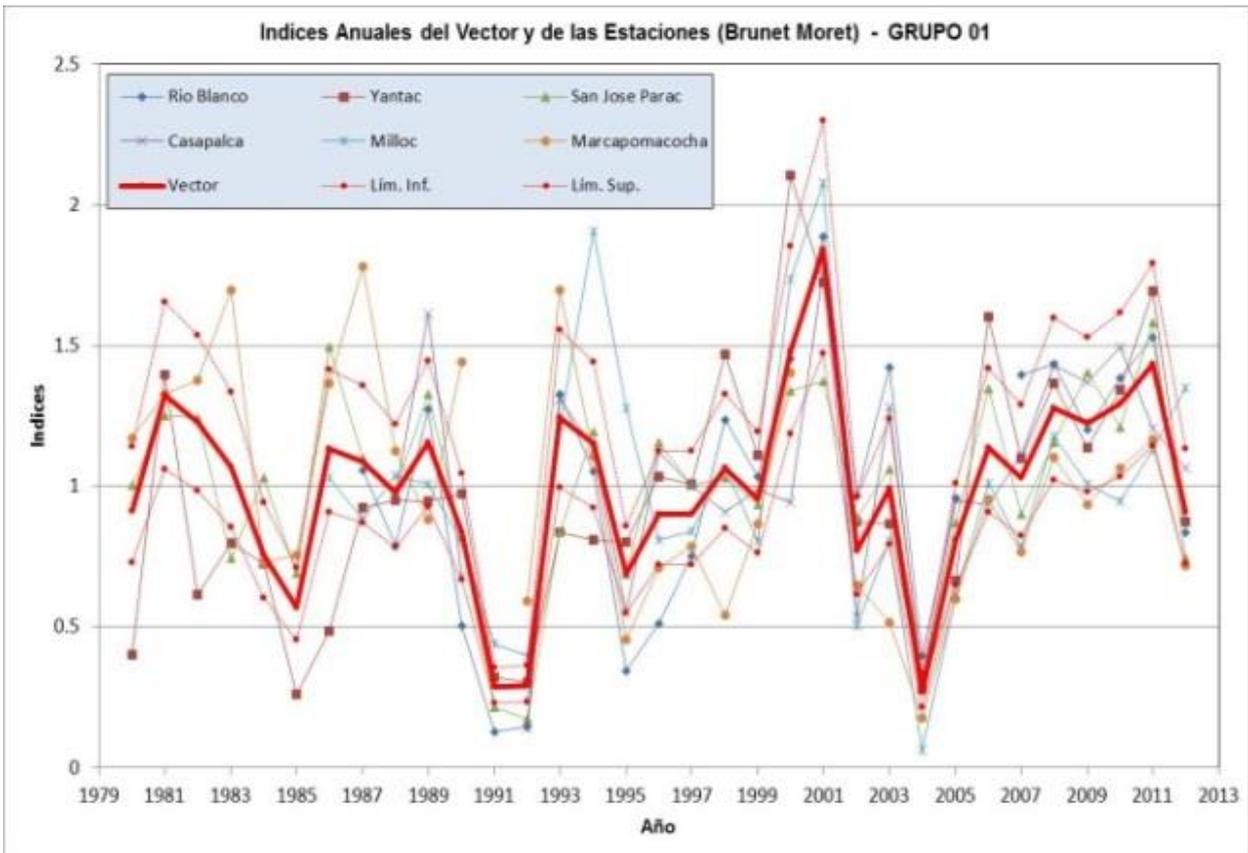
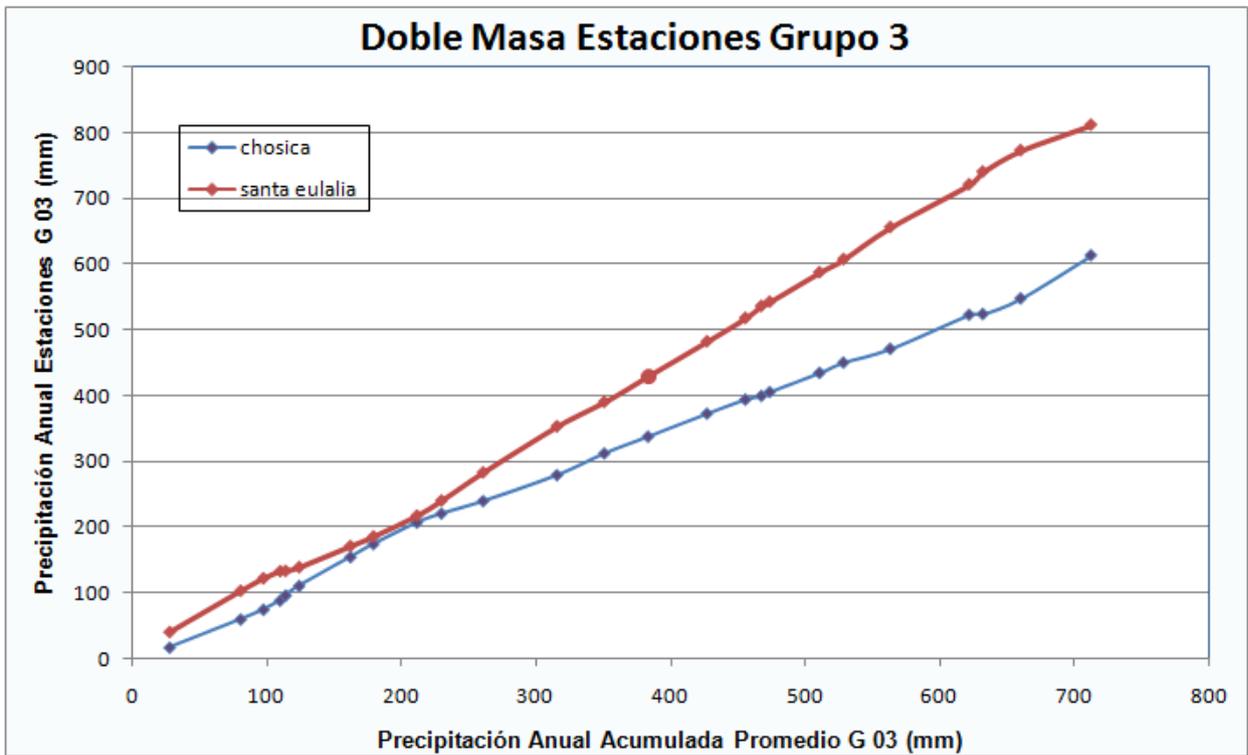
| FECHA | Casapalca | Milloc | Rio Blanco | S J Parac | Sheque | Carampoma | Arahuay | Lachaqui | Stgo. Tuna | Canchacalla | Santa Eulalia | Autisha |
|--------|-----------|--------|------------|-----------|--------|-----------|---------|----------|------------|-------------|---------------|---------|
| jul-94 | 4.66 | 3.68 | 8.99 | 6.95 | 10.55 | 9.57 | 14.39 | 6.33 | 13.41 | 15.65 | 20.18 | 16.42 |
| ago-94 | 4.70 | 3.73 | 8.98 | 6.96 | 10.52 | 9.56 | 14.32 | 6.35 | 13.71 | 15.59 | 19.40 | 16.24 |
| sep-94 | 5.98 | 5.08 | 9.96 | 8.08 | 11.39 | 10.49 | 14.92 | 7.51 | 15.21 | 16.17 | 18.12 | 16.51 |
| oct-94 | 6.45 | 5.59 | 10.26 | 8.46 | 11.63 | 10.77 | 15.01 | 7.92 | 14.82 | 16.17 | 18.89 | 16.63 |
| nov-94 | 6.28 | 5.41 | 10.13 | 8.31 | 11.51 | 10.64 | 14.92 | 7.76 | 14.05 | 16.03 | 20.05 | 16.72 |
| dic-94 | 7.75 | 7.04 | 10.91 | 9.42 | 12.05 | 11.34 | 14.85 | 8.97 | 13.20 | 15.69 | 20.72 | 16.55 |
| ene-95 | 7.04 | 6.22 | 10.64 | 8.94 | 11.94 | 11.13 | 15.14 | 8.42 | 13.20 | 16.09 | 21.95 | 17.09 |
| feb-95 | 6.71 | 5.88 | 10.41 | 8.66 | 11.73 | 10.90 | 15.01 | 8.14 | 12.76 | 15.96 | 22.44 | 17.07 |
| mar-95 | 6.64 | 5.81 | 10.30 | 8.57 | 11.62 | 10.79 | 14.87 | 8.05 | 12.69 | 15.82 | 22.15 | 16.90 |
| abr-95 | 6.51 | 5.69 | 10.16 | 8.44 | 11.47 | 10.65 | 14.71 | 7.92 | 12.51 | 15.66 | 22.03 | 16.75 |
| may-95 | 5.78 | 4.90 | 9.64 | 7.81 | 11.02 | 10.15 | 14.44 | 7.26 | 13.49 | 15.56 | 19.73 | 16.27 |
| jun-95 | 5.34 | 4.47 | 9.21 | 7.38 | 10.60 | 9.73 | 14.03 | 6.83 | 12.72 | 15.12 | 19.97 | 15.94 |
| jul-95 | 5.19 | 4.33 | 8.99 | 7.20 | 10.36 | 9.50 | 13.73 | 6.65 | 12.33 | 14.79 | 19.77 | 15.64 |
| ago-95 | 5.70 | 4.85 | 9.44 | 7.67 | 10.78 | 9.94 | 14.10 | 7.14 | 12.76 | 15.15 | 19.97 | 15.97 |
| sep-95 | 6.27 | 5.42 | 10.05 | 8.27 | 11.41 | 10.56 | 14.76 | 7.73 | 13.58 | 15.83 | 20.38 | 16.61 |
| oct-95 | 6.73 | 5.93 | 10.29 | 8.61 | 11.57 | 10.77 | 14.72 | 8.10 | 13.89 | 15.75 | 19.53 | 16.40 |
| nov-95 | 6.86 | 6.03 | 10.53 | 8.80 | 11.85 | 11.02 | 15.10 | 8.27 | 14.42 | 16.18 | 19.74 | 16.79 |
| dic-95 | 6.26 | 5.44 | 9.91 | 8.19 | 11.22 | 10.40 | 14.45 | 7.66 | 12.67 | 15.43 | 21.03 | 16.39 |
| ene-96 | 6.55 | 5.82 | 9.81 | 8.27 | 10.98 | 10.25 | 13.86 | 7.81 | 12.14 | 14.73 | 19.96 | 15.62 |
| feb-96 | 6.64 | 5.91 | 9.85 | 8.33 | 11.00 | 10.28 | 13.85 | 7.88 | 11.29 | 14.63 | 21.40 | 15.79 |
| mar-96 | 6.89 | 6.19 | 9.96 | 8.51 | 11.06 | 10.37 | 13.79 | 8.07 | 10.73 | 14.48 | 22.08 | 15.78 |
| abr-96 | 6.47 | 5.66 | 10.05 | 8.36 | 11.34 | 10.53 | 14.51 | 7.85 | 14.50 | 15.62 | 17.89 | 16.01 |
| may-96 | 5.91 | 5.05 | 9.70 | 7.91 | 11.06 | 10.21 | 14.42 | 7.37 | 13.12 | 15.49 | 20.27 | 16.31 |
| jun-96 | 4.77 | 3.85 | 8.82 | 6.90 | 10.27 | 9.36 | 13.86 | 6.32 | 12.66 | 15.01 | 19.77 | 15.82 |
| jul-96 | 4.51 | 3.62 | 8.46 | 6.60 | 9.87 | 8.99 | 13.37 | 6.03 | 11.19 | 14.41 | 20.93 | 15.52 |
| ago-96 | 5.35 | 4.48 | 9.17 | 7.36 | 10.54 | 9.68 | 13.93 | 6.82 | 13.88 | 15.11 | 17.60 | 15.53 |
| sep-96 | 6.03 | 5.15 | 9.94 | 8.09 | 11.34 | 10.46 | 14.80 | 7.54 | 15.05 | 16.03 | 18.01 | 16.37 |
| oct-96 | 6.62 | 5.77 | 10.39 | 8.61 | 11.75 | 10.90 | 15.09 | 8.07 | 14.66 | 16.22 | 19.39 | 16.76 |
| nov-96 | 6.32 | 5.49 | 9.95 | 8.23 | 11.25 | 10.44 | 14.48 | 7.71 | 12.86 | 15.47 | 20.74 | 16.37 |
| dic-96 | 6.28 | 5.43 | 10.01 | 8.25 | 11.35 | 10.51 | 14.66 | 7.71 | 13.92 | 15.76 | 19.47 | 16.39 |
| ene-97 | 6.25 | 5.49 | 9.62 | 8.03 | 10.83 | 10.07 | 13.82 | 7.55 | 12.03 | 14.71 | 20.14 | 15.64 |
| feb-97 | 5.90 | 5.02 | 9.81 | 7.97 | 11.22 | 10.34 | 14.68 | 7.41 | 12.73 | 15.73 | 21.81 | 16.77 |
| mar-97 | 6.46 | 5.58 | 10.35 | 8.51 | 11.75 | 10.87 | 15.20 | 7.96 | 13.52 | 16.26 | 21.82 | 17.21 |
| abr-97 | 6.41 | 5.64 | 9.85 | 8.22 | 11.08 | 10.31 | 14.12 | 7.73 | 11.89 | 15.00 | 21.31 | 16.08 |
| may-97 | 5.66 | 4.78 | 9.56 | 7.72 | 10.95 | 10.08 | 14.41 | 7.16 | 13.77 | 15.56 | 19.19 | 16.18 |
| jun-97 | 4.85 | 4.00 | 8.58 | 6.82 | 9.92 | 9.08 | 13.23 | 6.28 | 13.06 | 14.37 | 17.03 | 14.83 |
| jul-97 | 4.93 | 3.97 | 9.18 | 7.17 | 10.70 | 9.75 | 14.47 | 6.57 | 13.38 | 15.69 | 20.38 | 16.49 |
| ago-97 | 4.98 | 4.02 | 9.22 | 7.21 | 10.74 | 9.78 | 14.49 | 6.61 | 13.75 | 15.74 | 19.78 | 16.43 |
| sep-97 | 5.73 | 4.83 | 9.68 | 7.81 | 11.10 | 10.21 | 14.61 | 7.25 | 14.43 | 15.82 | 18.62 | 16.29 |
| oct-97 | 6.83 | 6.00 | 10.46 | 8.75 | 11.77 | 10.95 | 14.99 | 8.23 | 15.08 | 16.13 | 18.24 | 16.49 |
| nov-97 | 6.81 | 6.03 | 10.23 | 8.62 | 11.46 | 10.69 | 14.50 | 8.13 | 13.82 | 15.50 | 18.90 | 16.08 |
| dic-97 | 7.03 | 6.28 | 10.35 | 8.79 | 11.54 | 10.80 | 14.48 | 8.31 | 13.20 | 15.40 | 19.86 | 16.16 |
| ene-98 | 7.58 | 6.80 | 11.03 | 9.40 | 12.27 | 11.50 | 15.34 | 8.91 | 14.36 | 16.32 | 20.31 | 17.00 |
| feb-98 | 8.45 | 7.75 | 11.56 | 10.09 | 12.67 | 11.97 | 15.42 | 9.64 | 13.88 | 16.26 | 21.07 | 17.08 |
| mar-98 | 7.88 | 7.14 | 11.14 | 9.60 | 12.30 | 11.57 | 15.19 | 9.13 | 14.94 | 16.18 | 18.68 | 16.61 |
| abr-98 | 8.24 | 7.49 | 11.53 | 9.97 | 12.71 | 11.97 | 15.62 | 9.50 | 14.55 | 16.55 | 20.60 | 17.24 |
| may-98 | 7.00 | 6.18 | 10.66 | 8.93 | 11.97 | 11.15 | 15.22 | 8.41 | 14.71 | 16.31 | 19.54 | 16.86 |
| jun-98 | 6.12 | 5.29 | 9.76 | 8.04 | 11.07 | 10.25 | 14.29 | 7.52 | 14.55 | 15.44 | 17.24 | 15.75 |
| jul-98 | 5.15 | 4.32 | 8.78 | 7.06 | 10.08 | 9.27 | 13.31 | 6.54 | 11.59 | 14.29 | 19.75 | 15.22 |
| ago-98 | 6.05 | 5.33 | 9.23 | 7.73 | 10.37 | 9.66 | 13.19 | 7.27 | 10.46 | 13.95 | 21.01 | 15.15 |
| sep-98 | 6.38 | 5.63 | 9.73 | 8.15 | 10.93 | 10.18 | 13.89 | 7.67 | 12.02 | 14.77 | 20.35 | 15.73 |
| oct-98 | 6.65 | 5.88 | 10.08 | 8.46 | 11.31 | 10.54 | 14.35 | 7.97 | 13.41 | 15.34 | 19.23 | 16.00 |
| nov-98 | 6.74 | 6.05 | 9.80 | 8.35 | 10.89 | 10.21 | 13.60 | 7.92 | 11.74 | 14.39 | 19.76 | 15.31 |
| dic-98 | 6.52 | 5.81 | 9.66 | 8.18 | 10.79 | 10.08 | 13.57 | 7.73 | 11.78 | 14.40 | 19.69 | 15.30 |
| ene-99 | 6.18 | 5.36 | 9.79 | 8.08 | 11.08 | 10.27 | 14.28 | 7.57 | 12.52 | 15.26 | 20.80 | 16.20 |
| feb-99 | 5.65 | 4.77 | 9.50 | 7.68 | 10.88 | 10.02 | 14.30 | 7.13 | 12.35 | 15.33 | 21.38 | 16.37 |
| mar-99 | 6.18 | 5.40 | 9.63 | 8.00 | 10.87 | 10.10 | 13.94 | 7.51 | 11.14 | 14.78 | 22.13 | 16.03 |
| abr-99 | 6.18 | 5.38 | 9.75 | 8.07 | 11.03 | 10.23 | 14.20 | 7.56 | 11.60 | 15.09 | 22.14 | 16.29 |
| may-99 | 5.78 | 4.93 | 9.54 | 7.76 | 10.89 | 10.05 | 14.23 | 7.23 | 13.33 | 15.32 | 19.36 | 16.01 |
| jun-99 | 5.28 | 4.38 | 9.25 | 7.38 | 10.67 | 9.78 | 14.19 | 6.81 | 13.92 | 15.40 | 18.40 | 15.91 |
| jul-99 | 4.48 | 3.49 | 8.87 | 6.80 | 10.44 | 9.45 | 14.32 | 6.17 | 13.61 | 15.62 | 19.69 | 16.32 |
| ago-99 | 4.89 | 3.92 | 9.15 | 7.14 | 10.68 | 9.72 | 14.46 | 6.53 | 14.76 | 15.81 | 17.93 | 16.17 |
| sep-99 | 5.84 | 4.99 | 9.58 | 7.81 | 10.92 | 10.08 | 14.24 | 7.28 | 12.73 | 15.27 | 20.41 | 16.15 |
| oct-99 | 5.51 | 4.62 | 9.46 | 7.60 | 10.87 | 9.99 | 14.37 | 7.03 | 13.10 | 15.49 | 20.32 | 16.31 |
| nov-99 | 6.47 | 5.67 | 10.01 | 8.34 | 11.28 | 10.48 | 14.41 | 7.83 | 12.73 | 15.36 | 20.70 | 16.28 |
| dic-99 | 6.74 | 5.97 | 10.13 | 8.53 | 11.35 | 10.59 | 14.36 | 8.04 | 12.03 | 15.22 | 21.66 | 16.32 |
| ene-00 | 5.86 | 5.03 | 9.56 | 7.81 | 10.88 | 10.05 | 14.16 | 7.29 | 11.81 | 15.11 | 21.77 | 16.24 |
| feb-00 | 5.72 | 4.87 | 9.51 | 7.72 | 10.87 | 10.02 | 14.22 | 7.18 | 11.58 | 15.18 | 22.47 | 16.42 |
| mar-00 | 5.81 | 4.96 | 9.60 | 7.81 | 10.96 | 10.11 | 14.32 | 7.27 | 11.95 | 15.30 | 22.07 | 16.46 |
| abr-00 | 6.04 | 5.22 | 9.71 | 7.98 | 11.02 | 10.20 | 14.27 | 7.45 | 11.74 | 15.19 | 22.17 | 16.38 |
| may-00 | 5.89 | 5.14 | 9.23 | 7.66 | 10.43 | 9.68 | 13.39 | 7.18 | 11.23 | 14.25 | 20.36 | 15.29 |
| jun-00 | 5.16 | 4.28 | 9.02 | 7.20 | 10.41 | 9.54 | 13.83 | 6.64 | 12.68 | 14.93 | 19.48 | 15.71 |
| jul-00 | 4.50 | 3.60 | 8.48 | 6.60 | 9.91 | 9.01 | 13.44 | 6.03 | 11.87 | 14.54 | 19.96 | 15.47 |
| ago-00 | 4.88 | 3.98 | 8.87 | 6.98 | 10.30 | 9.40 | 13.84 | 6.41 | 12.37 | 14.95 | 20.16 | 15.84 |
| sep-00 | 5.88 | 5.10 | 9.36 | 7.71 | 10.60 | 9.82 | 13.68 | 7.22 | 12.58 | 14.66 | 18.87 | 15.38 |
| oct-00 | 5.99 | 5.07 | 10.07 | 8.14 | 11.54 | 10.62 | 15.15 | 7.56 | 14.46 | 16.36 | 20.20 | 17.02 |
| nov-00 | 6.61 | 5.85 | 9.97 | 8.38 | 11.18 | 10.42 | 14.16 | 7.90 | 12.76 | 15.08 | 19.78 | 15.88 |
| dic-00 | 6.90 | 6.12 | 10.35 | 8.72 | 11.59 | 10.82 | 14.66 | 8.23 | 13.25 | 15.61 | 20.39 | 16.43 |

| FECHA | Casapalca | Milloc | Rio Blanco | S J Parac | Sheque | Carampoma | Arahuay | Lachaqui | Stgo. Tuna | Canchacalla | Santa Eulalia | Autisha |
|--------|-----------|--------|------------|-----------|--------|-----------|---------|----------|------------|-------------|---------------|---------|
| ene-01 | 6.67 | 5.97 | 9.78 | 8.31 | 10.89 | 10.20 | 13.64 | 7.87 | 11.29 | 14.41 | 20.73 | 15.49 |
| feb-01 | 6.63 | 5.85 | 10.05 | 8.43 | 11.27 | 10.51 | 14.31 | 7.94 | 11.93 | 15.17 | 21.73 | 16.29 |
| mar-01 | 6.58 | 5.84 | 9.84 | 8.30 | 11.00 | 10.27 | 13.89 | 7.83 | 11.04 | 14.67 | 22.00 | 15.92 |
| abr-01 | 6.17 | 5.34 | 9.81 | 8.09 | 11.12 | 10.30 | 14.34 | 7.57 | 12.76 | 15.34 | 20.56 | 16.23 |
| may-01 | 6.07 | 5.23 | 9.76 | 8.01 | 11.08 | 10.25 | 14.36 | 7.49 | 14.01 | 15.47 | 18.42 | 15.97 |
| jun-01 | 4.79 | 3.86 | 8.92 | 6.97 | 10.40 | 9.47 | 14.06 | 6.38 | 13.01 | 15.25 | 19.78 | 16.02 |
| jul-01 | 4.88 | 4.00 | 8.79 | 6.95 | 10.20 | 9.32 | 13.66 | 6.39 | 12.07 | 14.74 | 20.16 | 15.67 |
| ago-01 | 5.17 | 4.22 | 9.34 | 7.37 | 10.84 | 9.90 | 14.53 | 6.77 | 13.39 | 15.73 | 20.47 | 16.54 |
| sep-01 | 6.34 | 5.49 | 10.10 | 8.33 | 11.45 | 10.60 | 14.78 | 7.79 | 14.09 | 15.88 | 19.50 | 16.50 |
| oct-01 | 7.13 | 6.29 | 10.86 | 9.10 | 12.19 | 11.36 | 15.50 | 8.57 | 15.41 | 16.64 | 19.13 | 17.07 |
| nov-01 | 7.09 | 6.39 | 10.21 | 8.74 | 11.33 | 10.63 | 14.10 | 8.29 | 12.71 | 14.95 | 19.48 | 15.72 |
| dic-01 | 7.32 | 6.53 | 10.80 | 9.16 | 12.05 | 11.27 | 15.14 | 8.66 | 14.07 | 16.13 | 20.29 | 16.84 |
| ene-02 | 7.23 | 6.48 | 10.57 | 8.99 | 11.76 | 11.01 | 14.72 | 8.51 | 12.57 | 15.57 | 21.64 | 16.61 |
| feb-02 | 7.05 | 6.32 | 10.26 | 8.74 | 11.41 | 10.69 | 14.26 | 8.29 | 11.91 | 15.06 | 21.43 | 16.15 |
| mar-02 | 7.06 | 6.30 | 10.41 | 8.82 | 11.61 | 10.86 | 14.58 | 8.35 | 11.93 | 15.40 | 22.41 | 16.60 |
| abr-02 | 6.77 | 6.02 | 10.10 | 8.52 | 11.29 | 10.54 | 14.24 | 8.05 | 12.60 | 15.13 | 20.26 | 16.01 |
| may-02 | 6.39 | 5.56 | 10.02 | 8.30 | 11.32 | 10.51 | 14.55 | 7.78 | 13.67 | 15.60 | 19.50 | 16.26 |
| jun-02 | 5.43 | 4.58 | 9.21 | 7.42 | 10.56 | 9.71 | 13.91 | 6.88 | 12.37 | 14.95 | 20.16 | 15.84 |
| jul-02 | 5.01 | 4.12 | 8.95 | 7.09 | 10.36 | 9.48 | 13.85 | 6.53 | 12.65 | 14.97 | 19.67 | 15.78 |
| ago-02 | 5.30 | 4.35 | 9.50 | 7.52 | 11.01 | 10.07 | 14.74 | 6.92 | 13.78 | 15.96 | 20.38 | 16.72 |
| sep-02 | 6.07 | 5.19 | 9.97 | 8.13 | 11.37 | 10.50 | 14.84 | 7.57 | 14.26 | 15.99 | 19.51 | 16.59 |
| oct-02 | 6.67 | 5.86 | 10.26 | 8.56 | 11.54 | 10.74 | 14.72 | 8.05 | 13.97 | 15.77 | 19.40 | 16.39 |
| nov-02 | 6.97 | 6.18 | 10.45 | 8.80 | 11.69 | 10.91 | 14.78 | 8.31 | 13.95 | 15.79 | 19.50 | 16.42 |
| dic-02 | 7.63 | 6.85 | 11.04 | 9.43 | 12.27 | 11.50 | 15.30 | 8.94 | 14.50 | 16.29 | 19.90 | 16.91 |
| ene-03 | 7.73 | 7.02 | 10.89 | 9.40 | 12.02 | 11.31 | 14.82 | 8.95 | 13.13 | 15.65 | 20.76 | 16.53 |
| feb-03 | 7.20 | 6.44 | 10.58 | 8.99 | 11.80 | 11.04 | 14.79 | 8.50 | 12.77 | 15.67 | 21.54 | 16.67 |
| mar-03 | 6.72 | 5.92 | 10.24 | 8.58 | 11.50 | 10.71 | 14.62 | 8.07 | 13.95 | 15.66 | 19.11 | 16.25 |
| abr-03 | 6.89 | 6.07 | 10.52 | 8.81 | 11.82 | 11.01 | 15.04 | 8.29 | 13.55 | 16.04 | 21.07 | 16.90 |
| may-03 | 6.33 | 5.48 | 10.07 | 8.30 | 11.41 | 10.57 | 14.72 | 7.77 | 13.72 | 15.79 | 19.99 | 16.51 |
| jun-03 | 5.87 | 5.05 | 9.50 | 7.78 | 10.80 | 9.98 | 14.01 | 7.27 | 13.88 | 15.12 | 17.63 | 15.55 |
| jul-03 | 4.94 | 4.05 | 8.88 | 7.02 | 10.29 | 9.41 | 13.78 | 6.46 | 12.49 | 14.89 | 19.77 | 15.73 |
| ago-03 | 5.35 | 4.45 | 9.30 | 7.43 | 10.72 | 9.83 | 14.22 | 6.87 | 12.95 | 15.34 | 20.17 | 16.16 |
| sep-03 | 5.70 | 4.79 | 9.73 | 7.83 | 11.17 | 10.27 | 14.74 | 7.25 | 15.11 | 16.02 | 17.85 | 16.33 |
| oct-03 | 7.04 | 6.23 | 10.63 | 8.93 | 11.91 | 11.11 | 15.09 | 8.42 | 14.38 | 16.14 | 19.71 | 16.75 |
| nov-03 | 6.80 | 5.99 | 10.38 | 8.69 | 11.67 | 10.86 | 14.84 | 8.18 | 14.43 | 15.92 | 18.92 | 16.43 |
| dic-03 | 7.22 | 6.51 | 10.37 | 8.89 | 11.50 | 10.80 | 14.30 | 8.43 | 12.65 | 15.14 | 20.17 | 16.00 |
| ene-04 | 7.09 | 6.36 | 10.30 | 8.78 | 11.45 | 10.73 | 14.30 | 8.33 | 12.03 | 15.10 | 21.33 | 16.17 |
| feb-04 | 6.98 | 6.26 | 10.17 | 8.66 | 11.31 | 10.59 | 14.13 | 8.21 | 11.47 | 14.89 | 21.82 | 16.08 |
| mar-04 | 7.13 | 6.33 | 10.70 | 9.02 | 11.98 | 11.18 | 15.14 | 8.51 | 13.07 | 16.07 | 22.14 | 17.11 |
| abr-04 | 6.38 | 5.58 | 9.92 | 8.25 | 11.19 | 10.39 | 14.32 | 7.74 | 12.17 | 15.24 | 21.43 | 16.29 |
| may-04 | 6.11 | 5.28 | 9.80 | 8.06 | 11.12 | 10.29 | 14.39 | 7.53 | 13.62 | 15.47 | 19.20 | 16.10 |
| jun-04 | 4.76 | 3.81 | 8.94 | 6.96 | 10.44 | 9.50 | 14.14 | 6.37 | 13.06 | 15.35 | 19.98 | 16.14 |
| jul-04 | 4.59 | 3.72 | 8.46 | 6.63 | 9.85 | 8.98 | 13.28 | 6.08 | 11.67 | 14.34 | 19.76 | 15.27 |
| ago-04 | 4.66 | 3.77 | 8.58 | 6.73 | 9.99 | 9.11 | 13.47 | 6.17 | 12.04 | 14.56 | 19.66 | 15.44 |
| sep-04 | 5.53 | 4.61 | 9.59 | 7.68 | 11.05 | 10.14 | 14.65 | 7.09 | 14.72 | 15.91 | 18.34 | 16.33 |
| oct-04 | 6.32 | 5.51 | 9.92 | 8.22 | 11.22 | 10.41 | 14.41 | 7.71 | 13.71 | 15.46 | 19.01 | 16.07 |
| nov-04 | 6.57 | 5.77 | 10.12 | 8.44 | 11.39 | 10.59 | 14.53 | 7.93 | 13.77 | 15.57 | 19.20 | 16.19 |
| dic-04 | 6.62 | 5.86 | 10.00 | 8.40 | 11.21 | 10.45 | 14.20 | 7.92 | 12.46 | 15.10 | 20.46 | 16.02 |
| ene-05 | 6.80 | 6.05 | 10.13 | 8.56 | 11.33 | 10.58 | 14.28 | 8.08 | 12.11 | 15.13 | 21.24 | 16.17 |
| feb-05 | 7.12 | 6.34 | 10.54 | 8.92 | 11.77 | 11.00 | 14.80 | 8.43 | 12.69 | 15.68 | 21.74 | 16.72 |
| mar-05 | 7.38 | 6.65 | 10.62 | 9.09 | 11.78 | 11.05 | 14.65 | 8.63 | 12.36 | 15.46 | 21.73 | 16.53 |
| abr-05 | 6.97 | 6.17 | 10.53 | 8.85 | 11.81 | 11.01 | 14.97 | 8.34 | 13.09 | 15.92 | 21.65 | 16.90 |
| may-05 | 6.40 | 5.60 | 9.96 | 8.28 | 11.24 | 10.44 | 14.39 | 7.77 | 14.27 | 15.48 | 17.93 | 15.90 |
| jun-05 | 5.22 | 4.38 | 8.93 | 7.17 | 10.26 | 9.42 | 13.54 | 6.65 | 11.61 | 14.53 | 20.44 | 15.54 |
| jul-05 | 4.86 | 3.97 | 8.84 | 6.96 | 10.27 | 9.37 | 13.79 | 6.39 | 12.52 | 14.92 | 19.77 | 15.74 |
| ago-05 | 5.21 | 4.34 | 9.07 | 7.25 | 10.46 | 9.59 | 13.89 | 6.70 | 12.28 | 14.95 | 20.36 | 15.87 |
| sep-05 | 6.01 | 5.17 | 9.71 | 7.96 | 11.03 | 10.20 | 14.31 | 7.43 | 13.07 | 15.36 | 19.98 | 16.15 |
| oct-05 | 6.54 | 5.76 | 10.01 | 8.37 | 11.26 | 10.48 | 14.33 | 7.88 | 13.80 | 15.36 | 18.52 | 15.90 |
| nov-05 | 6.66 | 5.91 | 10.00 | 8.42 | 11.20 | 10.45 | 14.16 | 7.95 | 13.08 | 15.10 | 19.19 | 15.80 |
| dic-05 | 6.37 | 5.63 | 9.64 | 8.09 | 10.81 | 10.08 | 13.71 | 7.63 | 12.02 | 14.58 | 19.76 | 15.47 |
| ene-06 | 6.43 | 5.65 | 9.91 | 8.27 | 11.16 | 10.38 | 14.24 | 7.77 | 12.02 | 15.13 | 21.43 | 16.21 |
| feb-06 | 7.03 | 6.28 | 10.35 | 8.78 | 11.54 | 10.79 | 14.47 | 8.31 | 11.86 | 15.28 | 22.22 | 16.47 |
| mar-06 | 6.74 | 5.99 | 10.07 | 8.50 | 11.27 | 10.52 | 14.22 | 8.02 | 11.36 | 15.01 | 22.40 | 16.28 |
| abr-06 | 6.16 | 5.39 | 9.59 | 7.97 | 10.82 | 10.05 | 13.86 | 7.48 | 11.47 | 14.73 | 21.32 | 15.86 |
| may-06 | 5.07 | 4.21 | 8.88 | 7.08 | 10.24 | 9.39 | 13.62 | 6.54 | 12.16 | 14.68 | 19.76 | 15.54 |
| jun-06 | 5.09 | 4.20 | 9.02 | 7.16 | 10.43 | 9.54 | 13.91 | 6.60 | 12.73 | 15.02 | 19.68 | 15.82 |
| jul-06 | 4.08 | 3.10 | 8.41 | 6.36 | 9.86 | 8.99 | 13.80 | 5.74 | 12.39 | 15.02 | 20.36 | 15.94 |
| ago-06 | 5.34 | 4.43 | 9.39 | 7.48 | 10.94 | 9.93 | 14.42 | 6.90 | 13.41 | 15.59 | 19.98 | 16.34 |
| sep-06 | 5.55 | 4.63 | 9.59 | 7.68 | 11.04 | 10.13 | 14.63 | 7.10 | 13.85 | 15.81 | 19.79 | 16.49 |
| oct-06 | 6.33 | 5.48 | 10.09 | 8.32 | 11.44 | 10.59 | 14.77 | 7.78 | 14.35 | 15.89 | 19.02 | 16.43 |
| nov-06 | 6.34 | 5.49 | 10.10 | 8.33 | 11.45 | 10.60 | 14.78 | 7.79 | 14.14 | 15.88 | 19.41 | 16.49 |
| dic-06 | 6.56 | 5.75 | 10.14 | 8.45 | 11.43 | 10.62 | 14.60 | 7.94 | 13.35 | 15.61 | 20.18 | 16.39 |

| FECHA | Casapalca | Milloc | Rio Blanco | S J Parac | Sheque | Carampoma | Arahuay | Lachaqui | Stgo. Tuna | Canchacalla | Santa Eulalia | Autisha |
|--------|-----------|--------|------------|-----------|--------|-----------|---------|----------|------------|-------------|---------------|---------|
| ene-07 | 7.27 | 6.48 | 10.78 | 9.12 | 12.03 | 11.25 | 15.14 | 8.62 | 13.48 | 16.09 | 21.36 | 16.99 |
| feb-07 | 6.53 | 5.75 | 10.00 | 8.36 | 11.25 | 10.47 | 14.32 | 7.87 | 11.81 | 15.19 | 22.02 | 16.35 |
| mar-07 | 6.14 | 5.32 | 9.77 | 8.05 | 11.07 | 10.25 | 14.28 | 7.54 | 12.05 | 15.22 | 21.63 | 16.31 |
| abr-07 | 6.26 | 5.48 | 9.69 | 8.07 | 10.92 | 10.15 | 13.96 | 7.58 | 11.39 | 14.80 | 21.72 | 15.99 |
| may-07 | 5.52 | 4.68 | 9.24 | 7.49 | 10.58 | 9.74 | 13.88 | 6.95 | 12.41 | 14.91 | 19.97 | 15.77 |
| jun-07 | 4.72 | 3.84 | 8.62 | 6.78 | 10.01 | 9.14 | 13.47 | 6.22 | 12.36 | 14.58 | 19.08 | 15.35 |
| jul-07 | 4.06 | 3.13 | 8.19 | 6.24 | 9.67 | 8.74 | 13.32 | 5.65 | 11.65 | 14.46 | 20.15 | 15.43 |
| ago-07 | 5.33 | 4.48 | 9.12 | 7.33 | 10.47 | 9.62 | 13.83 | 6.79 | 12.36 | 14.88 | 19.96 | 15.74 |
| sep-07 | 5.70 | 4.76 | 9.83 | 7.88 | 11.32 | 10.39 | 14.99 | 7.29 | 15.16 | 16.28 | 18.54 | 16.67 |
| oct-07 | 6.29 | 5.48 | 9.88 | 8.18 | 11.16 | 10.36 | 14.34 | 7.67 | 13.17 | 15.35 | 19.78 | 16.11 |
| nov-07 | 7.24 | 6.49 | 10.54 | 8.98 | 11.72 | 10.98 | 14.64 | 8.51 | 13.70 | 15.58 | 19.40 | 16.23 |
| dic-07 | 6.57 | 5.84 | 9.81 | 8.28 | 10.97 | 10.25 | 13.85 | 7.82 | 12.11 | 14.71 | 19.96 | 15.61 |
| ene-08 | 6.42 | 5.71 | 9.58 | 8.09 | 10.71 | 10.00 | 13.51 | 7.64 | 11.21 | 14.29 | 20.53 | 15.36 |
| feb-08 | 6.34 | 5.63 | 9.44 | 7.97 | 10.55 | 9.85 | 13.30 | 7.53 | 10.25 | 14.00 | 21.60 | 15.30 |
| mar-08 | 6.07 | 5.36 | 9.21 | 7.72 | 10.33 | 9.63 | 13.11 | 7.28 | 9.55 | 13.79 | 22.37 | 15.26 |
| abr-08 | 6.52 | 5.79 | 9.73 | 8.21 | 10.88 | 10.16 | 13.72 | 7.75 | 10.91 | 14.48 | 21.71 | 15.72 |
| may-08 | 5.59 | 4.82 | 9.03 | 7.40 | 10.26 | 9.49 | 13.30 | 6.91 | 11.70 | 14.23 | 19.36 | 15.11 |
| jun-08 | 5.45 | 4.63 | 9.10 | 7.38 | 10.41 | 9.59 | 13.65 | 6.86 | 11.91 | 14.64 | 20.15 | 15.58 |
| jul-08 | 4.90 | 4.04 | 8.71 | 6.91 | 10.07 | 9.22 | 13.45 | 6.37 | 11.68 | 14.48 | 20.15 | 15.45 |
| ago-08 | 5.87 | 5.09 | 9.35 | 7.71 | 10.59 | 9.81 | 13.67 | 7.21 | 11.79 | 14.59 | 20.25 | 15.56 |
| sep-08 | 6.12 | 5.27 | 9.87 | 8.10 | 11.22 | 10.38 | 14.55 | 7.57 | 14.45 | 15.70 | 18.23 | 16.13 |
| oct-08 | 6.60 | 5.77 | 10.24 | 8.52 | 11.55 | 10.73 | 14.77 | 8.00 | 14.30 | 15.86 | 19.02 | 16.40 |
| nov-08 | 7.36 | 6.65 | 10.50 | 9.01 | 11.62 | 10.92 | 14.40 | 8.57 | 12.81 | 15.24 | 20.17 | 16.08 |
| dic-08 | 6.09 | 5.31 | 9.50 | 7.89 | 10.72 | 9.96 | 13.75 | 7.40 | 11.56 | 14.63 | 20.83 | 15.69 |
| ene-09 | 5.62 | 4.82 | 9.14 | 7.47 | 10.40 | 9.61 | 13.52 | 6.97 | 10.86 | 14.39 | 21.51 | 15.60 |
| feb-09 | 5.70 | 4.92 | 9.14 | 7.52 | 10.38 | 9.61 | 13.44 | 7.02 | 10.82 | 14.29 | 21.31 | 15.49 |
| mar-09 | 6.60 | 5.89 | 9.74 | 8.25 | 10.86 | 10.16 | 13.64 | 7.81 | 10.59 | 14.36 | 22.00 | 15.67 |
| abr-09 | 5.89 | 5.11 | 9.30 | 7.69 | 10.52 | 9.76 | 13.55 | 7.20 | 11.30 | 14.42 | 20.73 | 15.50 |
| may-09 | 5.65 | 4.76 | 9.58 | 7.72 | 10.99 | 10.11 | 14.48 | 7.16 | 12.35 | 15.52 | 21.93 | 16.61 |
| jun-09 | 5.23 | 4.35 | 9.09 | 7.27 | 10.48 | 9.61 | 13.90 | 6.71 | 12.62 | 14.99 | 19.77 | 15.81 |
| jul-09 | 4.60 | 3.68 | 8.71 | 6.77 | 10.18 | 9.26 | 13.82 | 6.18 | 11.97 | 14.93 | 20.94 | 15.96 |
| ago-09 | 5.48 | 4.57 | 9.52 | 7.61 | 10.96 | 10.06 | 14.54 | 7.04 | 13.60 | 15.71 | 19.99 | 16.44 |
| sep-09 | 6.18 | 5.27 | 10.22 | 8.31 | 11.66 | 10.76 | 15.24 | 7.74 | 15.01 | 16.47 | 19.42 | 16.97 |
| oct-09 | 6.36 | 5.46 | 10.33 | 8.45 | 11.75 | 10.86 | 15.26 | 7.89 | 15.07 | 16.47 | 19.32 | 16.96 |
| nov-09 | 6.47 | 5.64 | 10.16 | 8.42 | 11.49 | 10.66 | 14.76 | 7.89 | 13.37 | 15.78 | 20.67 | 16.62 |
| dic-09 | 6.55 | 5.73 | 10.17 | 8.46 | 11.47 | 10.66 | 14.68 | 7.94 | 13.93 | 15.74 | 19.40 | 16.36 |
| ene-10 | 6.68 | 5.84 | 10.41 | 8.65 | 11.74 | 10.91 | 15.05 | 8.12 | 14.05 | 16.12 | 20.29 | 16.83 |
| feb-10 | 6.96 | 6.14 | 10.62 | 8.89 | 11.93 | 11.11 | 15.17 | 8.37 | 13.28 | 16.14 | 21.95 | 17.13 |
| mar-10 | 8.02 | 7.28 | 11.29 | 9.74 | 12.46 | 11.73 | 15.36 | 9.28 | 13.37 | 16.21 | 21.95 | 17.19 |
| abr-10 | 7.61 | 6.84 | 11.01 | 9.41 | 12.23 | 11.47 | 15.24 | 8.92 | 13.54 | 16.16 | 21.46 | 17.06 |
| may-10 | 7.06 | 6.26 | 10.59 | 8.92 | 11.85 | 11.06 | 14.98 | 8.42 | 14.40 | 16.02 | 19.31 | 16.59 |
| jun-10 | 5.86 | 5.03 | 9.49 | 7.78 | 10.80 | 9.98 | 14.02 | 7.26 | 12.59 | 15.03 | 19.97 | 15.88 |
| jul-10 | 5.84 | 4.99 | 9.59 | 7.82 | 10.93 | 10.09 | 14.25 | 7.28 | 12.39 | 15.25 | 21.05 | 16.24 |
| ago-10 | 5.47 | 4.62 | 9.24 | 7.46 | 10.59 | 9.74 | 13.93 | 6.92 | 12.57 | 14.98 | 19.87 | 15.82 |
| sep-10 | 6.36 | 5.56 | 9.91 | 8.23 | 11.19 | 10.39 | 14.33 | 7.73 | 12.97 | 15.32 | 20.07 | 16.13 |
| oct-10 | 7.03 | 6.26 | 10.44 | 8.83 | 11.66 | 10.89 | 14.67 | 8.34 | 13.64 | 15.64 | 19.69 | 16.33 |
| nov-10 | 6.91 | 6.18 | 10.16 | 8.63 | 11.33 | 10.60 | 14.21 | 8.16 | 13.22 | 15.13 | 19.00 | 15.79 |
| dic-10 | 6.36 | 5.61 | 9.68 | 8.11 | 10.87 | 10.12 | 13.81 | 7.63 | 12.10 | 14.70 | 19.96 | 15.60 |
| ene-11 | 6.34 | 5.55 | 9.84 | 8.19 | 11.09 | 10.31 | 14.19 | 7.69 | 12.18 | 15.11 | 21.04 | 16.12 |
| feb-11 | 6.47 | 5.67 | 9.99 | 8.33 | 11.26 | 10.47 | 14.38 | 7.83 | 12.16 | 15.29 | 21.63 | 16.37 |
| mar-11 | 6.28 | 5.48 | 9.80 | 8.14 | 11.06 | 10.27 | 14.18 | 7.63 | 11.41 | 15.05 | 22.40 | 16.30 |
| abr-11 | 6.55 | 5.80 | 9.90 | 8.32 | 11.10 | 10.35 | 14.07 | 7.84 | 11.15 | 14.87 | 22.40 | 16.15 |
| may-11 | 5.76 | 4.92 | 9.47 | 7.72 | 10.80 | 9.97 | 14.09 | 7.19 | 12.95 | 15.14 | 19.58 | 15.90 |
| jun-11 | 5.59 | 4.76 | 9.28 | 7.54 | 10.60 | 9.77 | 13.87 | 7.01 | 12.38 | 14.89 | 19.96 | 15.75 |
| jul-11 | 5.62 | 4.79 | 8.74 | 6.85 | 10.19 | 9.28 | 13.75 | 6.27 | 12.20 | 14.86 | 20.26 | 15.78 |
| ago-11 | 5.46 | 4.66 | 9.01 | 7.33 | 10.28 | 9.48 | 13.42 | 6.82 | 11.78 | 14.39 | 19.66 | 15.29 |
| sep-11 | 6.33 | 5.43 | 10.31 | 8.43 | 11.74 | 10.84 | 15.27 | 7.86 | 14.31 | 16.42 | 20.69 | 17.15 |
| oct-11 | 6.43 | 5.62 | 10.03 | 8.33 | 11.32 | 10.51 | 14.51 | 7.82 | 12.99 | 15.50 | 20.57 | 16.36 |
| nov-11 | 7.30 | 6.55 | 10.64 | 9.07 | 11.84 | 11.09 | 14.80 | 8.59 | 13.10 | 15.70 | 20.96 | 16.60 |
| dic-11 | 6.62 | 5.86 | 10.00 | 8.41 | 11.22 | 10.46 | 14.21 | 7.92 | 11.65 | 15.05 | 21.92 | 16.22 |
| ene-12 | 6.76 | 5.96 | 10.30 | 8.62 | 11.57 | 10.77 | 14.71 | 8.12 | 12.23 | 15.60 | 22.42 | 16.76 |
| feb-12 | 6.30 | 5.55 | 9.64 | 8.07 | 10.84 | 10.09 | 13.80 | 7.59 | 12.04 | 14.69 | 20.06 | 15.61 |
| mar-12 | 6.35 | 5.55 | 9.91 | 8.23 | 11.19 | 10.39 | 14.35 | 7.72 | 11.69 | 15.23 | 22.41 | 16.46 |
| abr-12 | 6.45 | 5.67 | 9.88 | 8.26 | 11.11 | 10.34 | 14.15 | 7.77 | 11.74 | 15.01 | 21.62 | 16.14 |
| may-12 | 5.86 | 4.99 | 9.74 | 7.91 | 11.13 | 10.26 | 14.57 | 7.36 | 13.84 | 15.71 | 19.50 | 16.36 |
| jun-12 | 5.76 | 4.91 | 9.00 | 7.05 | 10.48 | 9.55 | 14.13 | 6.46 | 13.23 | 15.33 | 19.59 | 16.06 |
| jul-12 | 4.85 | 3.90 | 9.07 | 7.08 | 10.58 | 9.63 | 14.32 | 6.47 | 13.30 | 15.54 | 20.08 | 16.31 |
| ago-12 | 5.37 | 4.42 | 9.58 | 7.59 | 11.10 | 10.15 | 14.83 | 6.99 | 14.25 | 16.09 | 19.80 | 16.72 |
| sep-12 | 5.74 | 4.79 | 9.96 | 7.97 | 11.47 | 10.52 | 15.21 | 7.36 | 15.77 | 16.56 | 18.16 | 16.83 |
| oct-12 | 6.85 | 6.03 | 10.45 | 8.75 | 11.75 | 10.94 | 14.95 | 8.23 | 14.49 | 16.02 | 19.12 | 16.55 |
| nov-12 | 6.87 | 6.08 | 10.38 | 8.72 | 11.63 | 10.85 | 14.74 | 8.22 | 13.79 | 15.75 | 19.69 | 16.42 |
| dic-12 | 6.79 | 6.00 | 10.28 | 8.63 | 11.53 | 10.75 | 14.62 | 8.13 | 13.06 | 15.58 | 20.66 | 16.44 |

2. Graficas análisis doble masa y Vector Regional cuenca río Rímac.





3. Tablas de intensidad, duración de sequías y humedad extrema

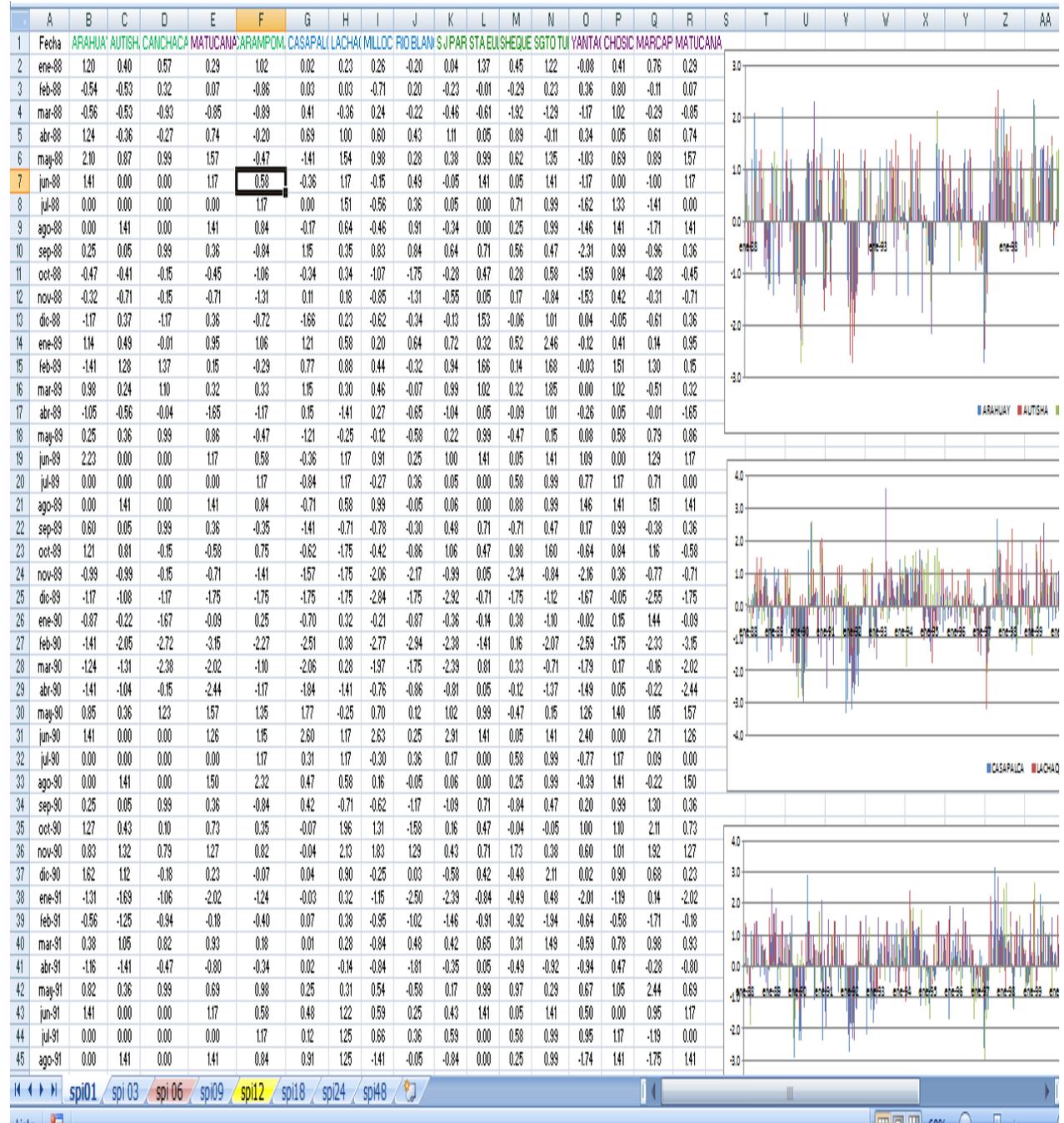
| Nombre Estación | Sequia mas severa | | Número de meses secos durante el periodo observado (1989 -2012) | | |
|-----------------|-------------------|----------|---|----------------|-------|
| | SPI 12M | Mes/Año | Moderado | Severo/Extremo | Total |
| Carampoma | -2.86 | dic-1992 | 22 | 23 | 45 |
| Casapalca | -3.51 | set-1992 | 6 | 23 | 29 |
| Lachaqui | -1.99 | feb-1992 | 23 | 20 | 43 |
| Milloc | -2.36 | abr-1990 | 16 | 19 | 35 |
| Rio Blanco | -3.18 | oct-1990 | 9 | 27 | 36 |
| San Jose Parac | -2.85 | dic-1992 | 16 | 26 | 42 |
| Arahuay | -2.36 | sep-1990 | 25 | 21 | 46 |
| Autisha | -3.48 | dic-1992 | 8 | 30 | 38 |
| Canchacalla | -2.80 | mar-1990 | 22 | 24 | 46 |
| Matucana | -3.07 | mar-1990 | 7 | 23 | 30 |
| Sheque | -2.37 | may-1997 | 30 | 13 | 43 |
| Santiago Tuna | -3.52 | ene-1993 | 24 | 19 | 43 |
| Chosica | -2.69 | dic-2010 | 32 | 15 | 47 |
| Santa Eulalia | -3.12 | ene-1993 | 28 | 13 | 41 |

| Nombre Estación | Humedad mas severa | | Número de meses húmedos durante el periodo observado (1988 -2012) | | |
|---------------------|--------------------|----------|---|----------------|-------|
| | SPI 12M | Mes/Año | Moderado | Severo/Extremo | Total |
| 1. Arahuay | 2.10 | feb-1999 | 17 | 24 | 41 |
| 2. Autisha | 2.38 | feb-1999 | 15 | 14 | 29 |
| 3. Canchacalla | 2.11 | feb-1999 | 27 | 13 | 40 |
| 4. Matucana | 2.80 | dic-1993 | 16 | 13 | 29 |
| 5. Sheque | 2.85 | ene-2001 | 26 | 24 | 50 |
| 6. Santiago de Tuna | 2.54 | feb-1989 | 27 | 12 | 39 |
| 7. Carampoma | 1.94 | mar-2001 | 32 | 13 | 45 |
| 8. Casapalca | 2.04 | ene-2010 | 43 | 5 | 48 |
| 9. Lachaqui | 2.44 | abr-1998 | 41 | 16 | 57 |
| 10. Milloc | 2.56 | nov-2001 | 28 | 24 | 52 |
| 11. Rio Blanco | 2.21 | feb-1994 | 25 | 5 | 30 |
| 12. San Jose Parac | 1.64 | set-1994 | 40 | 8 | 48 |
| 13. Santa Eulalia | 2.19 | feb-1999 | 36 | 4 | 40 |
| 14. Chosica | 1.98 | oct-2012 | 34 | 15 | 49 |

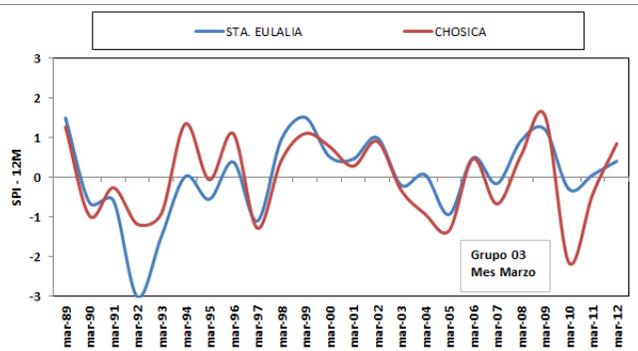
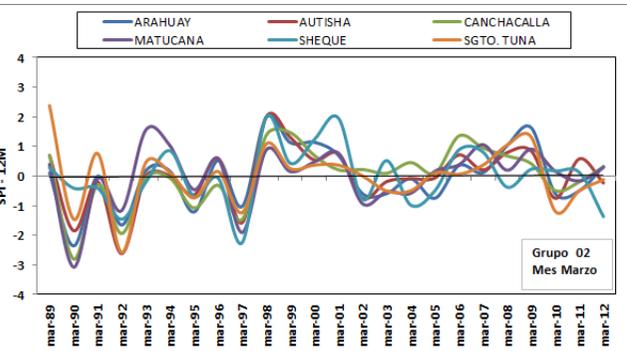
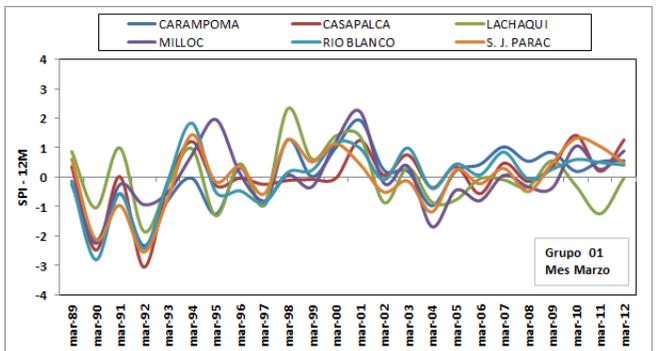
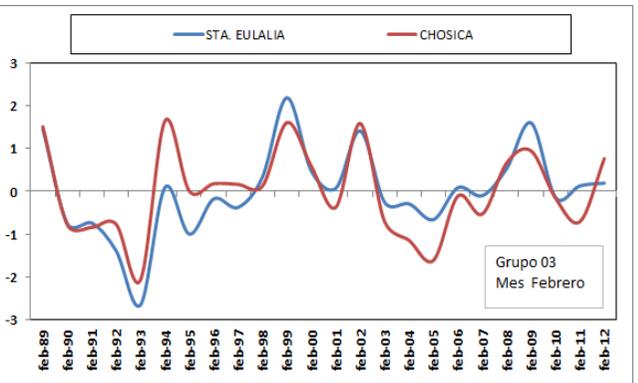
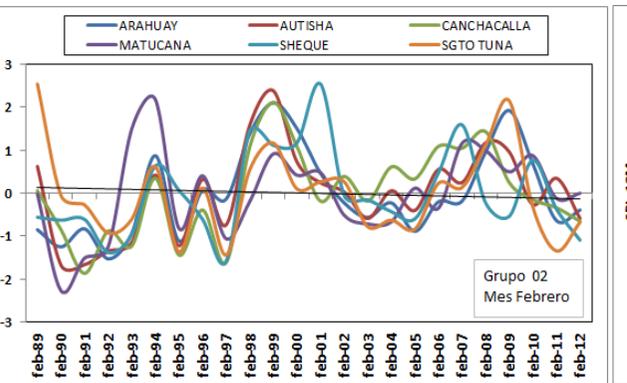
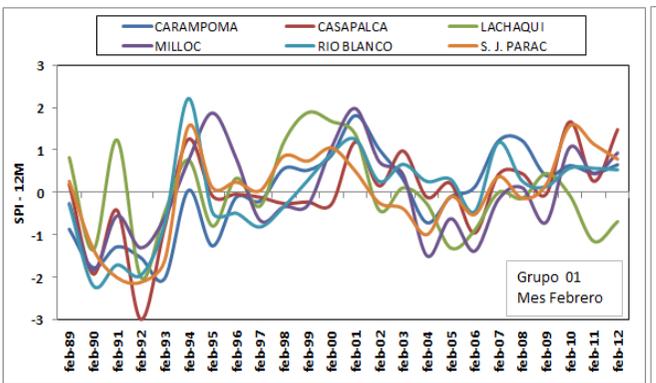
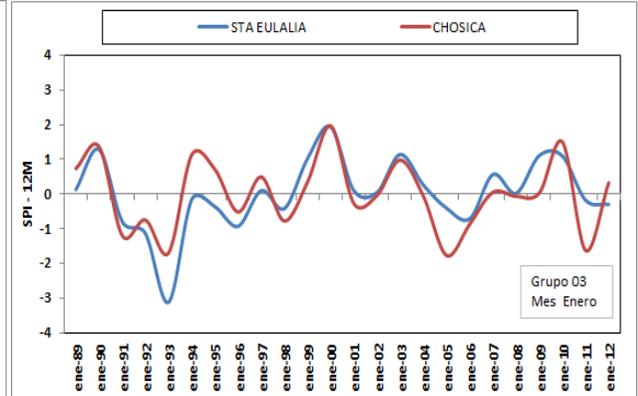
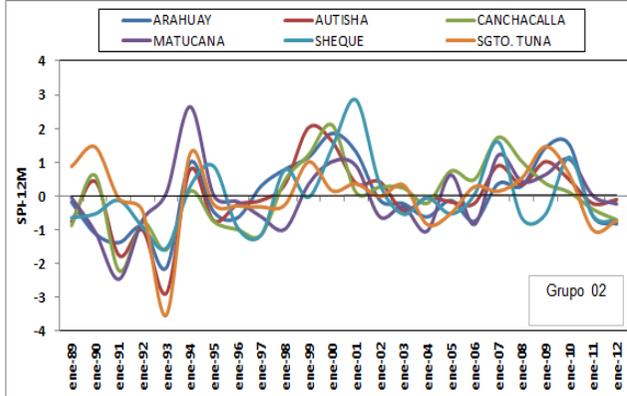
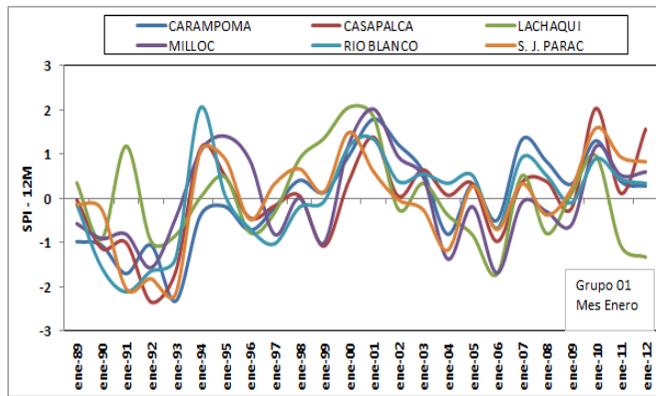
| Estación | Inicio Fin Humedad Máxima | Nº Meses | Intensidad Humedad |
|---------------------|---------------------------|----------|--------------------|
| 1. Arahuaay | mar-98 a nov-98 | 9 | 1.95 |
| 2. Autisha | feb-98 a feb-99 | 13 | 1.94 |
| 3. Canchacalla | abr-06 a ene-07 | 10 | 1.63 |
| 4. Matucana | mar-93 a feb-94 | 12 | 1.91 |
| 5. Sheque | set-00 a ene-01 | 13 | 1.92 |
| 6. Santiago de Tuna | feb-89 a dic-89 | 11 | 2.25 |
| 7. Carampoma | ene-01 a dic-01 | 12 | 1.83 |
| 8. Casapalca | nov-09 a feb-10 | 4 | 1.76 |
| 9. Lachaqui | mar-98 a dic-98 | 10 | 2.31 |
| 10. Milloc | dic-00 a dic-01 | 13 | 2.13 |
| 11. Rio Blanco | nov-93 a mar-94 | 5 | 1.96 |
| 12. San Jose Parac | dic-09 a feb-10 | 3 | 1.57 |
| 13. Santa Eulalia | feb-99 a mar-99 | 2 | 1.85 |
| 14. Chosica | abr-12 a dic-12 | 9 | 1.95 |

| Estación | Inicio Fin Sequia | Nº Meses | Intensidad Sequia |
|---------------------|-------------------|----------|-------------------|
| 1. Arahuaay | mar-90 a nov-90 | 9 | -2.30 |
| 2. Autisha | feb-90 a feb-91 | 13 | -1.71 |
| | mar-92 a ene-93 | 11 | -2.71 |
| 3. Canchacalla | mar-90 a feb-91 | 12 | -2.50 |
| | mar-92 a ene-93 | 11 | -1.96 |
| 4. Matucana | feb-90 a feb-91 | 13 | -2.62 |
| 5. Sheque | nov-92 a ene-93 | 3 | -1.60 |
| | feb-97 a nov-97 | 10 | -2.18 |
| 6. Santiago de Tuna | abr-90 a nov-90 | 8 | -1.85 |
| | mar-92 a ene-93 | 11 | -2.66 |
| 7. Carampoma | feb-90 a oct-90 | 9 | -1.91 |
| | feb-92 a feb-93 | 13 | -2.49 |
| 8. Casapalca | feb-90 a nov-90 | 10 | -2.01 |
| | ene-92 a ene-93 | 13 | -3.03 |
| 9. Lachaqui | feb-92 a dic-92 | 11 | -1.79 |
| | may-95 a oct-95 | 6 | -1.58 |
| 10. Milloc | feb-90 a oct-90 | 9 | -2.13 |
| | mar-04 a ago-04 | 6 | -1.65 |
| | nov-05 a ene-06 | 3 | -1.85 |
| 11. Rio Blanco | ene-90 a feb-91 | 14 | -2.53 |
| | dic-91 a dic-92 | 13 | -2.13 |
| 12. San Jose Parac | mar-90 a feb-91 | 12 | -1.90 |
| | dic-91 a feb-93 | 15 | -2.43 |
| 13. Santa Eulalia | mar-92 a feb-93 | 12 | -2.79 |
| 14. Chosica | ene-93 a feb-93 | 2 | -1.88 |
| | ene-05 a feb-05 | 2 | -1.69 |
| | mar-10 a ene-11 | 11 | -2.47 |

4. Algunas tablas y graficas de resultados SPI y SPEI



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|----|-------|-----------|-----------|--------|------------|-----------|----------|---------|---------|-------------|----------|--------|-----------|---------|---------------|---|
| 1 | Fecha | CARAMPOMA | CASAPALCA | MILLOC | RIO BLANCO | S J PARAC | LACHAQUI | ARAHUAY | AUTISHA | CANCHACALLA | MATUCANA | SHEQUE | STGO TUNA | CHOSICA | SANTA EULALIA | |
| 2 | 1989 | -0.83 | 0.10 | -0.46 | -0.06 | -0.11 | 0.65 | 0.08 | -0.47 | -0.65 | 0.40 | -0.29 | 1.19 | 2.16 | 1.70 | |
| 3 | 1989 | -0.72 | 0.36 | -0.09 | -0.21 | 0.41 | 1.07 | -0.42 | 1.02 | 0.29 | 0.33 | -0.16 | 1.99 | 2.00 | 1.95 | |
| 4 | 1989 | -0.15 | 0.55 | 0.09 | -0.17 | 0.82 | 1.09 | 0.40 | 1.01 | 0.91 | 0.69 | 0.53 | 2.24 | 2.08 | 2.12 | |
| 5 | 1989 | -0.39 | 0.38 | 0.04 | -0.53 | 0.49 | 0.68 | -0.01 | 0.93 | 0.89 | 0.20 | 0.36 | 2.31 | 2.10 | 2.11 | |
| 6 | 1989 | -0.39 | 0.42 | -0.05 | -0.57 | 0.50 | 0.54 | -0.11 | 0.90 | 0.88 | 0.11 | 0.28 | 2.33 | 2.12 | 2.12 | |
| 7 | 1989 | -0.40 | 0.43 | 0.02 | -0.59 | 0.53 | 0.53 | -0.10 | 0.91 | 0.89 | 0.11 | 0.28 | 2.35 | 2.07 | 2.13 | |
| 8 | 1989 | -0.39 | 0.44 | 0.05 | -0.59 | 0.51 | 0.52 | -0.06 | 0.95 | 0.91 | 0.19 | 0.29 | 2.37 | 2.05 | 2.08 | |
| 9 | 1989 | -0.37 | 0.41 | 0.14 | -0.60 | 0.54 | 0.53 | -0.01 | 0.99 | 0.94 | 0.26 | 0.33 | 2.37 | 2.05 | 2.07 | |
| 10 | 1989 | -0.35 | 0.16 | 0.00 | -0.67 | 0.52 | 0.49 | 0.01 | 1.00 | 0.95 | 0.28 | 0.30 | 2.37 | 1.66 | 1.92 | |
| 11 | 1989 | -0.14 | 0.10 | 0.05 | -0.63 | 0.75 | 0.38 | 0.17 | 1.04 | 0.95 | 0.30 | 0.43 | 2.41 | 1.71 | 2.00 | |
| 12 | 1989 | -0.10 | -0.11 | -0.06 | -0.62 | 0.65 | 0.11 | 0.13 | 1.06 | 0.96 | 0.38 | 0.30 | 2.46 | 1.69 | 2.09 | |
| 13 | 1989 | -0.41 | -0.21 | -0.52 | -0.94 | 0.21 | -0.46 | 0.18 | 1.08 | 1.10 | 0.06 | 0.01 | 2.36 | 1.52 | 1.92 | |
| 14 | 1990 | -0.83 | -0.95 | -0.74 | -1.37 | -0.19 | -0.63 | -0.76 | 0.94 | 0.93 | -0.59 | -0.04 | 1.91 | 1.23 | 1.64 | |
| 15 | 1990 | -1.41 | -1.77 | -1.67 | -1.84 | -1.18 | -1.11 | -0.71 | -1.05 | -0.51 | -1.60 | -0.18 | 0.76 | -0.78 | -2.52 | |
| 16 | 1990 | -1.69 | -2.12 | -2.36 | -2.13 | -1.69 | -0.85 | -1.75 | -1.31 | -1.61 | -1.86 | -0.19 | -0.80 | -0.97 | 1.00 | |
| 17 | 1990 | -1.66 | -2.04 | -2.51 | -1.98 | -1.66 | -0.85 | -1.71 | -1.32 | -1.60 | -1.91 | -0.19 | -1.08 | -0.91 | 1.00 | |
| 18 | 1990 | -1.59 | -1.92 | -2.36 | -1.96 | -1.63 | -0.85 | -1.67 | -1.31 | -1.57 | -1.87 | -0.21 | -1.05 | -0.82 | 1.00 | |
| 19 | 1990 | -1.60 | -1.86 | -2.22 | -1.97 | -1.57 | -0.87 | -1.73 | -1.38 | -1.60 | -1.90 | -0.22 | -1.06 | -0.80 | 1.00 | |
| 20 | 1990 | -1.61 | -1.85 | -2.20 | -1.97 | -1.57 | -0.90 | -1.76 | -1.41 | -1.62 | -1.90 | -0.24 | -1.12 | -0.80 | 1.00 | |
| 21 | 1990 | -1.59 | -1.80 | -2.33 | -1.97 | -1.59 | -0.90 | -1.78 | -1.43 | -1.63 | -1.90 | -0.27 | -1.15 | -0.80 | 1.00 | |
| 22 | 1990 | -1.61 | -1.68 | -2.42 | -1.99 | -1.65 | -0.88 | -1.84 | -1.48 | -1.66 | -1.92 | -0.27 | -1.23 | -0.80 | 1.00 | |
| 23 | 1990 | -1.65 | -1.69 | -2.05 | -2.04 | -1.76 | -0.29 | -1.90 | -1.50 | -1.63 | -1.93 | -0.38 | -1.35 | -0.77 | 1.00 | |
| 24 | 1990 | -1.34 | -1.59 | -0.90 | -1.83 | -1.54 | 0.52 | -1.71 | -1.36 | -1.55 | -1.73 | 0.12 | -1.31 | -0.70 | 1.00 | |
| 25 | 1990 | -1.07 | -1.13 | -0.35 | -1.55 | -1.32 | 1.19 | -1.19 | -1.12 | -1.72 | -1.75 | 0.44 | -0.33 | -3.16 | -3.25 | |
| 26 | 1991 | -1.60 | -0.98 | -0.71 | -1.85 | -1.71 | 1.26 | -1.44 | -1.72 | -1.85 | -2.57 | 0.20 | 0.03 | -3.42 | -3.04 | |
| 27 | 1991 | -1.25 | -0.43 | -0.43 | -1.66 | -1.70 | 1.32 | -0.81 | -1.71 | -1.70 | -1.56 | -0.49 | 0.13 | -0.84 | 1.00 | |
| 28 | 1991 | -0.63 | 0.04 | -0.06 | -0.74 | -1.01 | 1.13 | 0.08 | -0.34 | -0.51 | -0.36 | -0.36 | 0.93 | -0.27 | 1.00 | |
| 29 | 1991 | -0.40 | 0.21 | -0.07 | -0.88 | -0.97 | 1.34 | 0.05 | -0.37 | -0.55 | -0.24 | -0.38 | 0.86 | -0.20 | 1.00 | |
| 30 | 1991 | -0.46 | 0.06 | -0.08 | -0.93 | -1.01 | 1.35 | -0.05 | -0.46 | -0.65 | -0.41 | -0.30 | 0.77 | -0.24 | 1.00 | |
| 31 | 1991 | -0.48 | -0.08 | -0.28 | -0.94 | -1.11 | 1.35 | -0.09 | -0.52 | -0.70 | -0.50 | -0.31 | 0.69 | -0.24 | 1.00 | |
| 32 | 1991 | -0.49 | -0.07 | -0.23 | -0.94 | -1.09 | 1.35 | -0.14 | -0.58 | -0.74 | -0.58 | -0.31 | 0.63 | -0.24 | 1.00 | |
| 33 | 1991 | -0.54 | -0.03 | -0.32 | -0.95 | -1.11 | 1.35 | -0.21 | -0.66 | -0.80 | -0.67 | -0.33 | 0.56 | -0.24 | 1.00 | |
| 34 | 1991 | -0.50 | -0.11 | -0.15 | -0.94 | -1.08 | 1.37 | -0.25 | -0.72 | -0.84 | -0.74 | -0.34 | 0.54 | -0.24 | 1.00 | |



Formato para el SPEI AREAL

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Nom | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 |
| 2 | Id_Station | 151204 | 155122 | 151205 | 548 | 151213 | 155224 | 155223 | 155446 | 155217 | 155514 | 151210 | 155225 | 155213 |
| 3 | Capteur | MPm |
| 4 | Unité | (mm) |
| 5 | Table | Pluies |
| 6 | Latitude | -11.62 | -11.74 | -11.84 | -11.84 | -11.67 | -11.98 | -11.66 | -11.65 | -11.55 | -11.57 | -11.73 | -11.80 | -11.92 |
| 7 | Longitude | -76.70 | -76.61 | -76.53 | -76.38 | -76.50 | -76.52 | -76.52 | -76.23 | -76.62 | -76.35 | -76.26 | -76.26 | -76.67 |
| 16 | 16/07/1989 00:00 | -0.39 | 0.44 | 0.05 | -0.59 | 0.51 | 0.52 | -0.06 | 0.95 | 0.91 | 0.19 | 0.29 | 2.37 | 2.05 |
| 17 | 16/08/1989 00:00 | -0.37 | 0.41 | 0.14 | -0.60 | 0.54 | 0.53 | -0.01 | 0.99 | 0.94 | 0.26 | 0.33 | 2.37 | 2.05 |
| 18 | 16/09/1989 00:00 | -0.35 | 0.16 | 0.00 | -0.67 | 0.52 | 0.49 | 0.01 | 1.00 | 0.95 | 0.28 | 0.30 | 2.37 | 1.66 |
| 19 | 16/10/1989 00:00 | -0.14 | 0.10 | 0.05 | -0.63 | 0.75 | 0.38 | 0.17 | 1.04 | 0.95 | 0.30 | 0.43 | 2.41 | 1.71 |
| 20 | 16/11/1989 00:00 | -0.10 | -0.11 | -0.06 | -0.62 | 0.65 | 0.11 | 0.13 | 1.06 | 0.96 | 0.38 | 0.30 | 2.46 | 1.69 |
| 21 | 16/12/1989 00:00 | -0.41 | -0.21 | -0.52 | -0.94 | 0.21 | -0.46 | 0.18 | 1.08 | 1.10 | 0.06 | 0.01 | 2.36 | 1.52 |
| 22 | 16/01/1990 00:00 | -0.83 | -0.95 | -0.74 | -1.37 | -0.19 | -0.63 | -0.76 | 0.94 | 0.93 | -0.59 | -0.04 | 1.91 | 1.23 |
| 23 | 16/02/1990 00:00 | -1.41 | -1.77 | -1.67 | -1.84 | -1.18 | -1.11 | -0.71 | -1.05 | -0.51 | -1.60 | -0.18 | 0.76 | 1.00 |
| 24 | 16/03/1990 00:00 | -1.69 | -2.12 | -2.36 | -2.13 | -1.69 | -0.85 | -1.75 | -1.31 | -1.61 | -1.86 | -0.19 | -0.80 | 1.00 |
| 25 | 16/04/1990 00:00 | -1.66 | -2.04 | -2.51 | -1.98 | -1.66 | -0.85 | -1.71 | -1.32 | -1.60 | -1.91 | -0.19 | -1.08 | 1.00 |
| 26 | 16/05/1990 00:00 | -1.59 | -1.92 | -2.36 | -1.96 | -1.63 | -0.85 | -1.67 | -1.31 | -1.57 | -1.87 | -0.21 | -1.05 | 1.00 |
| 27 | 16/06/1990 00:00 | -1.60 | -1.86 | -2.22 | -1.97 | -1.57 | -0.87 | -1.73 | -1.38 | -1.60 | -1.90 | -0.22 | -1.06 | 1.00 |
| 28 | 16/07/1990 00:00 | -1.61 | -1.85 | -2.20 | -1.97 | -1.57 | -0.90 | -1.76 | -1.41 | -1.62 | -1.90 | -0.24 | -1.12 | 1.00 |
| 29 | 16/08/1990 00:00 | -1.59 | -1.80 | -2.33 | -1.97 | -1.59 | -0.90 | -1.78 | -1.43 | -1.63 | -1.90 | -0.27 | -1.15 | 1.00 |
| 30 | 16/09/1990 00:00 | -1.61 | -1.68 | -2.42 | -1.99 | -1.65 | -0.88 | -1.84 | -1.48 | -1.66 | -1.92 | -0.27 | -1.23 | 1.00 |
| 31 | 16/10/1990 00:00 | -1.65 | -1.69 | -2.05 | -2.04 | -1.76 | -0.29 | -1.90 | -1.50 | -1.63 | -1.93 | -0.38 | -1.35 | 1.00 |
| 32 | 16/11/1990 00:00 | -1.34 | -1.59 | -0.90 | -1.83 | -1.54 | 0.52 | -1.71 | -1.36 | -1.55 | -1.73 | 0.12 | -1.31 | 1.00 |
| 33 | 16/12/1990 00:00 | -1.07 | -1.13 | -0.35 | -1.55 | -1.32 | 1.19 | -1.19 | -1.12 | -1.72 | -1.75 | 0.44 | -0.33 | -4.16 |
| 34 | 16/01/1991 00:00 | -1.60 | -0.98 | -0.71 | -1.85 | -1.71 | 1.26 | -1.44 | -1.72 | -1.85 | -2.57 | 0.20 | 0.03 | -5.42 |
| 35 | 16/02/1991 00:00 | -1.25 | -0.43 | -0.43 | -1.66 | -1.70 | 1.32 | -0.81 | -1.71 | -1.70 | -1.56 | -0.49 | 0.13 | 1.00 |

| | | PORCENTAJE EN CADA CATEGORIA | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|---------------|-------------|---------------|---------------|----------------|--|--|
| indice | Humedad extrema | Humedad severa | Moderado humedo | Ligero humedo | Ligero seco | Moderado seco | Sequia severa | Sequia extrema | | |
| SPI 12M Areal | 0.0 | 0.0 | 8.7 | 51.0 | 28.8 | 4.2 | 5.2 | 2.1 | | |
| SPEI 12M Areal | 0.0 | 0.0 | 9.0 | 50.0 | 30.2 | 5.2 | 5.2 | 0.3 | | |
| INDICE | Humedad extrema | Humedad severa | Moderado humedo | Ligero humedo | Ligero seco | Moderado seco | Sequia severa | Sequia extrema | | |
| SPI 12M Areal | 0.0 | 0.0 | 8.7 | 51.0 | 28.8 | 4.2 | 5.2 | 2.1 | | |
| SPEI 12M Areal | 0.0 | 0.0 | 9.0 | 50.0 | 30.2 | 5.2 | 5.2 | 0.3 | | |