

# Variabilidad de las precipitaciones en el valle del río Mantaro

## Precipitation variability in the Mantaro river valley

Yamina Silva Vidal<sup>1</sup>, Grace Trasmonte y Lucy Giráldez

Instituto Geofísico del Perú

### RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue analizar la variabilidad de las precipitaciones en diversas escalas de tiempo, que abarca la variabilidad estacional, interanual, decadal, así como las tendencias climáticas. Se utilizaron datos mensuales de lluvias en las estaciones de Viques, Jauja y Huayao, para este último se usaron datos de las series históricas del observatorio de Huayao con información desde el año 1922 hasta el año 2009. Se calcularon las correlaciones entre las precipitaciones y los índices globales y regionales a fin de identificar la influencia de estas regiones en la variabilidad de las precipitaciones en el valle del Mantaro. Se calculó la tendencia en las lluvias por periodos, tanto para la precipitación anual y estacional, encontrándose que el periodo de 1977-2009 es la que presenta las mayores tendencias negativas. La variabilidad interdecadal muestra que la década de los 50 y 80 fueron los más lluviosos para los meses de enero-marzo, mientras que los 20 y la década actual fueron los más secos.

**Palabras clave:** precipitación en la cuenca del río Mantaro, periodos secos y lluviosos, tendencias en precipitación.

### ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze the variability of precipitation at different time scales (seasonal, interannual and decadal), and the time trends in precipitation. We used monthly rainfall data from Viques, Jauja and Huayao stations. For Huayao station, historical data for the period of 1922- 2009 was used. Our analyses made use of correlations between rainfall in the Mantaro River valley and global and regional teleconnection indices to explore the possible influence of these regions on rainfall variability in the Mantaro Valley. We calculated the trends for annual and seasonal precipitation, finding the largest negative trend for the period 1977-2009. Interdecadal variability shows that the 50s and 80s were the wettest decades for of the period January -March, while the 20s and the current decade were the driest.

**Key words:** Precipitation in Mantaro river basin, dry and wet periods, precipitation trend.

## 1. Introducción

Una de las variables climáticas de mayor importancia es sin duda la precipitación, debido a la gran importancia que ésta tiene en las actividades humanas, principalmente en la región de los Andes peruanos, como la cuenca del río Mantaro, ya que casi el 80% de la agricultura se desarrolla a secano. Las variaciones en la cantidad y distribución espacial y temporal de las lluvias puede afectar de diversas maneras las actividades humanas, pero principalmente la agricultura,

siendo las sequías uno de los mayores peligros climáticos en esta región (IGP, 2005a).

El objetivo principal de este trabajo fue analizar la variabilidad de las precipitaciones en diversas escalas de tiempo, que abarca la variabilidad estacional, interanual, decadal, así como las tendencias climáticas, para este último se usaron datos de las series históricas del observatorio de Huayao con información desde 1921 hasta el año 2009. Así mismo, se realizaron correlaciones con otros índices globales y regionales a fin de identificar la influencia de estas regiones

1 Email: [yamina.silva@igp.gob.pe](mailto:yamina.silva@igp.gob.pe)

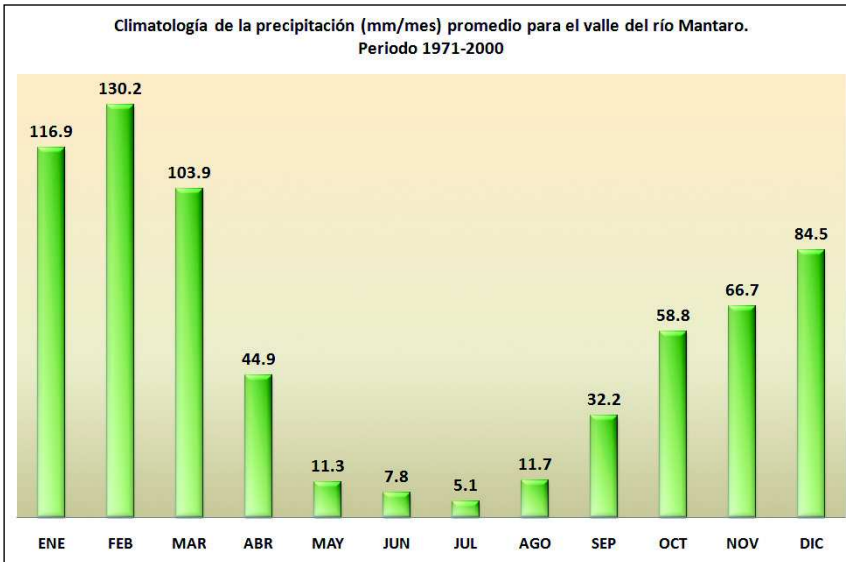


Figura 1. Climatología de la precipitación promediada para el valle del río Mantaro. Se puede apreciar, un periodo seco entre mayo y agosto, inicio de la estación entre setiembre y noviembre y el pico de la estación lluviosa entre enero-marzo.

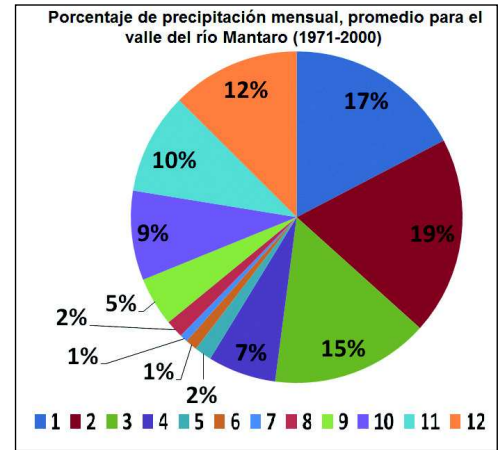


Figura 2. Porcentaje de precipitación mensual en el valle del Mantaro, con respecto a la suma anual.

en el clima del valle del Mantaro.

La zona de estudio, para este trabajo, al igual que todos los que se presentan en este volumen, comprende la zona del valle del río Mantaro.

## 2. Datos y metodología

Para el estudio de la variabilidad interanual de las lluvias en la cuenca del río Mantaro, se analizaron datos de 38 estaciones para el periodo de 1970 al 2004, para los meses de setiembre a abril. Se calculó el Índice de precipitación Estandarizada (SPI, por sus siglas en inglés), mediante el cual se determinaron los años lluviosos y secos. También se analizó la relación entre la variabilidad de las lluvias en el Mantaro y la variabilidad de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) de los océanos Pacífico y Atlántico.

Se utilizaron datos mensuales de precipitación de la estación de Huayao desde el año 1922 al 2007, así como datos de 38 estaciones ubicadas en la cuenca del Mantaro, los cuales se describen en IGP (2005b). Para el análisis de la variabilidad interanual de las lluvias en la cuenca del río Mantaro, se analizaron datos de 38 estaciones para el periodo de 1970 al 2004, para los meses de setiembre a abril. Para lo cual se usó el Índice de Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en Inglés), según la metodología propuesta por McKee et al. (1993), y se consideró un año lluvioso o seco si es que, al menos el 20% de las estaciones presenten valores del SPI positivos o negativos respectivamente.

Para analizar la entre la variabilidad de las lluvias en el Mantaro y la variabilidad de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) de los océanos Pacífico y Atlántico, así como los índices globales, fueron obtenidos del CDC/NCEP<sup>2</sup>.

Para analizar la relación entre las precipitaciones en Huayao y los índices globales y regionales, se usó la correlación lineal de Pearson para determinar la relación entre la precipitación en el valle del Mantaro y los índices climáticos. El periodo base para el calculo de las climatologías fue de 1971-2000.

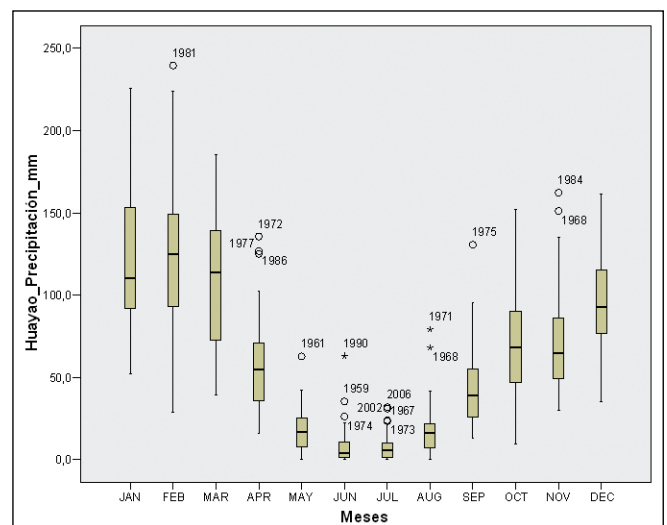


Figura 3. Variabilidad mensual de las precipitaciones en Huayao. Periodo: enero 1958 a diciembre 2009.

Para determinar periodos secos y lluviosos se usó el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), calculado según McKee et al. (1993), y se consideró un año lluvioso o seco si es que al menos el 20% de las estaciones presenten valores del SPI positivos o negativos respectivamente.

Se calcularon las series tendencia lineal as en base a la función de regresión. Para el análisis decadal se calcularon los promedios de las lluvias en décadas empezando de 1922 a 1929, 1930-1939, etc. La climatología se calculó para el periodo 1971-2000.

Las significación estadística fue calculado usando el programa SPSS 13.0.

## 3. Resultados

### 3.1 Variabilidad mensual

El comportamiento de la precipitación mensual en el valle del río Mantaro, es bastante similar al comportamiento en la cuenca. Tal como se describe en IGP (2005b), las precipitaciones tienen gran variabilidad estacional, estando marcado por una estación seca entre mayo y agosto, y una

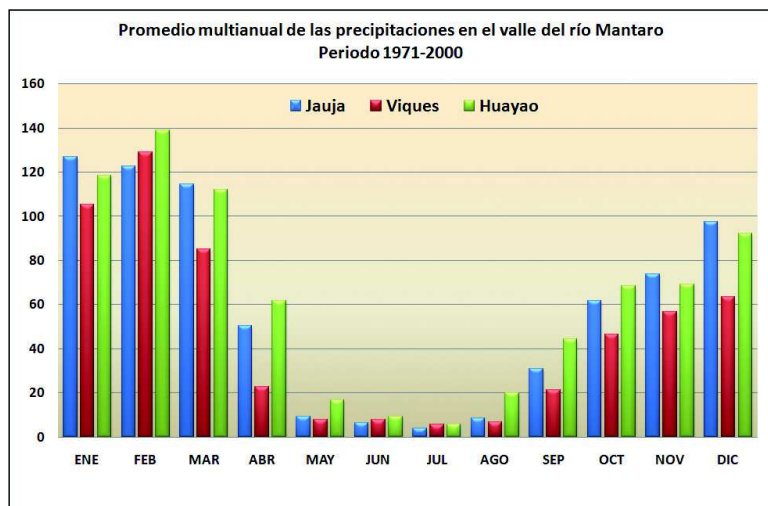


Figura 4. Promedio multianual de las precipitaciones para tres estaciones del valle del Mantaro: Jauja, Viques y Huayao.

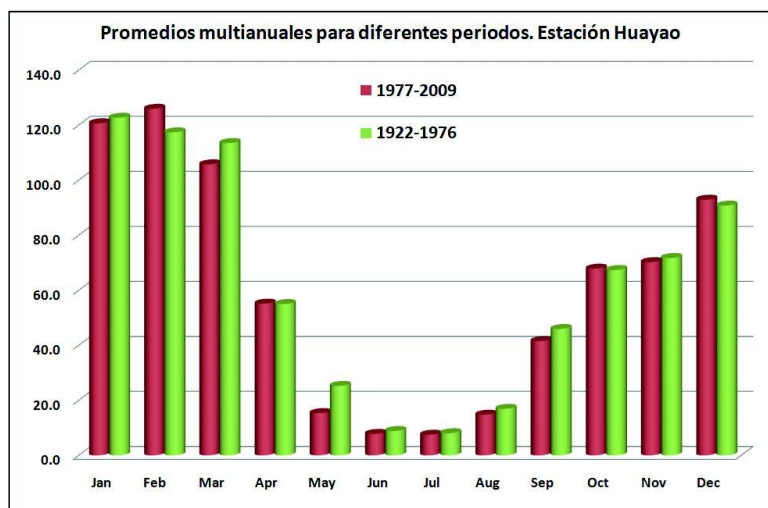


Figura 5. Promedio mutianual de las precipitaciones en el valle del río Mantaro para el periodo 1922-1976 y 1977-2009.

estación lluviosa entre setiembre y abril (figura 1). Cerca del 86% de la precipitación anual ocurren entre los meses de setiembre-abril. Casi la mitad de la precipitación anual (49%) se concentra en los meses de enero-marzo, considerado como el pico de la estación lluviosa, mientras que el 25% en el inicio de la estación lluviosa, entre setiembre y noviembre (figura 2). Mayores detalles sobre el análisis de la climatología a nivel espacial para la cuenca del río Mantaro se puede encontrar el Atlas Climático de la cuenca del río Mantaro, elaborado por el IGP (IGP, 2005a).

El diagrama de cajas de la precipitación mensual en Huayao, muestra que los meses donde las precipitaciones tienen mayor variabilidad son los meses de verano, cuando éstas son máximas. Mientras que los meses de estiaje tienen mejor la variabilidad es menor (figura 3).

### 3.2 Distribución espacial de las precipitaciones

En cuanto a la distribución espacial de las lluvias en el valle del Mantaro, se puede apreciar que hay variabilidad entre las estaciones (figura 4). Siendo la estación de Huayao la que presenta un buen régimen de lluvias, incluso hasta el mes de abril, mientras que Viques es la que registra menor precipitación, principalmente en los meses de inicio (agosto) y fin (abril) de la estación lluviosa de lluvias. De lo que se puede concluir, que la parte central y norte del valle del

TABLA 1. Años lluviosos y secos detectados en la cuenca del río Mantaro.

Años lluviosos	Años secos
1972/1973, 1973/1974, 1980/81, 1981/82, 1983/84, 1985/86, 1993/94 y 2002/03	1976/77, 1979/80, 1986/87, 1989/90, 1990/91,1991/92 y 2003/04, 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008.

río Mantaro la cuenca presenta mayores precipitaciones, mientras que en la zona sur (Viques) tiene cerca de 25% menos las lluvias son 25% inferiores a lluvias que Huayao.

### 3.3 Variaciones en la climatología

Con el propósito de identificar las variaciones que pudieran haberse dado en la climatología (promedio multianual de por lo menos de 30 años), debido al salto en el clima encambio en el clima ocurrido en el año 1976 (Trasmonte et al., 2010) se calculó la climatología de las precipitaciones como un promedio desde 1922 hasta 1976 y de 1977 hasta el 2009 (figura 5). Se puede observar que las variaciones más significativas se están dando en los meses de febrero, marzo y mayo. En el mes de febrero, las lluvias a partir del año 1977 son ligeramente superiores al periodo 1922-1976 (+8,6 mm/mes), mientras que en marzo, mayo y setiembre éstas son inferiores, lo que podría indicar, que en los últimos treinta años, la temporada de lluvias está iniciando un poco más tarde y terminando un poco antes, lo que corrobora la percepción de los agricultores del valle, discutidos en los diversos talleres de trabajo. En el resto de los meses la variación es mínima.

El cambio en clima, observado con mayor detalle en la temperatura máxima del aire en Huayao a partir de 1976 podría estar relacionado con el llamado "shift" climático que se ha observado en diferentes partes del mundo y en diferentes variables climáticas (Trasmonte et al, 2010, en este capítulo).

### 3.4 Variabilidad interanual

Los años secos y lluviosos se determinaron en base al SPI, para lo cual se usaron datos de estaciones ubicadas en la cuenca del río Mantaro. Los datos corresponden a un periodo común, desde 1970 hasta el 2004 para el periodo de setiembre a abril. Los años más lluviosos y secos se indican en la tabla 1 y figura 6. Se encontró que en este periodo, los años más lluviosos fueron: 1972/1973, 1973/1974, 1980/81, 1981/82, 1983/84, 1985/86, 1993/94 y 2002/03 (figura 6). El superávit de lluvias fue generalizada en los años 1993/94 y 1985/86, ya que fueron registradas en la mayor cantidad de estaciones de la cuenca (más de la mitad de las estaciones). Por otro lado, los años más secos fueron: 1976/77, 1979/80, 1986/87, 1989/90, 1990/91,1991/92 y 2003/04, de los cuales el , el periodo seco más prolongado ocurrió entre 1989 hasta inicios de 1993. El peor déficit de lluvias se registró en los años 1991/1992 y 1989/1990, registrándose este déficit 1987en casi el 90% y 70%, respectivamente, de las estaciones de la cuenca y en todos los registros del valle. En la estación de Huayao y Jauja, el déficit observado en el 2004 se mantuvo hasta el verano de 2008.

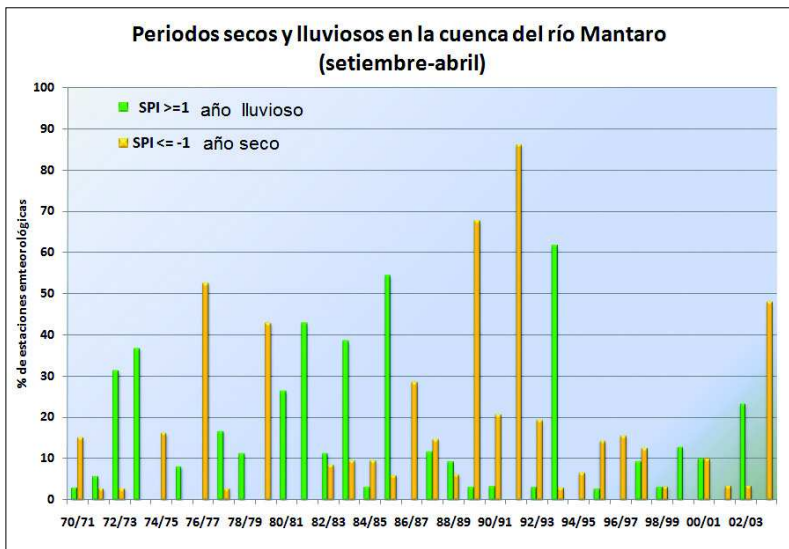


Figura 6. Índice estandarizado de precipitación (SPI). Las columnas verdes indican los años más lluviosos y las amarillas los años más secos (adaptado de Silva et al., 2007).

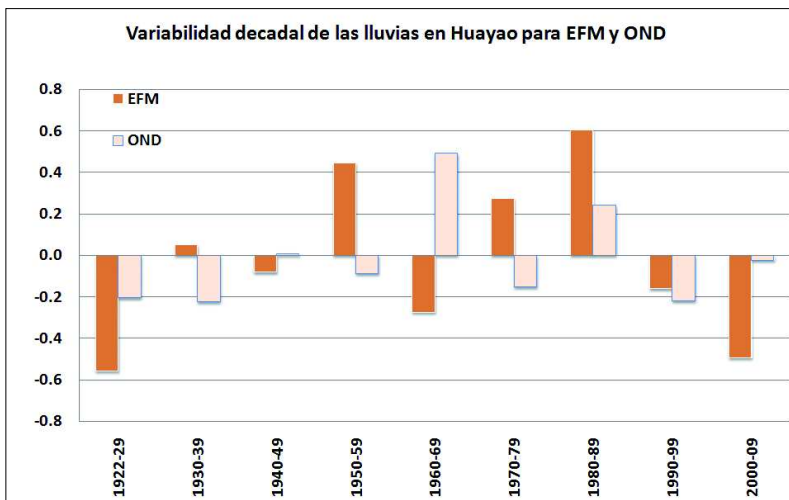


Figura 7. Índices estandarizados de la precipitación decadal en Huayao para OND y EFM.

Según Silva et al., (2007), los periodos secos se hacen mas frecuentes, en casi el 75% de las estaciones de la cuenca, a partir del año 1986/1987, generando una tendencia

negativa de las lluvias, lo cual se discutirá mas adelante en la sección 3.5.

### 3.4 Variabilidad interdecadal de las precipitaciones en el valle del Mantaro

Para el pico de la temporada de lluvias (EFM) se observa que las décadas de los años 50, 70 y 80 fueron los más lluviosos, mientras que la década de los años 20, 60, 90 y la década actual (hasta el 2009) son más secos. Para OND no existe mucha variación hasta la década de los 60s, donde las precipitaciones fueron más intensas. En general, se observa que la mayor variabilidad se da, durante el pico de la estación de lluvias (figura 7).

### 3.5 Tendencias de las precipitaciones en los últimos 80 años

En general la tendencia de la precipitación en la cuenca del rio Mantaro es negativa en la parte norte y central de la cuenca, incluyendo el valle del Mantaro, mientras que la parte occidental y centro sur muestran una pequeña tendencia positiva. La tendencia, basada en el periodo 1971-2000, presenta una reducción de las lluvias del orden del 3% por década (IGP, 2005b; Silva et al., 2006). Sin embargo, de acuerdo a la disponibilidad de datos históricos, las tendencias pueden variar significativamente, por ejemplo para el periodo 1960-2003 prácticamente no se observa ninguna tendencia (IGP, 2005), mientras que para el periodo más largo (1922-2009) esta tendencia es +0,74% por década (no mostrado en %) y para el periodo 1977-2009 la tendencia es -7,2% por década (tabla 2), estos valores son mucho mayores para los meses de octubre y febrero, similar a lo que se muestra en figura 8 para la suma anual. Estos resultados nos hacen sospechar,

que las precipitaciones en el valle del Mantaro tendrían alguna relación con el "Shift" climático observado también en la temperatura máxima del aire en Huayao, descrito por Trasmonte et. al. (2010).

Si bien, las tendencias lineales en la precipitación, muestran una disminución de las lluvias, principalmente a partir

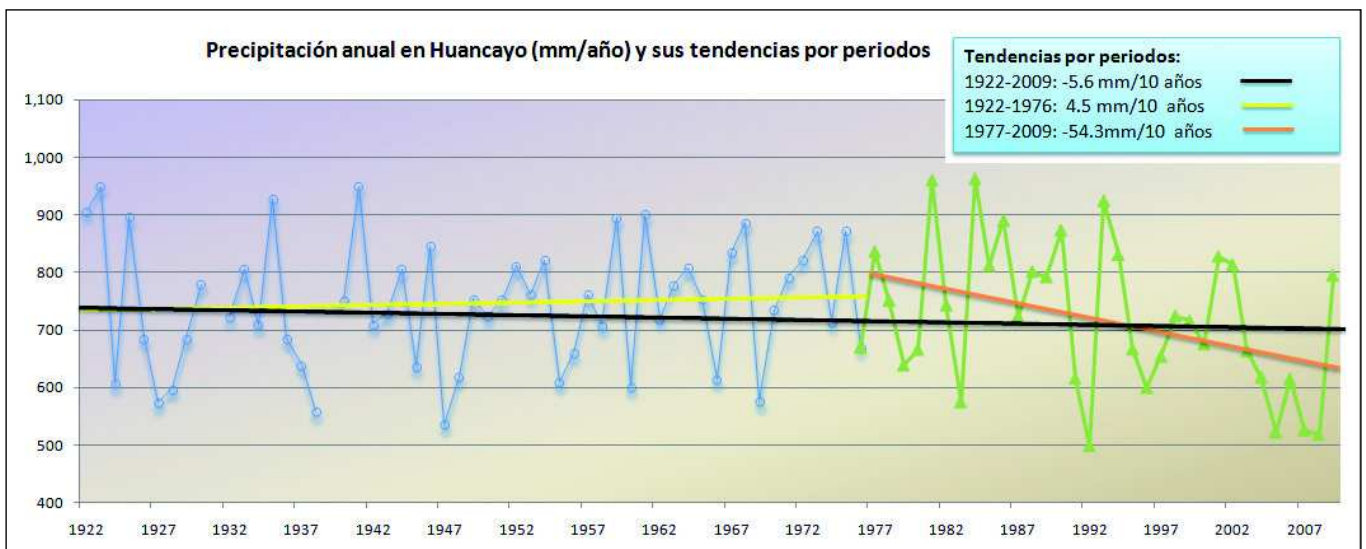


Figura 8. Tendencias lineales de la precipitación para diferentes periodos.

de los años 80, estas no tienen significación estadística. La figura 7, más bien sugiere una oscilación de 30-40 años con periodos lluviosos y secos.

**TABLA 2. Tendencias (mm/ década) en las precipitaciones en el valle del Mantaro para diferentes periodos.**

Periodo		Anual	Set-abril	EFM	OND	Feb	Oct
1960-2003	mm/década	-0.04	3.10	3.00	-0.10	5.50	0.00
1922-2009	mm/década	-5.60	-1.60	0.00	0.20	1.21	0.20
1922-1976	mm/década	4.70	11.46	2.42	1.09	6.10	3.20
1977-2009	mm/década	-54.28	-52.41	-9.6	-3.4	-19.5	-6.1
1977-2009, referente a climat. 1971-2000	%/década	-7.2	-7.5	-2.6	-1.5	-14.0*	-8.9*

\* Significancia al 90%

### 3.6 Relación entre la precipitación en el valle del Mantaro y los índices climáticos

La precipitación a nivel anual no correlaciona significativamente con los índices climáticos, incluso con los índices del Pacífico ecuatorial en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2. Sólo se obtuvo una correlación inversa, estadísticamente inversa y significativa, con la temperatura global y la temperatura máxima en Huayao (tabla 3), lo cual tiene bastante sentido desde el punto de vista físico, ya que mayor precipitación indica mayor humedad en el ambiente y cobertura de nubes, por lo que la máxima temperatura del día es mejor que un día soleado.

**TABLA 3. Correlación entre precipitación de Huayao y temperatura global, PDO y temperatura máxima en Huayao. Periodo 1922-2009**

	PDO	Temperatura global	Temp. Máxima Huayao
<b>Coefficiente de correlación</b>	0.003	-0.205*	-.406(**)

Significación \*al 95%; \*\*al 99%.

## 5. Conclusiones

En general, se encuentra una gran variabilidad interanual y decadal de las lluvias, las cuales tienen relación con la variabilidad interdecadal de la temperatura máxima en Huayao e indirectamente con la temperatura global.

Las tendencias para diferentes periodos presentan una fuerte diferencia, siendo el periodo de 1977-2007 donde las tendencias negativas han sido las fuertes, siendo estadísticamente significativas en los meses de octubre y febrero, esto nos indica de que en los últimos treinta años la reducción de las lluvias se ha incrementado.

La variabilidad interdecadal nos muestra que la década de los 50 y 80 fueron las más lluviosas para EFM, mientras que los 20 y la década actual son las más secas. Sin embargo esta variación no es tan dramática como para el inicio de la estación de lluvias (OND), para la cual la década de los 80 fue la más lluviosa seguida de los 40 y 60, mientras que todas las otras décadas fueron secas, principalmente los 90 y la década actual.

## 6. Bibliografía

- **Instituto Geofísico del Perú, (2005a).** Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la cuenca del río Mantaro. Fondo Editorial CONAM. Lima, Perú.
- **Instituto Geofísico del Perú, (2005b).** Atlas Climático de precipitaciones y temperaturas en la Cuenca del río Mantaro. Fondo Editorial CONAM Lima, Perú.
- **McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, (1993).** The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 179-184.
- **Silva, Y.; Takahashi, K.; Cruz, N.; Trasmonte, G.; Mosquera, K.; Nickl, E.; Chávez, R.; Segura, B.; and Lagos, P. (2006).** Variability and climate change in the Mantaro river basin, Central Peruvian Andes. In: International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (ICSHMO), 8, Foz do Iguazu. Proceedings. São José dos Campos: INPE, 2006. p. 407-419. CD-ROM. ISBN 85-17-00023-4.
- **Silva, Y., Takahashi, K., y Chávez, R., (2008).** Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). Advances in Geosciences 14, 261-264.
- **Trasmonte, G., Y. Silva, B. Segura, K. Latínez, (2010).** Variabilidad de las temperaturas máximas y mínimas en el valle del río Mantaro. Memoria del Subproyecto "Pronóstico estacional de lluvias y temperaturas en la cuenca del río Mantaro para su aplicación en la agricultura". IGP, Lima, Perú.