

Variabilidad de las temperaturas máximas y mínimas en el valle del río Mantaro

Maximum and minimum air temperature variability in the Mantaro valley

Grace Trasmonte, Yamina Silva, Berlín Segura
Karen Latínez

Instituto Geofísico del Perú

RESUMEN

Como parte del estudio base sobre las características y variabilidad climática del valle del río Mantaro, se analizó información de temperaturas mínimas y máximas promedio mensual, estacional, anual y multianual, correspondiente a las localidades de Jauja, Santa Ana, Huayao y Viques, ubicadas de norte a sur en el valle, con altitudes que varían entre 3322 y 3186 msnm. Entre las estaciones analizadas se encuentra Huayao, que cuenta con una de las series meteorológicas más largas (1921 al 2009) de las zonas andinas y rurales del Perú.

Se encontró que en el valle del río Mantaro existe una variabilidad climática mensual bastante uniforme en las temperaturas, con máximos valores dados al sur del valle (Viques) y mínimos en Santa Ana y Jauja; asimismo, en los registros más antiguos, se evidencia el cambio del clima acontecido en esta zona, claramente observable desde inicios de los años treinta (en las temperaturas máximas) hasta nuestros días, con un marcado mayor incremento de las temperaturas, también en la temperatura mínima a partir de mediados de los setentas; todo ello asociado al llamado calentamiento global. Las temperaturas máximas en el valle, están altamente correlacionadas con procesos océano-atmosféricos en el océano Pacífico, especialmente con los eventos El Niño y La Niña y la oscilación decadal del Pacífico (PDO). Las tendencias de calentamiento calculadas desde 1921 indican que las temperaturas máximas han subido a nivel anual y estacional entre 0,50°C y 1,27°C, y en las mínimas dicho incremento se observa solo a partir de 1976, especialmente en otoño e invierno, con valores entre 0,43°C y 1,00°C, calculados hasta junio de 2010.

Palabras clave: Mantaro, temperaturas del aire, variabilidad climática, variables climáticas globales.

ABSTRACT

As part of the study framework based on the characteristics and climate variability in the Mantaro River valley, we analyzed the variability of minimum and maximum air temperature at monthly, seasonal, annual and multiannual scale corresponding to Jauja, Santa Ana, Viques and Huayao stations (located from north to south in the valley, with elevations ranging between 3322 and 3186 masl). Huayao station, with one of the longest meteorological series (1921 to 2009) is among the stations considered for the analysis; this station is located in the rural areas of the Peruvian Andes.

Results from the analysis indicate a uniform variability of air temperature in the Mantaro River valley, with maximum values in the southern valley (Viques) and minimum values in Santa Ana and Jauja. Earliest records show an evident climate change occurred in this area, from the early thirties (in the maximum temperatures) to the present day, with a marked increase. Minimum temperatures show also an increase since the mid-seventies, possibly associated to global warming. The maximum air temperature in the valley is highly correlated with ocean-atmospheric processes in the Pacific Ocean, especially with El Niño and La Niña events and the Pacific Decadal Oscillation (PDO). Estimated trends since 1921 indicate that seasonal and annual air temperature has risen between 0.50°C and 1.27°C. The increase of minimum air temperature is observed only after 1976, especially in autumn and winter, with values between 0.43°C and 1.00°C, calculated until June 2010.

Key words: Mantaro, air temperature, climate variability, global climate variabilities.

1. Introducción

En el proceso de desarrollo de la investigación sobre "Pronóstico estacional de lluvias y temperaturas en la cuenca del río Mantaro para su aplicación en la agricultura", se tuvo que partir haciendo un análisis de las condiciones climáticas en el valle, en lo que concierne a lluvias y temperaturas.

Ello implicó un análisis de las condiciones a escala mensual, estacional, anual, multianual, y su variabilidad en el tiempo, así como ir analizando si se está dando (o ya se ha dado) un comportamiento de cambio climático, tal como lo percibe la población del lugar (IGP, 2005b).

Se han evaluado las temperaturas máximas y mínimas, que son las que tienen un mayor impacto en la actividad agrícola. Escasamente se contó con información de cuatro estaciones con datos meteorológicos, distribuidas en el norte (Jauja), centro (Santa Ana y Huayao) y sur (Viques) del valle, lo que no permitió realizar un análisis espacial más detallado, limitado también por las condiciones orográficas que se dan en la zona.

Con el fin de identificar las posibles variables predictoras de las condiciones térmicas en el valle, se evaluó la relación con las condiciones océano-atmosféricas en el océano Pacífico y Atlántico, en otras zonas del globo, y otras condiciones complementarias que pudiesen estar interviniendo como, por ejemplo la actividad solar. Un particular énfasis se dio al posible impacto de los eventos El Niño y La Niña, que cada cierto tiempo se desarrollan en el océano Pacífico ecuatorial, como también en el Pacífico norte, representado por la llamada oscilación decadal del Pacífico (PDO), que se caracteriza por fluctuaciones de mayor tiempo o duración, es decir, decenas de años.

El contar con una de las series históricas más antiguas de la región andina del Perú y representativa de la zona, que pese a los años, aún se mantiene en un entorno rural, Huayao (12,04°S, 75,32°W, 3313 msnm) facilitó los análisis asociados a El Niño/La Niña, PDO y otros, además permitió realizar un análisis de tendencias que con el tiempo abarcaron hasta 89 años.

2. Área de estudio

El valle del Mantaro, formado por el río del mismo nombre, se encuentra entre los paralelos 11°40' y 12°10' sur y los meridianos 75°10' y 75° 15' oeste en la sierra central del Perú. Tiene una longitud de 70 km desde los alrededores de la ciudad de Jauja (al norte) hasta las localidades de Pucará y Huacrapuquio al extremo sur, su ancho es variable con rangos entre 2 y 8 km, presenta altitudes entre 3100 y 3400 msnm, aproximadamente, y tiene una superficie total aproximada de 70 000 ha (Vega, 2005).

3. Datos y metodología

La información básica que se utilizó fue promedios mensuales de temperaturas máximas (tmax) y mínimas (tmin), de cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en el valle: Huayao, Jauja, Santa Ana y Viques, que se detallan en la tabla 1.

Se utilizó información complementaria de otras variables e indicadores climáticos, algunos globales, regionales o nacionales, descritos en los anexos 1.A y 1.B.

Las series de datos fueron procesadas en el programa estadístico SPSS 13.0, además se utilizó la hoja de cálculo Excel 2003.

Se realizó un detallado control de calidad de la información utilizando técnicas estadísticas e incluyendo la información más antigua de Huayao desde 1921.

Se generaron series de tiempo anuales, estandarizadas y, en algunos casos, suavizadas mediante un promedio corrido de cinco años, esto último para eliminar las fluctuaciones de corto periodo. La serie anual se consideró como promedio de enero a diciembre, la serie de verano al promedio de enero a marzo, otoño al promedio abril a junio, invierno al promedio de julio a setiembre y primavera al promedio de octubre a diciembre. Se lograron identificar, en los datos, oscilaciones utilizando técnicas de análisis espectral y series de tiempo. Se establecieron correlaciones entre las variables locales y los indicadores climáticos, a través del coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de determinación para ver el porcentaje de la variabilidad explicada por dicha correlación, con sus respectivas evaluaciones de significación estadística. Finalmente, se realizó un análisis de tendencias lineales con la serie más larga (Huayao), de un total de 89 años de información (1921 a 2009), calculando también su significación estadística.

3.1. Variabilidad temporal

a) Mensual

Temperatura máxima

En promedio, para el valle (figura 1), las temperaturas máximas presentan el valor más bajo durante marzo (18,4°C) y el más alto en noviembre (20,8°C), con otro pico secundario de valores altos en mayo (20,3°C). Climatológicamente, es en verano cuando ingresa la mayor radiación solar y las temperaturas máximas deben alcanzar sus valores más altos, pero en el caso de las zonas andinas como la cuenca del río Mantaro, los meses de enero a marzo están asociados al periodo de máxima nubosidad y precipitación (IGP, 2005a), las cuales forman una fuerte barrera para la penetración de la energía solar hacia la superficie, por lo que la temperatura durante el día no es muy alta, pero esta misma nubosidad durante la noche absorbe la energía emitida por la Tierra, haciendo que las noches sean menos frías. De esta manera, se logra que

TABLA 1. Estaciones meteorológicas en el valle del Mantaro utilizadas.

Tipo	Altitud	Longitud (O)	Latitud (S)	Estación	Institución	Variables	Periodo
CO	3322	75,474	11,783611	Jauja	Senamhi	tmin, tmax	Ene. 1975-dic. 2009
CP	3313	75,320	12,040000	Huayao	IGP/ Senamhi	tmin, tmax	Mar. 1921-dic. 2009
MAP	3295	75,220	12,004167	Santa Ana	Senamhi	tmin, tmax	Ene. 1992-dic. 2009
CO	3186	75,228	12,155833	Viques	Senamhi	tmin, tmax	Ene. 1998-dic. 2009

CO: Climatológica Ordinaria
CP: Climatológica Principal

MAP: Meteorológica Agrícola Principal

tmin: Promedio mensual de la temperatura mínima
tmax: Promedio mensual de la temperatura máxima

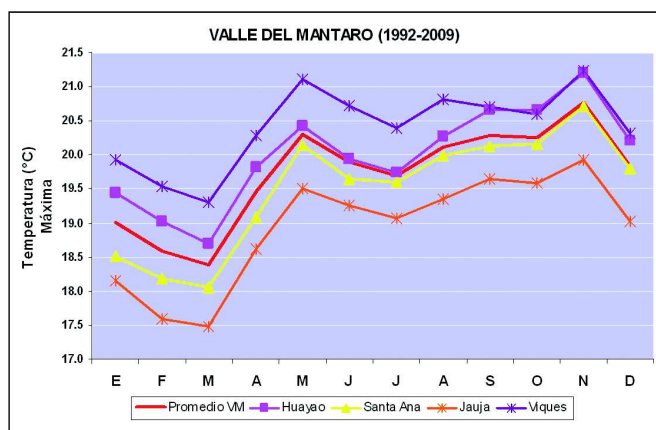


Figura 1. Variabilidad mensual de las temperaturas máximas en el valle del Mantaro. Periodo común: enero 1992 a diciembre 2009, excepto para Viques de enero 1998 a diciembre 2009.

las temperaturas máximas tengan su pico en noviembre y mayo, debido a que se suma la condición de menor cobertura nubosa, mayor ingreso radiación solar y mayor calentamiento atmosférico (Silva, 1991; Villegas, 1991).

La evolución mensual descrita anteriormente se presenta similarmente en todas las zonas del valle evaluadas, con algunas variaciones en las intensidades: más frías en Jauja y

TABLA 2. Coeficiente de correlación (*) entre las series de temperatura máxima en el valle del Mantaro.

	Huayao	Jauja	Santa Ana	Ingenio	Viques
Huayao	1	0.80	0.83	0.92	0.81
Jauja		1	0.74	0.93	0.77
Santa Ana			1	0.96	0.85
Ingenio				1	0.78
Viques					1

(*) Significancia al 99% de confianza

más cálidas en Viques. La mayor variación de las temperaturas máximas se da, por lo general, entre los meses de enero, febrero o entre octubre y diciembre, esto se puede observar en el diagrama de cajas (figura 2); por el contrario, la menor variabilidad se observa en pleno invierno, entre junio y julio, es decir, el comportamiento de las temperaturas máximas en invierno es más estable, mientras que durante el verano (período de lluvias) es más variable.

Para verificar la relación que existe entre las temperaturas máximas en diversas estaciones del valle, se calcularon los coeficientes de correlación, y se encontró buena correlación, principalmente entre las estaciones de Huayao, Santa Ana e Ingenio (tabla 2).

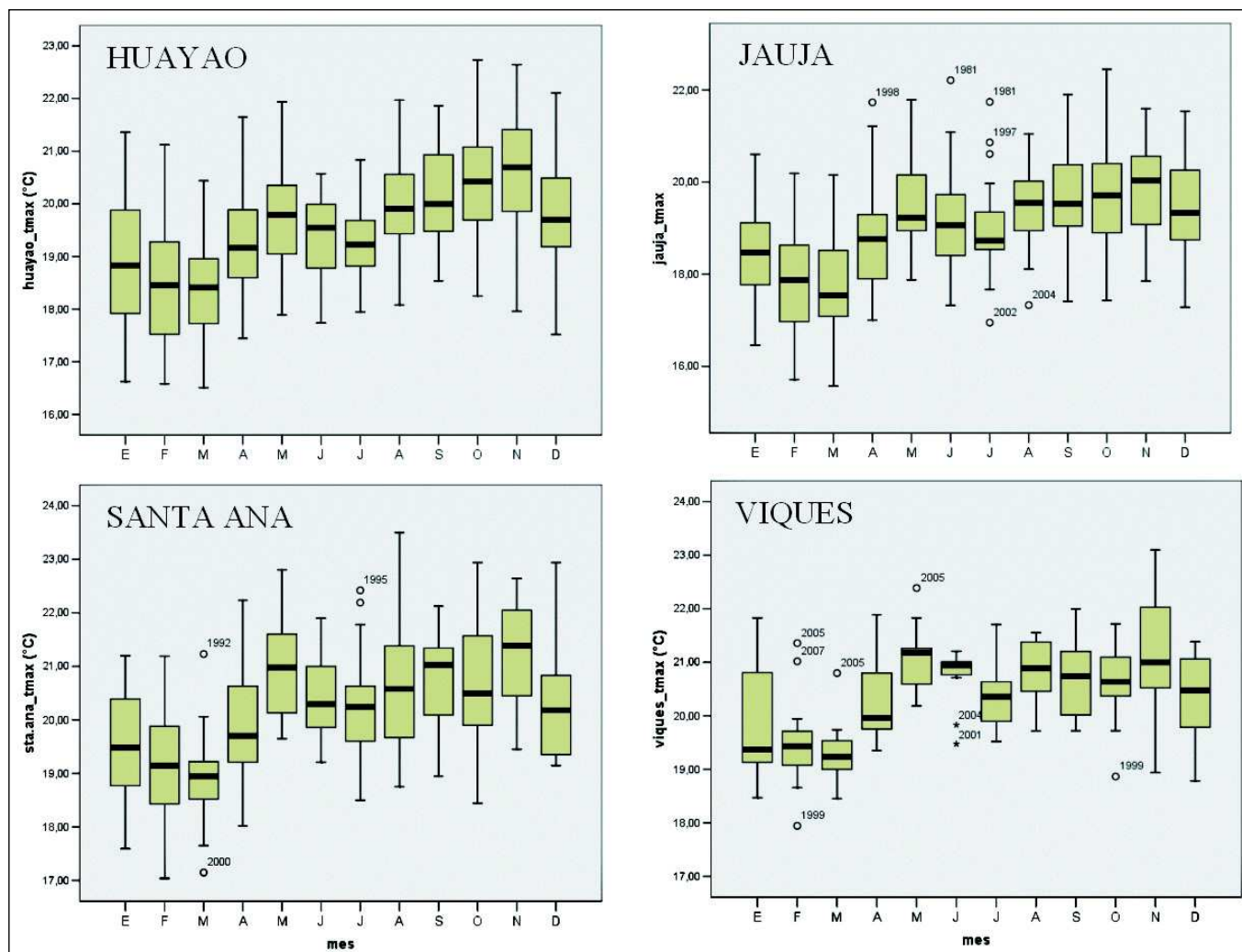


Figura 2. Variabilidad mensual de las temperaturas máximas en el valle del Mantaro. Periodo: enero 1958 a diciembre 2009 en el caso de Huayao, enero 1975 a diciembre 2009 para Jauja, enero 1992 a diciembre 2009 para Santa Ana y de enero 1998 a diciembre 2009 en el caso de Viques.

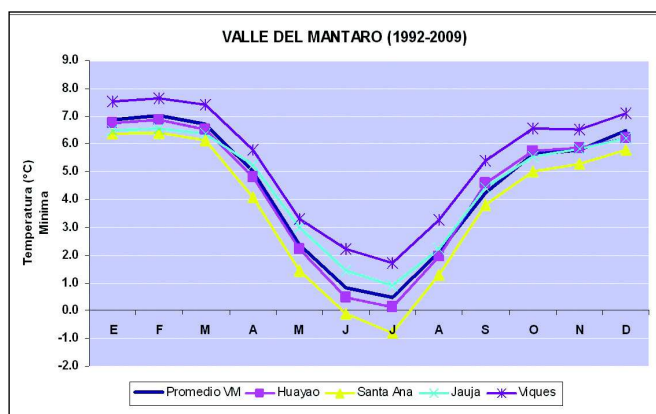


Figura 3. Variabilidad mensual de las temperaturas mínimas en el valle del Mantaro. Periodo común: enero 1992 a diciembre 2009, excepto para Viques de enero 1998 a diciembre 2009.

Temperatura mínima

La variación mensual de la temperatura mínima en el valle del Mantaro está fuertemente asociada a la estacionalidad (figura 3). Se observan dos periodos bien definidos durante el año: uno de mínimos valores, centrado en la estación de invierno (junio y julio), siendo el valor más bajo de 0,5°C en julio; y otro de valores máximos en verano (entre enero y marzo), con un valor promedio alrededor de 7,0°C.

TABLA 3. Coeficiente de correlación (*) entre las series de temperatura mínima en el valle del río Mantaro.

	Huayao	Jauja	Santa Ana	Ingenio	Viques
Huayao	1	0.94	0.98	0.97	0.96
Jauja		1	0.93	0.97	0.90
Santa Ana			1	0.97	0.95
Ingenio				1	0.93
Viques					1

(*) Significancia al 99% de confianza

Los valores más altos de la temperatura mínima se dan en Viques, siendo en julio cerca de 2°C y en febrero a 7,6°C. Por el contrario en Santa Ana se han dado en promedio las temperaturas más bajas de los últimos 17 años, con un valor para julio de -1°C (figura 4). La mayor variabilidad de las temperaturas mínimas se da en los meses de invierno (junio-agosto), época donde son más frecuentes las heladas en la región (IGP, 2005b), y la menor variabilidad se da durante el verano, de enero a marzo.

La correlación de las temperaturas mínimas entre las diversas estaciones del valle es muy buena para todas las estaciones, a diferencia de la temperatura máxima, donde la estación de Viques presentaba una correlación ligeramente inferior a

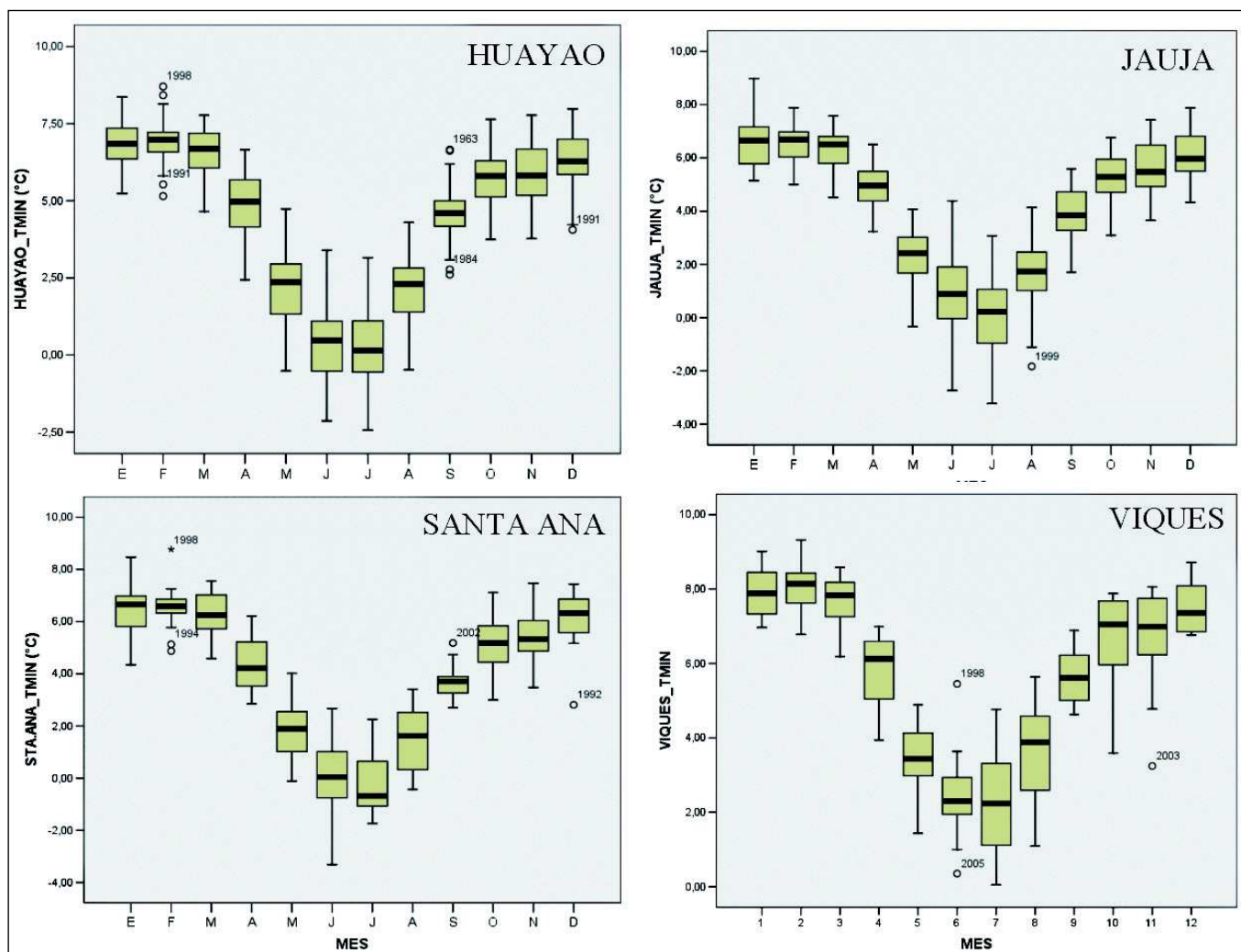


Figura 4. Variabilidad mensual de las temperaturas mínimas en el valle del Mantaro. Periodo: enero 1958 a diciembre 2009 en el caso de Huayao, enero 1975 a diciembre 2009 para Jauja, enero 1992 a diciembre 2009 para Santa Ana y de enero 1998 a diciembre 2009 en el caso de Viques.

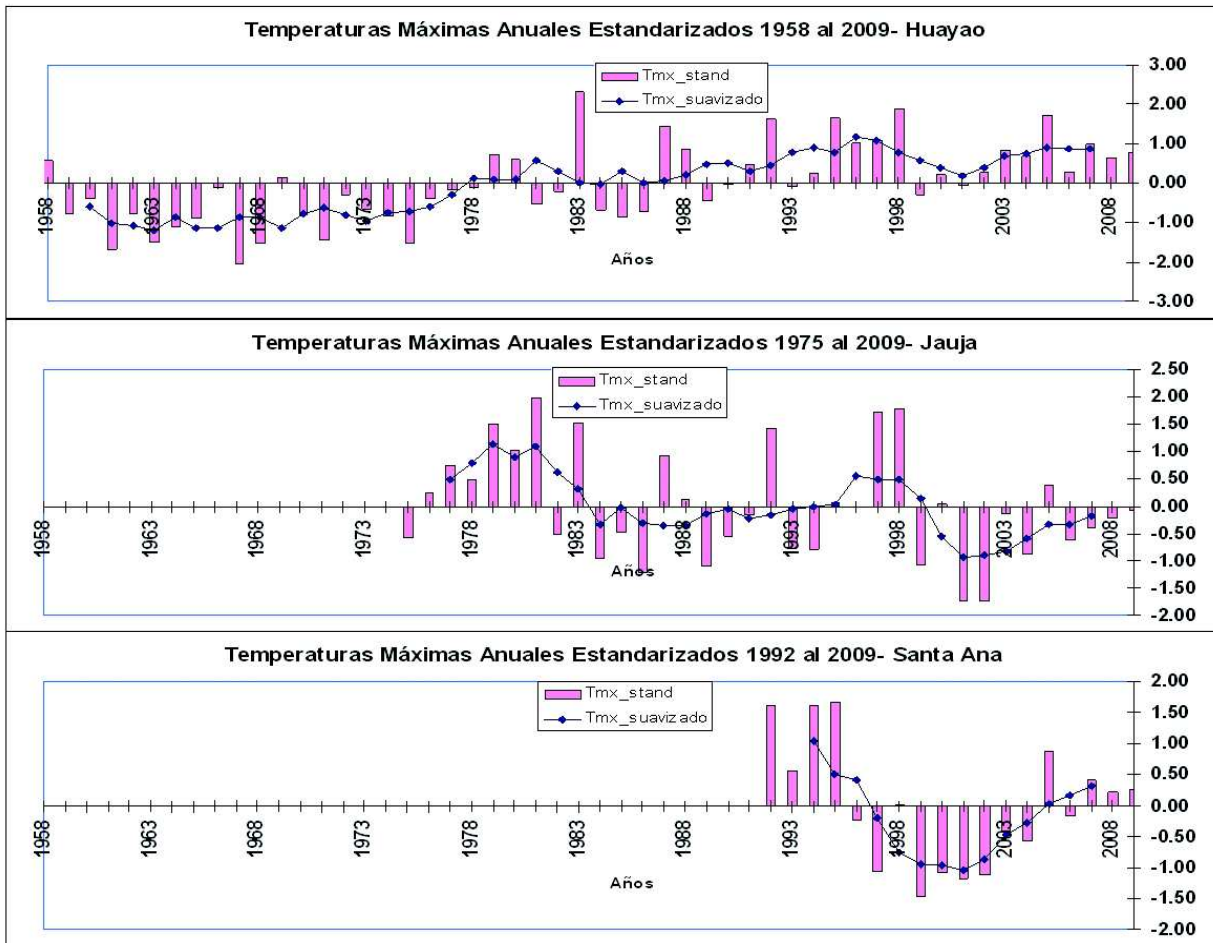


Figura 5. Temperatura máxima anual estandarizada. Estaciones: Huayao, Jauja y Santa Ana. Periodo: 1958-2009.

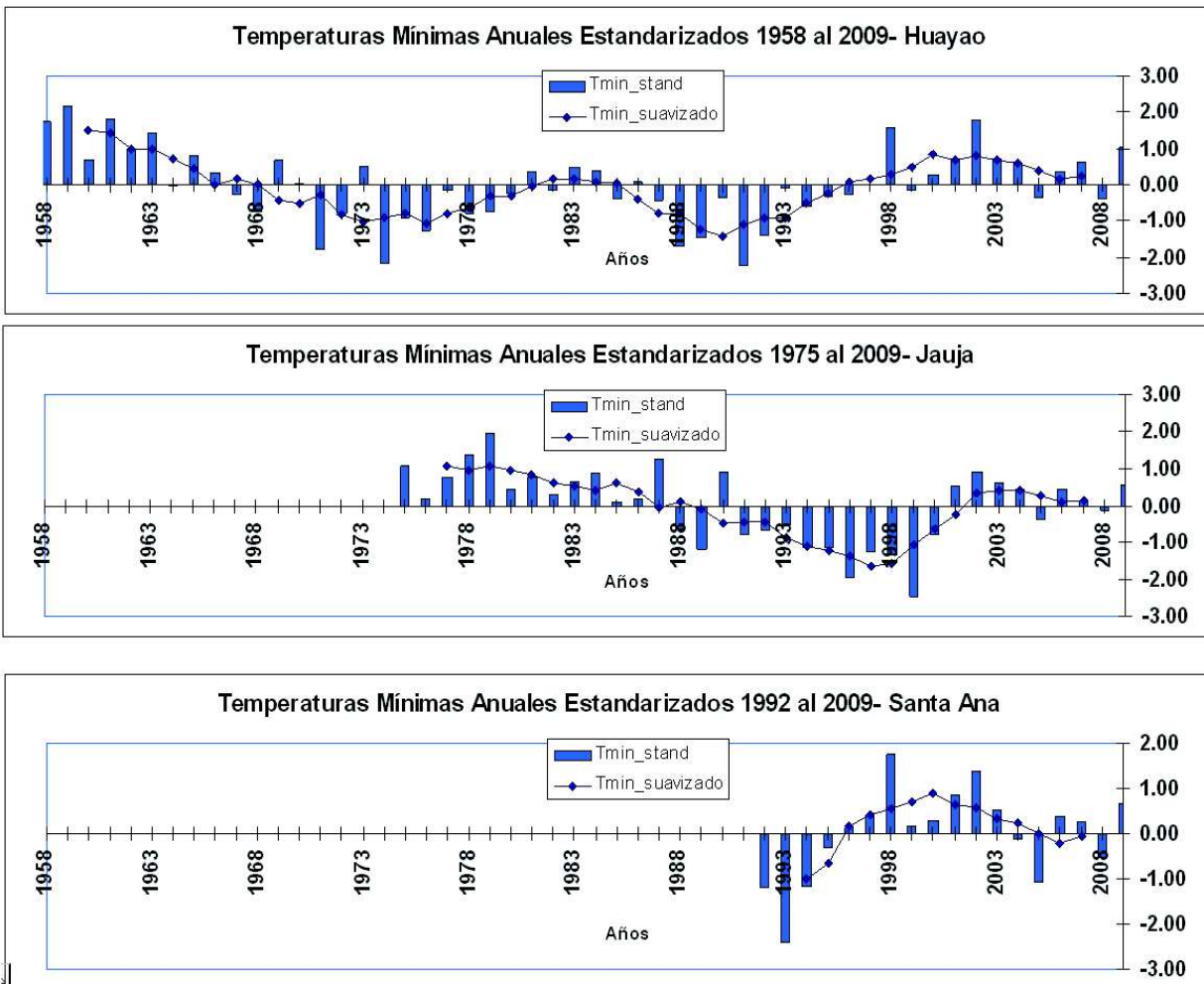


Figura 6. Temperatura mínima anual estandarizada. Estaciones: Huayao, Jauja y Santa Ana. Periodo: 1958-2009.

las otras estaciones. La mejor correlación, para la temperatura mínima, se da entre Huayao y Santa Ana (tabla 3).

b) Variabilidad anual

Temperatura máxima

En la figura 5, se tienen las variaciones anuales estandarizadas de las temperaturas máximas de Huayao, Jauja y Santa Ana, para sus respectivos periodos, a las cuales se les ha añadido la serie suavizada, con un promedio corrido de 5 años (Tmx suavizado). Lo más evidente es que en Huayao se aprecia un punto de quiebre después del año 1977, con valores predominantemente por debajo del promedio antes de 1976, y por encima del promedio después de ese año. En Jauja, por el contrario, se observa un periodo relativamente menos cálido desde 1984, con excepción de algunos años que en su mayoría coinciden con los años de El Niño. En Santa Ana, aunque el periodo de datos es corto, puede observarse que a fines de los años 90 hasta el 2004 ha habido anomalías negativas, lo cual se observa también en Jauja; y en Huayao, si bien no se dan las anomalías negativas, se observa que las anomalías positivas han disminuido en ese periodo. Para Viques no se muestra la figura, debido a que tiene menos información.

Temperatura mínima

En la figura 6, se observa en las series, sobre todo al suavizarlas, periodos de alternancia de varios años (alrededor de 10 a 11 años) con anomalías positivas y negativas, aunque no necesariamente coincidentes en el tiempo entre las diferentes zonas, lo que sugeriría alguna relación con la actividad solar.

Años extremos, los mas cálidos y fríos

Utilizando los valores anuales estandarizados, se determinó para cada serie, los años que fueron más extremos, relativo a su longitud de periodo, los cuales se resumen en la tabla 4.

De la tabla 4, se puede inferir que un buen número de años con temperaturas extremadamente cálidas (sea en

TABLA 4. Años más cálidos y más fríos en el valle del Mantaro (ordenados para cada zona según su intensidad, de mayor a menor).

	Temp. mínimas anuales		Temp. máximas anuales	
	+ Cálidos	+ Fríos	+ Cálidos	+ Fríos
Huayao 1958-09	1959	1991	1983	1968
	2002	1974	1998	1961
	1961	1971	2005	1975
Jauja 1975-09	1979	1999	1981	2001
	1978	1996	1998	2002
	1987	1998	1997	1986
Santa Ana 1992-09	1998	1993	1995	1999
	2002	1992	1992	2001
	2001	1991	1994	2002
Viques 1998-09	1998	2003	2005	2003
	2009	2000	2008	2001
	2004	1999	2004	1999

la máxima o la mínima) en el valle o algunas zonas de él, fueron años con ocurrencia de eventos con El Niño en el océano Pacífico ecuatorial (CPC/NOAA, 2009), de intensidad extraordinario (1982-83, 1997-98), o entre fuertes y moderados como fueron 1992, 2002, 1987 y 1958. Además, años extremadamente fríos se presentaron con La Niña, como en 1968, 1991, 1971, 1974, 1975, 1999, 2000, entre otros. Para una mejor comprensión de esta relación, se realizó un análisis complementario respecto a la relación entre las temperaturas en el valle con eventos El Niño y La Niña.

c) Multianual

Esta parte del estudio se va a centralizar en analizar las series de temperaturas más largas que existen en el valle, que corresponden a Huayao, para el periodo 1922¹-2009 (88 años), cuyos datos anuales estandarizados (relativos al nuevo periodo de información) se muestran en la figura 7.

Similarmente a lo que se obtuvo con la serie a partir de 1958, se aprecia el cambio en el régimen de la temperatura máxima, en el año 1976, con temperaturas más altas del promedio posterior a dicho año, y más bajas del promedio anteriormente hasta 1928, y destaca también un periodo de altas temperaturas máximas entre los años 1924 y 1926.

El cambio a partir de 1976, podría estar relacionado con el llamado cambio o "shift" climático que se ha registrado en diferentes partes del mundo y observado en diferentes variables océano-meteorológicas, alrededor de mediados de los 70 y que ha sido ampliamente documentado por diferentes investigadores (Wu, et. al., 2005; Tourre et. al. 1999; Miller et al., 1994; Ebbesmeyer et. al., 1991; Villarroel et. al., 2006). Si bien a la fecha no está muy clara la causa de dicho cambio, algunos lo asocian a modificaciones en el comportamiento térmico del océano Pacífico, más específicamente en el sector del hemisferio norte (al norte de los 20°N), representado por la llamada oscilación decadal del Pacífico (PDO, por su siglas en inglés), definida por Mantua et. al. (1997).

El periodo de temperaturas más cálidas de lo normal, alrededor de 1925-26, requiere también un mayor estudio, aunque a priori podría suponerse que podría estar relacionado a calentamientos térmicos marinos un poco más regionales como los registrados en el océano Pacífico ecuatorial central u oriental, tipo El Niño, al haberse registrado un evento de intensidad fuerte a muy fuerte en dicho año (Woodman, 1985).

Estas variaciones y sus posibles relaciones con otras registradas a nivel global, serán analizadas con mayor detalle en la sección 3.2.

Por otro lado, en las temperaturas mínimas se observan claramente las fluctuaciones (ascensos o descensos con relación al promedio histórico) de largo periodo, con duración por lo general entre 10 y 12 años, lo que podría sugerir más bien alguna influencia de tipo solar, que se analizará posteriormente.

3.2 Relación con variables climáticas globales y otras asociadas

a) Temperaturas máximas y mínimas de Huayao versus variables climáticas

Anual

Las series de Huayao fueron comparadas con diferentes variables climáticas globales, regionales y nacionales que

1 Existe información desde 1921, pero con datos faltantes (los meses de enero y febrero), por lo que se prefirió omitir dicho año.

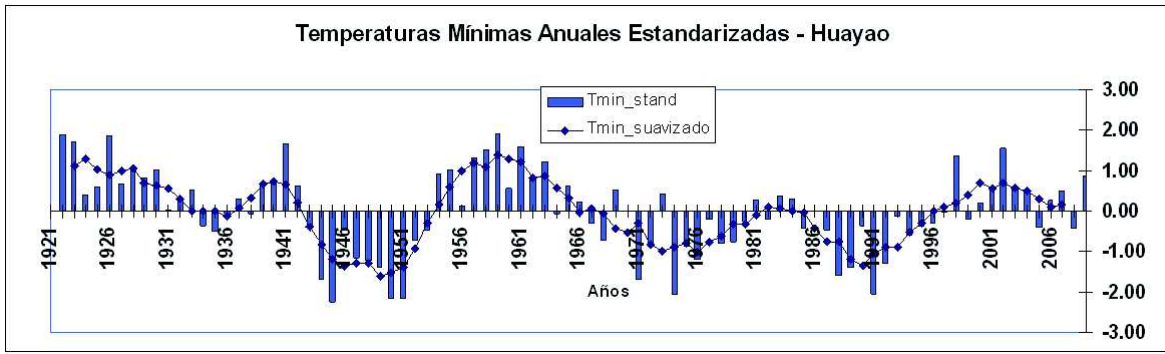


Figura 7. Temperatura máxima y mínima anual estandarizada. Estaciones: Huayao. Periodo: 1922-2009.

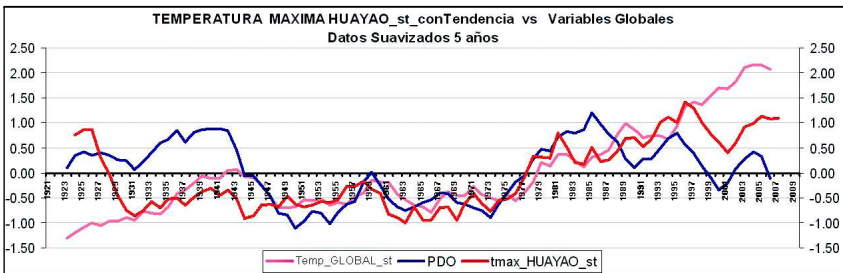
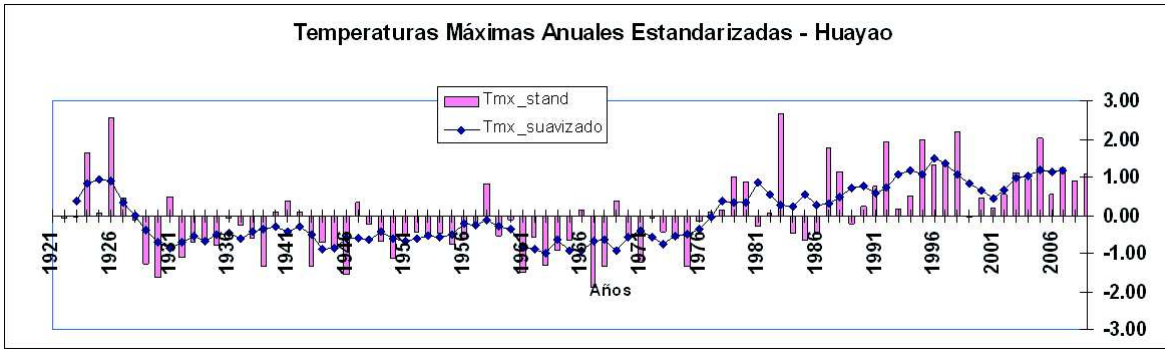


Figura 8. Temperatura máxima anual en Huayao con salto de 1976 versus el índice de oscilación decadal del Pacífico y temperatura promedio global. Periodo: 1922- 2008.

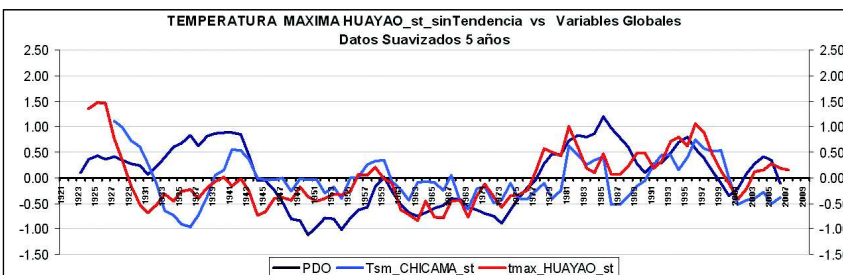


Figura 9. Temperatura máxima anual en Huayao sin salto de 1976 versus el índice de oscilación decadal del Pacífico y la temperatura superficial del mar en Puerto Chicama. Periodo: 1922-2008.

después del año 1976 en la Tmax de Huayao, estos son similares a los que se han registrado en la Temp_Global, relacionada al llamado calentamiento global (o cambio climático), excepto para los periodos 1925-1930, 1997-2008, aproximadamente; en el primer caso, la temperatura en Huayao experimentó un aumento importante, por encima del promedio histórico que no se observa en la Temp_Global; y en el segundo, hubo un fuerte descenso de las tmax alrededor del año 2001, que no se aprecia en la Temp_Global. Los coeficientes de correlación entre la temperatura máxima en Huayao y la temperatura global fueron del orden 0,73 para el periodo 1922-2009, y de 0,88 para el periodo 1931-2009.

Con el PDO, se ve también buena correlación, especialmente a partir de 1945, aproximadamente, que mejoró notablemente cuando se removió la tendencia cálida de Tmax_Huayao desde 1976 (figura 9). Entonces se encontró entre ambos un

coeficiente de correlación de 0,53 (periodo 1922- 2008), que subió a 0,77 cuando se tomó solo el periodo 1945-2008. La disminución del PDO alrededor del año 2001 y su posterior recuperación a condiciones normales, es también similar a lo sucedido con el comportamiento de la tmax de Huayao en dichos años.

Adicionalmente, cuando se incorporó información de la temperatura superficial del mar en Puerto Chicama, Tsm_Chicama (figura 9), que representa las condiciones térmicas en la costa norte-centro peruana y el sector oriental del Pacífico ecuatorial (Trasmonte y Silva, 2008), se observó una regular a buena correlación con la tmax a lo largo de los años, y particularmente antes de 1930, que ni el PDO ni la Temp_Global explicaban. En este caso, las correlaciones que se obtuvieron fueron de 0,48 en el periodo común 1925-2008 (tmax_Huayao sin tendencia desde 1976), 0,51 en el periodo 1933-2008 y 0,57 en el periodo 1945-2008. Es importante señalar que ninguno de los otros indicadores

también tienen largo periodo de datos, cuya lista se presenta en el anexo 1.A, con el detalle del tiempo de su registro, característica y ubicación.

Se realizó un proceso de correlación y graficado para determinar cuál de las variables globales y las otras complementarias, presentaban mayor similitud con las series locales y que podrían estar aportando en las variaciones de periodo largo.

Se encontró que las temperaturas máximas presentan de regular a muy buena correlación con diferentes variables globales, siendo las más altas con el PDO, la Temp_Global y Tsm_Chicama, correlaciones que mejoraban un poco más cuando se filtraba las altas frecuencias (con suavizado de 5 años).

En la figura 8, se pueden apreciar los cambios antes y

climáticos del Pacífico ecuatorial evaluados en esta parte de la investigación, tales como el índice Niño 3.4, TNI (diferencia estandarizada del índice Niño 1+2 menos índice Niño 3.4) o la tsm_82W4S (temperatura superficial del mar en la zona del Pacífico ecuatorial oriental ubicada en 82°W y 4°S), presentaron un periodo cálido antes de 1930-1931, de varios años, tal como se observa en los datos de Chicama, sin embargo todos ellos señalan al año 1925 ó 1926, como año con temperaturas sobre su promedio histórico, asociado a la ocurrencia de El Niño.

Cuando se analizaron las temperaturas mínimas de Huayao, las correlaciones con los índices climáticos utilizados fueron mucho menores, y en la mayoría de casos sin significación estadística. En la tabla 5, se presentan algunos resultados obtenidos para la tmin y la tmax para el periodo 1922-2008.

Mensual

También se analizó información mensual para determinar en qué meses del año existe mejor correlación entre las tmin y la tmax del valle con variables globales de impacto a menor escala temporal (mensual y estacional). Este análisis se restringió a series de tiempo de menor longitud, de 1958 a 2009 en el caso de Huayao y los otros menores correspondientes a las demás zonas del valle. Además, se tomó un mayor número de indicadores del océano Pacífico tropical (Niño 1+2, Niño 34, Niño 4, Presión en Tahiti, Presión en Darwin, Índice de Oscilación Sur SOI), se incorporaron

indicadores del océano Atlántico (TSM Atlántico tropical norte, TSM Atlántico tropical sur, TSM Atlántico Caribe-CAR) y otros complementarios, todos los cuales se describen en el anexo 1.B.

Se encontraron moderados a altos coeficientes de correlación entre las series de estudio, encontrándose las correlaciones más significativas para los meses de enero a mayo, principalmente con las TSM del Pacífico ecuatorial central. En la figura 10 se presenta en forma gráfica los coeficientes de determinación (en %) obtenidos entre las temperaturas máximas y mínimas e índices globales oceanográficos, en los meses de enero a diciembre (de 1 a 12, respectivamente) para las diferentes zonas del valle. Además, en la figura 10 se presenta en forma gráfica los coeficientes de determinación (en %) obtenidos entre las temperaturas máximas y mínimas e índices globales oceanográficos, en los meses de enero a diciembre (de 1 a 12, respectivamente) para las diferentes zonas del valle.

De las tablas obtenidas se pudo observar que las temperaturas máximas están alta y generalizadamente correlacionadas, en forma directa con índices térmicos del océano Pacífico ecuatorial en los meses de verano y otoño (enero a mayo). Esto quiere decir, que cuando se incrementan las temperaturas superficiales marinas del océano Pacífico, también se incrementarían las temperaturas máximas del valle del Mantaro, y viceversa. Dicho de otra manera, en caso de que se produjera un evento El Niño (cuyo desarrollo suele darse en la cuenca del océano Pacífico, generalmente entre primavera y el verano del hemisferio austral), afectaría en forma directa al valle del Mantaro con mayores valores de temperaturas máximas.

Las máximas correlaciones obtenidas en todo el proceso fueron entre las tmax de los meses de febrero (Huayao, Jauja y Viques), marzo (Santa Ana) y abril (Huayao), especialmente con las temperaturas y anomalías en el Pacífico ecuatorial central (Niño 34). Dichos valores variaron entre 0,7 y 0,77, el valor mayor con Jauja.

La relación obtenida con el océano Atlántico, incluyendo en lo que concierne a tmax, no fue tan clara como con la relación con las temperaturas y anomalías en el Pacífico, sino más bien variable, con casi ninguna o poca correlación con los sectores TSA y TNA, sin embargo, se encontró que la zona del Caribe (sector: CAR) estaría correlacionado ligeramente a moderadamente ($10\% < r^2 < 26\%$) con las tmax y tmin en Huayao durante varios meses del año (entre diciembre y setiembre para las tmax, y entre enero a abril en las tmin), relación que no se observa tan persistentemente, sino más esporádica con otras zonas del valle. En el caso de los sectores tropicales norte y sur del Atlántico, cuando se presentaron algunas pocas correlaciones estadísticamente significativas con las temperaturas del valle, estas fueron de tipo inverso con el sector sur del Atlántico (sector TSA) y la diferencia de anomalías de las TSM entre el sector sur y norte (TSA-TNA) y directo con el sector norte (TNA).

En comparación con las tmax, las tmin en el valle del Mantaro presentaron por lo general correlaciones bajas a moderadas $0,3 < r < 0,47$, con los índices oceánicos del Pacífico y el Atlántico durante el verano (enero a marzo).

Similarmente a los índices oceanográficos, se encontró una moderada a alta correlación ($0,5 < |r| < 0,71$) entre los índices globales atmosféricos del océano Pacífico tropical y las tmax en el valle en los meses de enero a abril (excepto en Jauja para los meses de enero y febrero). Las relaciones obtenidas, como era de esperarse, fueron de tipo inverso (negativo) con el SOI y las presiones (y sus anomalías) de la

TABLA 5. Correlación entre temperaturas mínimas y máximas de Huayao y variables climáticas globales y regionales

	PDO	Temp_Global	Tsm_Chicama
TMIN_HUAYAO			
Periodo	1922 al 2008	1922 al 2008	1925 al 2008
Coef. de Correlación	0,17	-0,037	0,24
Sig.	No sig.	No sig.	Sig. < 0,05
TMAX_HUAYAO Quitando tendencia 76-09			
Periodo	1922 al 2008	1922 al 2008	1922 al 2008
Coef. de Correlación	0,53	0,29	0,48
Sig.	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Manteniendo tendencia 76-09			
Periodo	1922 al 2008	1922 al 2008	1922 al 2008
Coef. de Correlación	0,51	0,73	0,3
Sig.	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Sig. = Significancia estadística

NOTA: Series de promedios corridos de 5 años

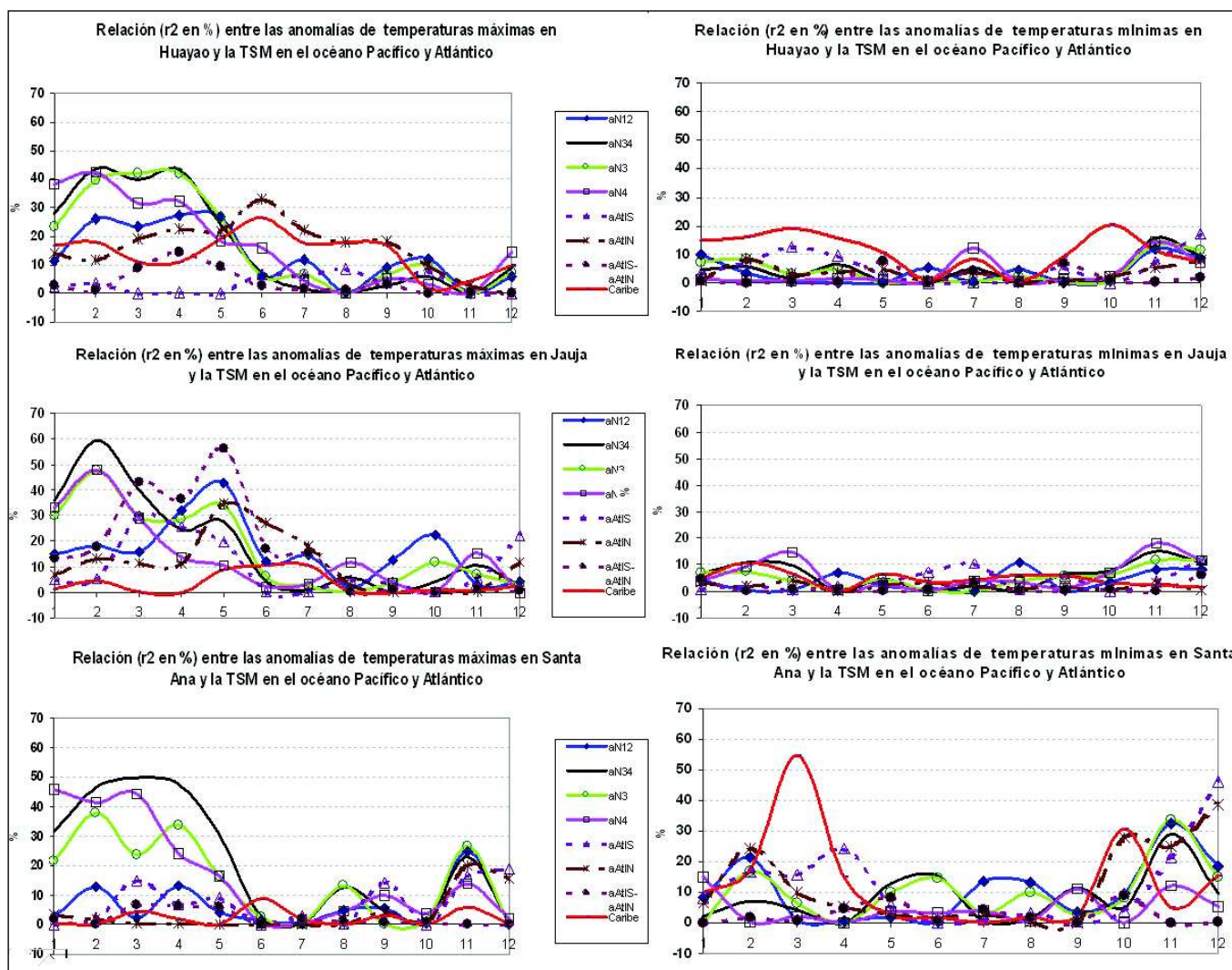


Figura 10. Coeficientes de determinación en % (r^2 %) mensual entre temperaturas en el valle del Mantaro y variables oceánicas globales. Temperaturas máximas en la columna de la izquierda y temperaturas mínimas en la columna de la derecha.

TABLA 6. Años El Niño y La Niña identificados según el índice Niño&Niña, ONI y Niño 1+2.

El Niño	La Niña
1925	1950
1926	1954
1930	1955
1931	1956
1940	1971
1941	1973
1957	1975
1958	1988
1965	1999
1969	2008
1972	
1982	
1983	
1987	
1992	
1997	
1998	
2002	
2006	

zona de Darwin en el Pacífico tropical occidental, y de tipo directo (positivo) con la zona de Tahití, en el Pacífico tropical suroriental; los cuales se deben a las relaciones de tipo inverso que existen entre las TSM y las presiones superficiales de la atmósfera adyacente.

Así también se encontró que la t_{max} de Huayao presenta una correlación persistente y directa (moderada) con las anomalías de las temperaturas promedio globales del aire (aGlobalTair) durante todo el año, y en menor proporción y persistencia en las t_{max} de Santa Ana y Viques. Índices extratropicales, como fue el caso del oscilación del Atlántico norte (NAO), no tuvieron ninguna correlación significativa con los índices térmicos del valle.

b) Relación con El Niño y La Niña

Se han ido encontrando algunos resultados que indican la importante influencia de las condiciones térmicas océano-atmosféricas en el océano Pacífico tropical sobre las temperaturas del valle del Mantaro, en particular sobre las máximas. En este ítem se evaluará con más detalle lo que ha sucedido con las temperaturas máximas y mínimas del valle en años definidos de ocurrencia de eventos El Niño y La Niña, para lo cual se utilizó la serie más larga de Huayao.

Como existen diversos índices para la definición de las condiciones climáticas en el Pacífico ecuatorial (cálidas tipo El Niño, o frías tipo La Niña) se consideró utilizar las más

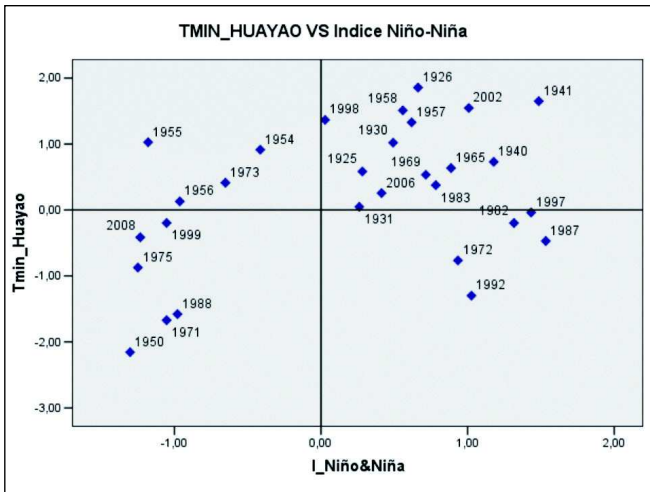


Figura 11. Temperatura mínima y máxima anual de Huayao vs Índice de El Niño y La Niña.

conocidas en base a la TSM en el Pacífico como son ONI o Índice Oceánico El Niño (basado en el Índice Niño 3.4) y el Índice Niño 1+2, además de otro, al que se le dio el mayor peso, que conjuga la contraparte oceánica y atmosférica, como por ejemplo el creado por Smith y Sardeshmukh (2000), llamado el "Mejor Índice ENSO", que nosotros denominaremos I_Niño&Niña, en el que se sintetiza información estandarizada del SOI y Niño 3.4, desde 1871 a la fecha.

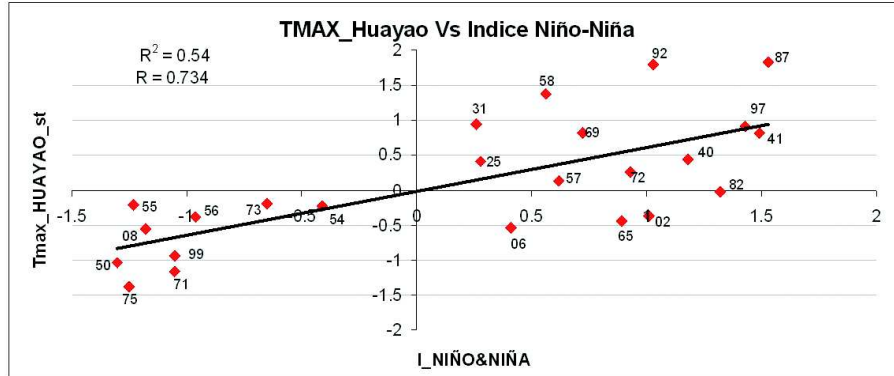
Los años identificados como Niño o Niña se presentan en la tabla 6, con un total de diecinueve años tipo El Niño y diez tipo La Niña. Con esa información se obtuvieron los

correspondientes valores anuales estandarizados de la tmax (sin tendencia después de 1976) y de la tmin de Huayao, que se graficaron en función a los valores del I_Niño&Niña de esos años, encontrándose una buena correspondencia entre los eventos La Niña y El Niño con las temperaturas máximas y en menor proporción con las tmin (figura 11). Nueve de diez eventos (90%) La Niña identificados implicaron condiciones de la tmax anual en el valle, por debajo del promedio histórico; y en el caso de los eventos El Niño, en la mayoría de ellos, catorce de los diecinueve (74%), se presentaron condiciones más cálidas de lo normal de la tmax, en el resto se dieron condiciones entre normal o más frías de lo normal. Con las tmin, las proporciones disminuyen, solo en un 60% (seis de diez) de eventos La Niña se presentaron condiciones más frías de lo normal, y en un 68% (trece de diecinueve) de eventos El Niño las condiciones térmicas fueron por encima de lo normal.

Es interesante además observar que los años El Niño, considerados extraordinarios o muy fuertes como son Niño 1925-26, Niño 1982-83 y Niño 1997-98 (en ese orden), ocasionaron los valores más extremos en las temperaturas máximas de Huayao, asociados a este tipo de eventos.

Tomando en cuenta un 90% de eventos La Niña y un 80% de los eventos El Niño (graficados en las figura 12 y 13), la correlación entre los índices mejoró notablemente para la tmax y tmin, haciéndolo estadísticamente significativo.

De lo obtenido, se puede indicar que en general existe una muy alta probabilidad (90%) de que durante un evento La Niña, las tmax anuales en Huayao tiendan a ser más frías de lo normal aunque las tmin anuales no necesariamente lo van a ser (tienen solo un poco más del 50% de probabilidad de serlo), y por otro lado, habría una probabilidad alta (68 a 74%) de que durante la ocurrencia de un evento El Niño, las temperaturas tanto mínimas como máximas en Huayao sean más cálidas de lo normal.



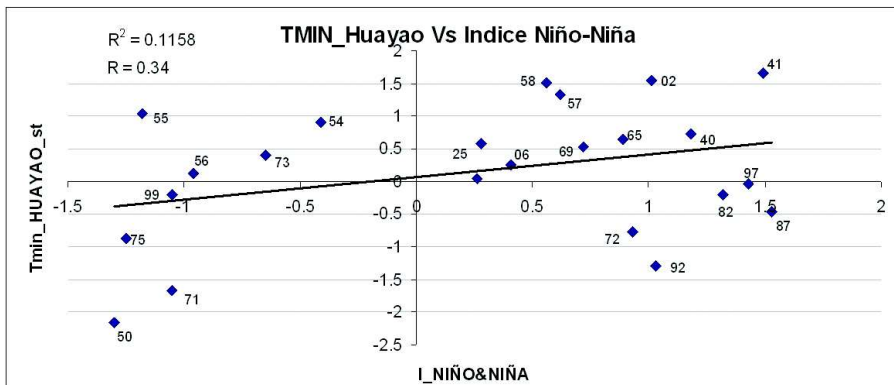
R estadísticamente significativa al 99%

Figura 12. Correlación significativa entre temperatura máxima anual de Huayao e Índice de El Niño y La Niña.

c) Temperaturas mínimas de Huayao e índices solares

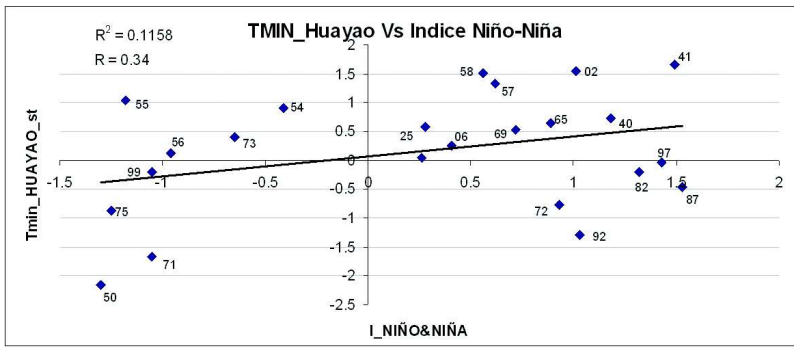
Las fluctuaciones de baja frecuencia en las temperaturas mínimas, de alrededor de una década, fueron evidentes, por lo que se realizó un análisis espectral para determinar las periodicidades más predominantes en la serie (figura 14), destacando los siguientes ciclos: 3 años, 3,6 años, 14 años y 21,8 años. El último podría estar asociado a ciclos solares.

Se contrastó la información anual de tmin Huayao con información de número de manchas solares (SSN, siglas en inglés), sin encontrarse ninguna relación entre ambos (r encontrado fue de -0,02), tal como se observa en la figura 15; tampoco se encontró buena correlación con series estacionales (verano, otoño, invierno o primavera). A pesar de los resultados encontrados, aún no se podría descartar una posible influencia solar en las temperaturas mínimas, y más bien se recomendaría que se realice un estudio más detallado al respecto.



R estadísticamente significativa al 99%

Figura 13. Correlación significativa entre temperatura mínima anual de Huayao e Índice de El Niño y La Niña.



R estadísticamente significativa al 99%

Figura 13. Correlación significativa entre temperatura mínima anual de Huayao e Índice de El Niño y La Niña.

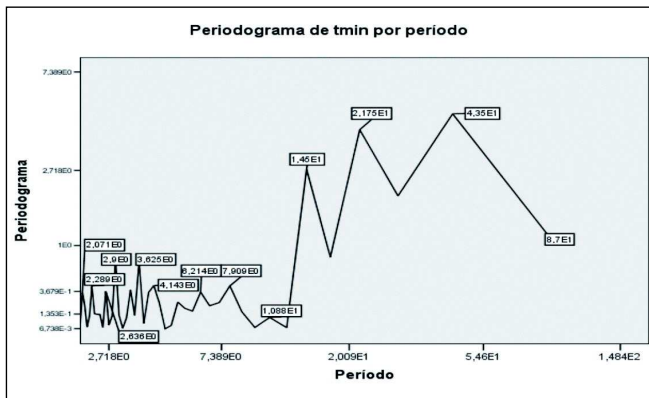


Figura 14. Ciclos de baja frecuencia predominantes en la temperatura mínima de Huayao. Periodo 1921-2009.

4.3 Tendencias

Nos centraremos a analizar las tendencias de la serie más larga del valle, correspondiente a Huayao.

a) Temperatura máxima

En la tabla 7 se han resumido las tendencias obtenidas de las temperaturas máximas de Huayao para tres periodos: 1921-2009, 1930-2009 y 1976-2009, este último considerando la tendencia más brusca que se evidencia a partir de dicho año. Asimismo se ha resaltado en rojo las tendencias estadísticamente significativas, mayormente al 99% de confianza.

Como se puede ver, las tendencias de 1922 al 2009 son ligeramente positivas en todos los casos, a razón de 0,1°C/década aproximadamente. Pero es a partir de 1930, donde las tendencias positivas son más evidentes, especialmente en verano, otoño, invierno y anual, con valores entre 0,16 a 0,18 en dichos casos. Al tomar el periodo 1976- 2009,

las tendencias se incrementaron en algunos casos un poco más, especialmente en las series anuales y de invierno a +0,18°C/ década y en forma más marcada en otoño (+0,26°C/década). Estos valores están dentro de la tendencia promedio mundial de incremento de las temperatura, asociado al proceso de calentamiento global, dado por algunos investigadores para la región tropical (entre 0,1 y 0,30 °C/ década obtenido por Vuille y Bradley (2000), y entre +0,15 y +0,20°C/década en promedio para zonas andinas con altitudes entre 3000 y 4000 msnm (Vuille et al., 2003).

TABLA 7. Tendencias (°C/ década) en las temperaturas máximas del valle del Mantaro

	Anual	Verano (efm)	Otoño (amj)	Invierno (jas)	Primavera (ond)
Huayao 1922- 2009	+0,09	+0,10	+0,11	+0,10	+0,11
Sig.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Huayao 1930- 2009	+0,16	+0,18	+0,18	+0,16	+0,11
Sig.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Huayao 1976- 2009	+ 0,18	+0,16	+0,26	+0,18	+0,10
Sig.	< 0,01	No sig.	< 0,05	< 0,10	No sig.

Sig: Significancia estadística

En la figura 16 se presenta el gráfico de tendencias anuales para Huayao. Se puede apreciar, que desde 1930 a la fecha, la tmax anual en Huayao ha subido en promedio 1,27°C, y desde 1976 a la fecha 0,60°C. En verano e invierno, las temperaturas máximas han subido en promedio entre 0,50° y 0,60°C, pero los más altos incrementos se han dado en otoño, que en promedio varió de 19,34°C a 20,21°C (0,87 °C de diferencia) entre 1976 y 2009.

b. Temperatura mínima

En la tabla 9, se presentan los valores de la tendencia lineal encontrada para las series de temperatura mínima promedio anual y estacional de Huayao, para los mismos periodos con los que se trabajó para la tmax, también se resaltó con negrita y color las tendencias estadísticamente significativas, con una confianza menor o igual a 95%.

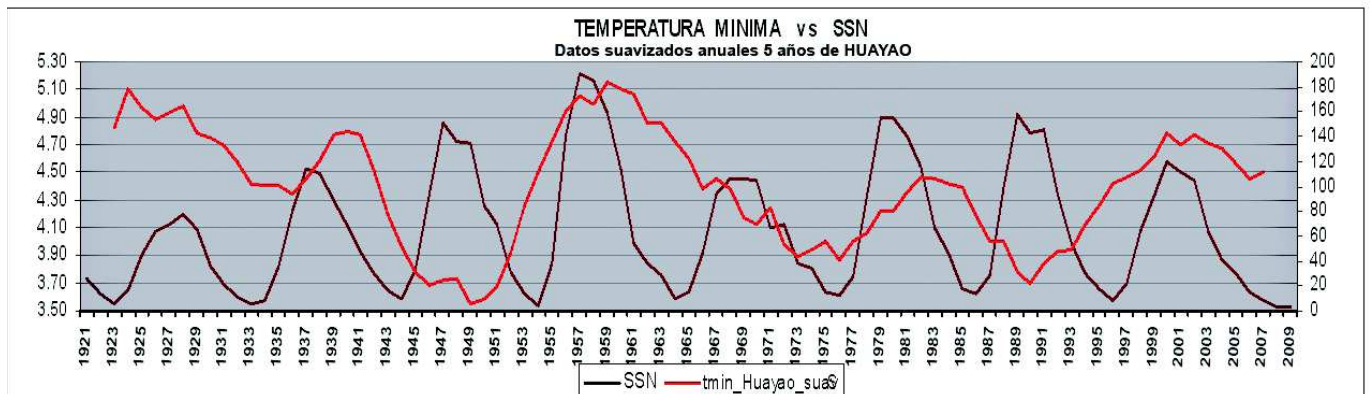


Figura 15. Relación entre la temperatura mínima de Huayao y el número de manchas solares. Periodo 1921-2009.

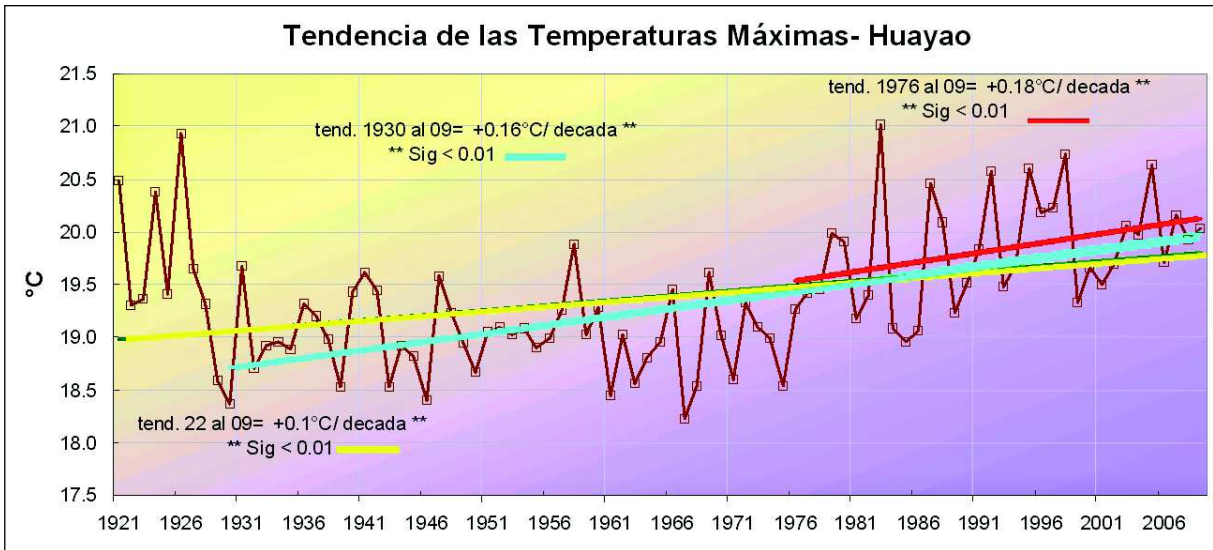


Figura 16. Tendencia lineal de la temperatura máxima anual (°C) en Huayao. Periodo: 1921-2009.

Figura 17. Tendencia lineal de la temperatura mínima anual (°C) en Huayao. Periodo: 1921-2009.

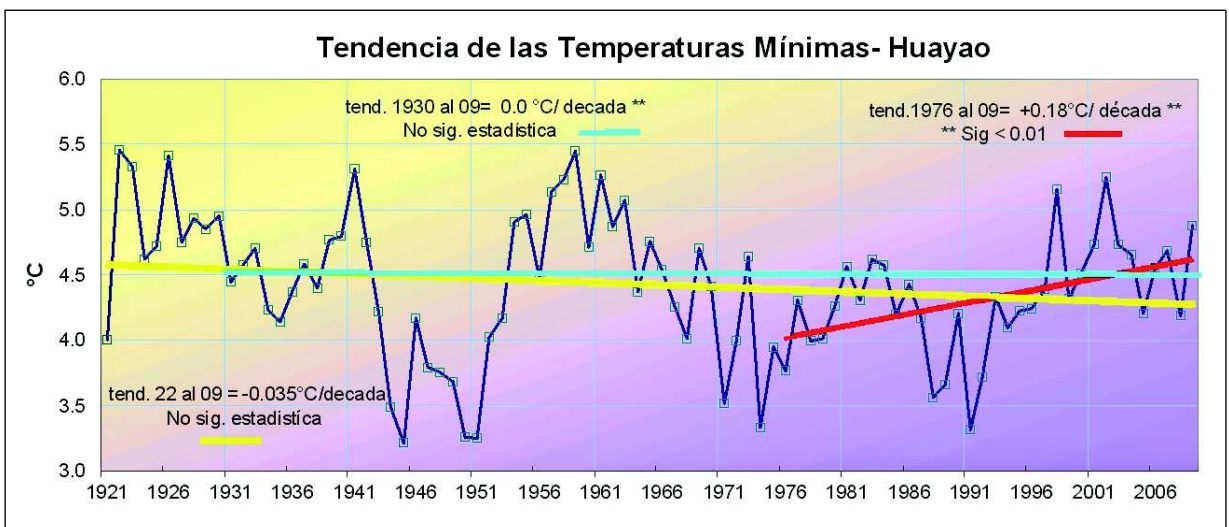


TABLA 7. Tendencias (°C/ década) en las temperaturas máximas del valle del Mantaro

	Anual	Verano (efm)	Otoño (amj)	Invierno (jas)	Primavera (ond)
Huayao 1922- 2009	-0,03	+0,01	-0,08	-0,06	-0,03
Sig.	No sig.	No sig.	< 0,05	< 0,05	No sig.
Huayao 1930- 2009	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Sig	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.	No sig.
Huayao 1976- 2009	+ 0,18	+0,13	+0,29	+0,18	+0,13
Sig.	< 0,01	No sig.	< 0,05	< 0,10	No sig.

Sig: Significancia estadística

En este caso, lo más evidente es que en comparación a las tmax, hay pocas tendencias estadísticamente significativas, y las de mayor valor son positivas y se verifican a partir de 1976 a la fecha, especialmente en los promedios anuales, otoño e invierno (0,18°C/década, 0,29°C/década y 0,18°C/década, respectivamente); esto quiere decir que las temperaturas mínimas en todas las estaciones del año están siendo menos frías desde 1976. La temperaturas mínimas han aumentado hasta la fecha en promedio entre 0,43

y 0,60°C en verano e invierno, respectivamente, cerca de 1,00°C en otoño y en primavera 0,43°C . Por el contrario, desde 1922 a la fecha, las tendencias son negativas aunque bastante ligeras (alrededor de -0,07°C/década en otoño e invierno y -0,03°C en primavera y anual). En la figura 17, se puede observar el comportamiento de las tendencias para los promedios anuales.

4. Conclusiones

Del análisis realizado se concluye lo siguiente:

- En el valle del Mantaro, las temperaturas máximas presentan los valores más bajos durante verano (febrero a marzo, principalmente, en promedio 18,4°C) y los más altos en noviembre (20,8°C, en promedio), con un segundo máximo en mayo (en promedio 20,3°C).
- La evolución mensual de la temperatura mínima en el valle del Mantaro está fuertemente asociada a los cambios de estación. Se observan dos periodos bien definidos durante el año: de mínimos valores centrado en la estación de invierno (junio y julio), siendo el valor más bajo 0,5°C en julio, y de valores máximos en verano (entre enero y marzo), con valor promedio alrededor de 7,0°C.

- Las temperaturas presentan en general alta variabilidad anual y multianual. En las temperaturas mínimas, se evidencia una mayor ocurrencia de alternancia de periodos más fríos y cálidos relativos, aproximadamente alrededor de diez a once años, sin que se haya podido encontrar alguna relación con índices de la actividad solar. En las temperaturas máximas, las alternancias fueron más variables y por lo general de menor periodo de duración.
- Del periodo común entre las series de datos (1992 al 2009), 2001 fue un año frío generalizado en gran parte del valle, y 1998 fue un año cálido extremo en prácticamente todo el valle, tanto en las temperaturas mínimas como en las máximas. Otros años de temperaturas extremas cálidas se presentaron en 1983, 2004, 1997, 1987, entre otros; y en el caso de temperaturas extremas frías se dieron en 1991, 1999, 1968, 1975, entre otros.
- La temperatura máxima en Huayao, a escala interanual y decadal, está fuertemente asociada a la temperatura promedio global y a cambios en el océano Pacífico norte (observado en la oscilación decadal del Pacífico), desde los años treinta o cuarenta y en particular a partir de 1976. Asimismo, se encontró una moderada a buena correlación con la temperatura superficial del mar en la costa norte de Perú (Puerto Chicama), que podría haber tenido mayor influencia en particular durante el periodo cálido a inicios y mediados de los años veinte. Paralelo a ello, se obtuvo que las temperaturas máximas están altamente correlacionadas, y en forma directa, con los índices océano-atmosféricos en el Pacífico ecuatorial en los meses de verano y otoño (de enero a abril, principalmente), zona donde se desarrollan los eventos El Niño y La Niña.
- Se verificó que existe una alta probabilidad (90%) de que, durante un evento La Niña, las temperaturas máximas anuales en Huayao tiendan a ser más bajas de lo normal, mientras que las temperaturas mínimas solo presentan una probabilidad de un poco más del 50% para tener condiciones más frías. Por otro lado, se encontró una probabilidad alta (68 a 74%) de que durante la ocurrencia de un evento El Niño, las temperaturas, tanto mínimas como máximas en Huayao, sean más cálidas de lo normal.
- En Huayao, las temperaturas máximas han ido incrementándose con el tiempo; desde 1930 a la fecha, la t_{max} anual ha aumentado en promedio $1,27^{\circ}C$, y desde 1976 a la fecha, $0,60^{\circ}C$. En verano e invierno, las temperaturas máximas han aumentado entre 1976 y 2009, alrededor de $0,55^{\circ}C$, aunque los más altos incrementos se han dado en otoño, con un incremento de $0,87^{\circ}C$. Por otro lado, las temperaturas mínimas en toda época del año están siendo menos frías desde 1976, aumentando en promedio alrededor de $0,50^{\circ}C$ en verano e invierno, cerca a $1,00^{\circ}C$ en otoño y en primavera $0,43^{\circ}C$. Las tendencias positivas encontradas en el presente estudio están dentro de los valores de tendencias en las temperaturas encontradas por algunos investigadores para la región tropical andina.

Referencias bibliográficas

- **Climate Diagnostic Center (CDC)/NOAA (2009).** Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series. <<http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIndices/List/>>. Consultado el 11 diciembre de 2009.
- **Climate Prediction Center (CPC)/NOAA (2009).** El Niño Indices. <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>>. Consultado el 11 diciembre de 2009.
- **Ebbesmeyer, C. C., D. R. Cayan, d. R. Mclain, F. H. Nichols, H. Peterson, T. Redmond (1991, 1976).** Step in the Pacific Climate: Forty environmental changes between 1968–1975 and 1977–1984. California Department of Water Resources, Interagency Ecological Studies Program Tech. Rep., 26, pp. 115-126.
- **IGP (2005a).** Atlas Climático de Precipitación y Temperatura del Aire en la Cuenca del Río Mantaro. Fondo editorial del Concejo Nacional del Ambiente. Lima, 107 pp.
- **IGP (2005b).** Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro Bajo la Visión del Cambio Climático. Fondo editorial del Concejo Nacional del Ambiente. Lima, 90 pp.
- **Mantua, N. J., Y. Zhang, j. M. Wallace, R. C. Francis (1997).** A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, pp. 1069-1079.
- **Necco, G. (1984).** El Estudio del Clima Sobre la Base de las Estadísticas. Copias del Curso Internacional en Climatología. Buenos Aires, 8, 62 pp.
- **Panofsky, H., G. W. Brier (1968).** Some Applications of Statistics to Meteorology. University Park. Pennsylvania. 224 pp.
- **Miller, A. J., D. R. Cayan, T. P. Barnett, N. E. Graham, J. M. Oberhuber (1994).** The 1976-77 climate shift of the Pacific Ocean. Oceanography, 7, pp. 21-26.
- **Silva, J. (1991).** Estudio de evapotranspiración potencial lisimétrica en el Valle del Mantaro. Tesis para optar el título de Ingeniero Meteorólogo. Univ. Nac. Agraria La Molina, 150 pp.
- **Smith, C., P. Sardeshmukh (2000).** The Effect of ENSO on the Intraseasonal Variance of Surface Temperature in Winter. International J. of Climatology, 20, pp. 1543-1557.
- **Tourre, Y., Y. Kushnir, W. White (1999).** Evolution of interdecadal variability in sea level pressure, sea surface temperature, and upper ocean temperature over the Pacific Ocean. J. Phys. Oceanogr., 29, pp. 1528-1541.
- **Trasmonte, G., Y. Silva (2008).** Evento La Niña: Propuesta de Definición y Clasificación según las Anomalías de Temperatura de la Superficie del Mar en el Área Niño 1+2. Informe Instituto del Mar del Perú, 35 (3), pp. 199-207.

ANEXO 1A

Índice / Periodo de información utilizado	Descripción	Área/Lugar que abarca ó representa
PDO 1922-2008	Oscilación decadal del Pacífico, primer componente principal de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico norte	Océano Pacífico Norte de 20°N
Tsm_CHICAMA (°C) 1922-2008	Temperatura superficial del mar en Chicama	7°S/79°27'W Litoral norte peruano
Tahiti_P (hPa) 1922-2008	Presión atmosférica en el Pacífico tropical	17°33'S/ 149°20'W Pacífico tropical central
JFernandez_P (hPa) 1922-1998	Presión atmosférica en isla Juan Fernandez	Pacífico subtropical sur Frente a Chile
QQ_Piura (m3/sg) 1922-2009	Descargas en el río Piura	Costa norte peruana
N34 (°C) 1922-2009	TSM Pacífico ecuatorial central, área 3.4	5°N-5°S/ 170°W- 120°W Pacífico
Titicaca_niv (m) 1922-2000	Nivel medio del lago Titicaca	Sierra sur peruana
Temp_GLOBAL (°C) 1922-2008	Temperatura del aire promedio global	Global
TSM_82W_4S (°C) 1922-2005	TSM en el Pacífico ecuatorial oriental	4°S/82°W Pacífico ecuatorial oriental
TNI 1950-2009	Trans El Niño Índice. Diferencia entre TSM Niño 1.2 y TSM Niño 4 estandarizado	Pacífico ecuatorial
SSN 1922-2009	Numero de manchas solares	Solar

Índices oceánicos y atmosféricos globales, regionales, nacionales y otros asociados utilizados en el análisis de correlaciones. Datos anuales. Periodos variables.

- **Villaroel, C., B. Rosenbluth, P. Aceituno (2006).** Climate Change along the Extratropical West Coast of South America (Chile): Daily Max/Min Temperatures. International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (ICSHMO), 8, Foz do Iguacu. Proceedings. São José dos Campos: INPE, pp. 487-489.
- **Villegas, E. (1991).** Zonificación del Valle del Mantaro según a intensidad y riesgo de ocurrencia de las heladas radicales. Tesis para optar el título de Ingeniero Meteorólogo. Univ. Nac. Agraria La Molina. 141 pp.
- **Vuille, M., R. S. Bradley (2000).** Mean annual temperature trends and their vertical structure in the tropical Andes. Geophys. Res. Lett., 27, pp. 3885-3888.
- **Vuille, M., R. S. Bradley, M. Werner, F. Keimig (2003).** 20th Century Climate Change in the Tropical Andes: Observations and Model Results. Climate Change, 59, Kluwer Academic Publisher. pp. 75-99.
- **Vega L., G. (2005).** Diagnóstico de la Cadena Productiva de la Alcachofa. Dirección Regional Agraria Junín, 20 pp.
- **Woodman, R. F. (1985).** Recurrencia del Fenómeno El Niño con intensidad comparable a la del año 1982-83. Proceedings of the Seminario Regional, Ciencia y Tecnología y Agresión Ambiental, CONCYEC, pp. 301- 332.
- **Wu, I., D. Eun, Z. Liu (2005).** The 1976/77 North Pacific Climate Regime Shift: The Role of Subtropical Ocean Adjustment and Coupled Ocean-Atmosphere Feedbacks. J. Climate, 18(23), pp. 5125-5140.

ANEXO 1B

Índice	Descripción	Área/Lugar que abarca ó representa
N12 (°C)	Temperatura superficial del Mar (TSM) Pacífico ecuatorial oriental, área 1+2	EQ-10°S/90°W-80°W Pacífico
AN12 (°C)	Anomalía de TSM (ATSM) área 1+2	Pacífico
N34(°C)	TSM Pacífico ecuatorial central, área 3.4	5°N-5°S/ 170°W- 120°W Pacífico
AN34 (°C)	ATSM área 3.4	Pacífico
N 3 (°C)	TSM Pacífico ecuatorial centro-oriental, área 3	5°N-5°S/ 150°W-90°W Pacífico
AN3 (°C)	ATSM área 3	Pacífico
N 4 (°C)	TSM Pacífico ecuatorial occidental, área 4	5°N-5°S/ 160°E- 150°W Pacífico
AN4 (°C)	ATSM área 4	Pacífico
TNA (°C)	ATSM Atlántico tropical Norte	5,5°N-23°N/15°W-57,5°W. Atlántico
TSA (°C)	ATSM Atlántico tropical Sur	EQ-20°S/10°E-30°W. Atlántico
TSA-TNA (°C)	Diferencia TSA- TNA	Atlántico
CAR (°C)	ATSM Atlántico Caribe	26°N-10°N/100°W- 60°W Atlántico
SOI	Índice de oscilación sur (diferencia de presiones estandarizadas entre Tahití y Darwin)	Pacífico tropical sur
SOI_a	Anomalía de la oscilación sur	Pacífico tropical sur
Tahiti (hPa)	Presión nivel Mar PNM en Tahití (Pacífico tropical suroriental)	Pacífico
aTahiti (hPa)	Anomalía Tahití	Pacífico
Darwin (hPa)	Presión nivel Mar PNM en Darwin (Pacífico tropical occidental)	Pacífico
aDarwin (hPa)	Anomalía Darwin	Pacífico
NAO	Oscilación del Atlántico norte (componente principal de anomalías estandarizadas de altura geopotencial en 500 hPa)	Atlántico Norte 20°N-90°N. Atlántico
aGlobalTair (°C)	Anomalía de temperatura del aire (solamente estaciones meteorológicas) promedio global	Global

Índices Oceánicos y Atmosféricos Globales utilizados en el análisis de Correlaciones. Datos mensuales. Periodo 1958-2008.