

④MAGISTER SCIENTIAE
EN INGENIERÍA DE
RECURSOS DE AGUA Y
SUELO
⑤ PROFESOR ASOCIADO
⑥ PROFESOR AUXILIAR
④ INGENIERO
AGRÍCOLA
⑥ DOCENTES DE LA
FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRICOLA
⑥ UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL
ALTIPLANO PUNO –
PERÚ
⑥ belge29@hotmail.com,
edihuaquisto@hotmail.com,
teochirinos@gmail.com

Artículo recibido: 14 de
Febrero del 2012
Aceptado para publicación:
13 de Mayo del 2013

ARTICULO ORIGINAL

Rev. Investig. Altoandin. 2013; Vol 15 Nro 1: 35 - 54

Enero - Junio

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LA CUENCA DEL RÍO COATA-PUNO.

German Belizario^{a b d e f g}
Edilberto Huaquisto^{b d e f h}
Teofilo Chirinos^{c d e f i}

RESUMEN

En la actualidad es necesario optimizar el uso de los recursos hídricos de la cuenca del río Coata, con el fin de cubrir los necesidades de agua de la población y garantizar la conservación del medio ambiente, para eso es imprescindible «determinar la influencia del cambio climático en el comportamiento de la temperatura, humedad relativa, precipitación, insolación y las descargas medias mensuales de la cuenca; utilizando información histórica de la estación Climatológica Cabanillas de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología desde enero de 1971 a diciembre del 2010, que fueron agrupados por décadas para las pruebas estadísticas paramétricas. Posteriormente se realizó el análisis de consistencia de los datos y el análisis estadístico de varianza simple, regresión simple y finalmente el análisis de correlación utilizando Software InfoStat. Los resultados son: la temperatura máxima absoluta incrementó en 0.58 °C en promedio, la precipitación pluvial disminuyó en 7.09 mm/año, la humedad relativa incrementó en 1.50% y la insolación máxima disminuyó en 1.08%. Estas variaciones se presentan debido al cambio climático, con un grado de asociación bajo entre los ele-

mentos climáticos (de -0.53 a 0.73); donde la temperatura máxima absoluta, precipitación pluvial, humedad relativa e insolación máxima tienen una relación inversa; mientras que la temperatura máxima absoluta e insolación máxima, y precipitación pluvial y humedad relativa una relación directa. En las tendencias de las descargas más recientes del río Coata (1971-2010), hay una disminución de la descarga media mensual en 5.53 m³/s, con ciertos incrementos entre diciembre y abril.

Palabras claves: Cambio climático, Elementos Climáticos, río Coata, influencia del cambio climático.

ABSTRACT

At present it is necessary to optimize the use of water resources of the river basin Coata, in order to meet the water needs of the population and ensure the preservation of the environment, it is imperative to «determine the influence of climate change in the behavior of the temperature, relative humidity, precipitation, sunshine and average monthly discharge of the basin, using historical information Cabanillas Climatological

station Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología from January 1971 to December 2010, which were grouped by decades for parametric statistical tests. Subsequently performed consistency analysis of the data and the statistical analysis of simple variance, simple regression and correlation analysis finally using InfoStat Software. The results are the absolute maximum temperature increased by 0.58 ° C on average, rainfall decreased by 7.09 mm / year, relative humidity increased by 1.50% and daylight fell 1.08%. These variations are due to climate change, a low degree of association between climatic elements (from -0.53 to 0.73), where the absolute maximum temperature, rainfall, relative humidity and daylight hours are inversely related, while the temperature absolute maximum and maximum insolation, and rainfall and relative humidity directly related. Trends in the most recent downloads Coata River (1971-2010), there is a decrease in monthly mean discharge 5.53 m³ / s, with some increases between December and April.

Keywords: Climate change, Weatherization, river Coata, influence of climate change.

INTRODUCCIÓN

Tres décadas de datos globales no son suficientes para entender a cabalidad variaciones más lentas en el clima de la Tierra, sin que esto signifique que como humanidad no conozcamos lo suficiente para establecer ciertas conclusiones manifiesta Andrade (2008). Pero del análisis de los cambios medios de anomalías de temperatura, precipitación, insolación, humedad relativa y descargas asociadas a desviaciones extremas, producen un aumento (disminución) de temperatura, precipitación, insolación, humedad relativa y descargas, es producto del calentamiento global del planeta. Ahora es posible afirmar, con un nivel de confianza muy alto, que el calentamiento del sistema climático es inequívoco como resulta evidente de las observaciones de incremento en

la temperatura media global del aire y del mar, el derretimiento generalizado del hielo y nieve y el incremento global del nivel medio del mar (IPCC, 2007). En latitudes subtropicales prevé una disminución de las precipitaciones (IPCC, 2001)

En la última década, el tema del cambio climático ha adquirido gran relevancia a nivel mundial llegando a posicionarse como una de las prioridades de la agenda internacional, nacional, regional y local, debido a las predicciones catastróficas para el planeta provisto por la comunidad de científicos. «Los cambios en los patrones actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos... en el incremento de la temperatura ambiental, efecto del cambio climático» (Antal, 2004).

A nivel internacional, el primer documento que trata el tema es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de 1992. Posteriormente, en la tercera Conferencia de las Partes (Cop-3), se aprobó el Protocolo de Kioto (1997), instrumento que estableció por primera vez compromisos cuantificables y vinculantes de reducción de emisiones de GEI para los Estados que lo ratificaron y que tuvieran el estatus de desarrollados, exentando a los países en desarrollo, por considerar que eran mucho menos responsables históricamente de la crisis climática (CMNUCC, 1992).

Los incrementos de temperatura y los cambios en la precipitación, insolación máxima, humedad relativa y descargas medias mensuales esperados bajo los escenarios de cambio climático impactarán la actual distribución de especies a nivel local, regional, nacional y mundial. Las condiciones climáticas; dentro de los elementos del clima, la precipitación es la responsable por la alternancia en los rendimientos, debido a su variabilidad interanual. Este aumentará la fragilidad de la zona por la disminución de la precipitación; de esta manera, desaparecerán prácticamente las

zonas húmedas a expensas de zonas sub húmedas. Asimismo, las temperaturas mínimas aumentaron entre 1 y 3 grados centígrados en todas las regiones del Estado, lo que causa una disminución en la intensidad y frecuencia de las escarchas y consecuentemente disminuye el frío en el invierno y aumenta la sensación de calor extremo en el verano (Storino, 2009).

La región Puno, es considerado una de las zonas más sensibles y perturbadas por la variabilidad climática con implicancias en las actividades del sector agropecuario, hidroeléctrico, minero, etc. (Sanabria *et. al.* 2009). Que en el futuro por el posible cambio climático la vulnerabilidad y las condiciones de vida en general serían afectadas, principalmente la actividad agropecuaria que es el principal sustento de la población; trayendo como consecuencia la crisis de la seguridad alimentaria, debilitación de nuestras propias estructuras organizativas y gobierno, rompiendo la relación de equilibrio ecológico, socioeconómico y espiritual. Por lo es necesario entender mejor la variabilidad climática actual del Altiplano y proyectarlo hacia el futuro.

El impacto ocasionado por el cambio en las variables entradas de entrada precipitación y temperatura se mide la respuesta hidrológica presente en la aportación, bajo estos supuestos planteados, en las 19 cuencas evaluadas presentan aumentos futuros en las temperaturas y en 12 de ellas presentan ligeros aumentos en precipitaciones anuales y las 06 cuencas presentan disminuciones en la precipitaciones anuales y una disminución acentuada en los meses mas secos (Fernández, 2002). Estos últimos años muestran datos relevantes de las modificaciones climáticas como el aumento de la temperatura media, el incremento de las temperaturas mínimas y máximas registradas, la frecuencia de eventos extremos, entre otros (Vincent *et. al.*, 2005).

En el presente trabajo las hipótesis planteadas fueron: la general «el cambio climático influye

en el comportamiento de los parámetros termopluviométricos de las temperaturas máximas, mínimas y precipitación pluvial en ciudad de Puno». A partir de esta se plantearon dos específicas de que «el cambio climático influye en el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas extremas en ciudad de Puno» y «el cambio climático influye en el comportamiento de las precipitaciones pluviales en ciudad de Puno». Para inferir estas hipótesis se propuso evaluar el comportamiento de los parámetros termopluviométricos con relación a la serie histórica de las temperaturas extremas (máximas y mínimas) y precipitaciones pluviales. De esto se derivaron dos objetivos específicos como: Analizar el comportamiento de la temperatura máxima y mínima extrema con la serie histórica en ciudad de Puno y analizar el comportamiento de la precipitación pluvial con la serie histórica en ciudad de Puno.

MÉTODOS

Zona de estudio: La zona de estudio es la ciudad de Puno situado a orillas del lago navegable más alto del mundo el Titicaca, los datos para el presente estudio provienen de la estación Climatológica (CO. 110780) de Cabanillas, con una latitud de 15°38'20.6", longitud 70°20'46.2" y a una altura de 3,900 metros sobre el nivel del mar.

Tamaño de muestra y frecuencia de muestreo: La metodología de evaluación del comportamiento de los parámetros termopluviométricos con relación al cambio climático utilizamos información recopilada de las series históricas de temperaturas máximas extremas, precipitaciones pluviales, humedad relativas, insolación máxima, descargas medias mensuales de la estación Climatológica (CO. 110780) de Cabanillas, que pertenece al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) como Órgano Público Descentralizado, adscrito al Ministerio del Ambiente.

Realizamos la evaluación del comportamiento de la serie histórica de las temperaturas máximas extremas, la precipitación pluvial, insolación máxima, humedad relativa máxima, descargas medias mensuales de los datos de la estación de Cabanillas. Donde el tamaño de muestra tomamos una serie histórica de 40 años de enero 1971 a diciembre 2010, siendo un total de 146,000.00 datos distribuidas cada variable en 29,200.00 datos, estos agrupados en cuatro décadas para tres pruebas estadísticas paramétricas. Estas series de datos fueron recopiladas de SANAMHI Puno. Asimismo una vez sistematizado, realizamos el análisis de consistencia de los datos de las mismas. Para dicho análisis homogeneizamos con logaritmo de base 10 los datos de las series históricas de temperaturas máximas absolutas y precipitación pluvial por encontrarse estos muy dispersos respecto a sus medias.

Analizamos el comportamiento las temperaturas máximas y mínimas extremas de la estación de Cabanillas, utilizando InfoStat Software Estadístico, en el que se realizamos la prueba estadística de análisis de varianza simple de las temperaturas máximas extremas (variables dependientes) para las cuatro décadas (variables independientes) para determinar las diferencias de medias entre décadas; asimismo se realizamos el análisis de regresión simple para las mismas variables para determinar la tendencia de incremento de las temperaturas máximas extremas, y la variación de la precipitación pluvial, insolación, humedad relativa, descargas medias mensuales para luego proyectar el comportamiento de estas variables en estudio al año 2050; finalmente

analizamos el análisis de correlación entre temperaturas máximas extremas con precipitación pluvial, insolación, humedad relativa para determinar el grado de asociación de las variables dependientes entre sí, asimismo se realizó dichas correlaciones entre las variables dependientes (Elementos climáticos).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A pesar de que el clima es un fenómeno en constante evolución que ha experimentado cambios muy importantes a lo largo de la historia de la Tierra, ya no hay duda de que el proceso de calentamiento actual viene produciéndose cambios climáticos acelerados de manera anormal en diferentes latitudes y no se debe exclusivamente a causas naturales sino a las actividades antrópicas. El incremento global de las temperaturas máximas es evidente tal como se indica que durante el siglo XX se ha estimado en unos 0.6 ± 0.2 °C, (IPCC, 2001). En el caso de las precipitaciones, si bien se han detectado ciertas tendencias a la baja en algunas regiones, éstas no constituyen patrones claramente definidos. Las predicciones de cambio para el año 2100, se estiman en un aumento de las temperaturas de 1.4 a 1.8 °C, (IPCC, 2001).

a. Comportamiento de la temperatura máxima extrema con la serie histórica en la cuenca del río Coata: Para poder presentar los resultados se sistematizan en cuadros cada uno de los análisis realizados a fin de poder facilitar la interpretación de los mismos.

Cuadro N° 01: Análisis de varianza de temperaturas máximas absolutas de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	gl	F (Estadístico)	p-valor	Temperatura Máxima	R ²
Enero	3	0.69	0.5647	22.4	0.05
Febrero	3	0.99	0.4104	21.8	0.08
Marzo	3	1	0.4058	23.0	0.08
Abril	3	0.89	0.4540	22.3	0.07
Mayo	3	1.74	0.1771	21.5	0.13
Junio	3	1.37	0.2675	21.8	0.1
Julio	3	0.95	0.4274	21.0	0.07
Agosto	3	1.68	0.1889	21.0	0.12
Setiembre	3	0.44	0.7237	23.2	0.04
Octubre	3	1.38	0.2637	22.6	0.1
Noviembre	3	4.77	0.0067	22.5	0.28
Diciembre	3	0.54	0.6565	22.5	0.04

De los cálculos del análisis de varianza hechas de las cuatro décadas desde el año 1971 a 2010 y presentamos los resultados en el cuadro N° 01, donde el valor de p-valor son mayores a 0.05 en todos los meses; por consiguiente, se cumple la igualdad de medias entre décadas estadísticamente y esto confirma que no hay diferencias entre medias de décadas y se concluye que todas las medias muestrales son iguales estadísticamente, y esto indica que no hay incremento en las temperaturas máximas absolutas sustancialmente en esta cuenca, a excepción del mes de noviembre el valor de probabilidad (p-

valor = 0.0067) es mayor a 0.05, esto significa que hay diferencia de medias entre décadas del mismo mes; además se cumple la **$F_c > F_t(2.41)$** en el mes, mientras que en los otros meses la **$F_c < F_t(2.41)$** . Asimismo la temperatura del aire en superficie comenzó a experimentar un aumento claro en gran parte del planeta, aunque, en un principio, podía ser explicado por la propia variabilidad natural del clima (Martin, 2008). Esto en la cuenca del río Coata no cumple este incremento en el ámbito de estudio no es sustancial, más bien el incremento es irregular a nivel de cuenca.

Cuadro N° 02: Análisis de regresión lineal de temperatura máxima absoluta de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	No. Datos	R ²	R ² Aj	A	B	Tc	p-valor	Actual (°C)	Proyectado a 2050 (°C)
Enero	40	0.03	0.008	16.58	-0.19	32.88	<0.0001	19.1	18.8
Febrero	40	0.01	0.00	16.22	-0.13	35.53	<0.0001	18.5	18.4
Marzo	40	0.02	0.00	16.38	-0.15	38.54	<0.0001	18.3	18.2
Abril	40	0.05	0.03	17.07	-0.24	36.47	<0.0001	18.4	18.3
Mayo	40	0.003	0.00	16.53	-0.05	41.99	<0.0001	18.3	18.3
Junio	40	0.01	0.00	16.07	-0.10	40.91	<0.0001	18.0	18.0
Julio	40	0.03	0.005	16.35	-0.19	34.59	<0.0001	17.9	17.7
Agosto	40	0.01	0.000	16.16	0.09	35.40	<0.0001	18.6	20.4
Setiembre	40	0.01	0.000	16.93	0.09	43.77	<0.0001	19.7	22.5
Octubre	40	0.01	0.000	17.45	0.07	42.38	<0.0001	20.3	23.9
Noviembre	40	0.002	0.000	18.12	-0.04	41.31	<0.0001	20.7	20.5
Diciembre	40	0.003	0.000	17.38	-0.06	36.94	<0.0001	20.2	20.0
Promedios de temperaturas máximas actual y proyectados								19.0	19.58
Diferencia entre la temperatura máxima extrema actual y la proyectada									0.58

Se variaciones de temperaturas máximas absolutas entre los diferentes meses y asimismo entre los años son distintos, estas variaciones o incrementos representan los valores de B de la ecuación de regresión ($T^{\circ} = A + B * \text{años}$), tal como se muestran los valores de B en el cuadro N° 02, todos los valores son positivos y esto significa que hay variaciones en las temperaturas máximas absolutas en todos los meses de las cuatro décadas, tal como corrobora el IPCC (2007), que la temperatura promedio del planeta ha aumentado en 0.76 °C, esto se traduce en diversos cambios. Como afirman Barrett y Odum, durante la últimas décadas, «los equilibrios mundiales están comenzando a perturbarse y modificarse, proceso que suele llamarse como cambio climático mundial» (Barrett *et. al.*, 2006). Estos cambios no son de carácter natural, sino producto de las actividades humanas. Sin embargo estas variaciones son diferentes en cada una de las re-

giones, y la década de 1990 fue la más caliente de los últimos 100 años (Ovalles *et. al.*, 2005).

Las proyecciones de temperaturas máximas absolutas para el año 2050 se incrementa aproximadamente a 0.58 °C en la cuenca del río Coata, es ratificada en los primeros informes del IPCC presentados en 1990, las predicciones sugerían aumentos de la temperatura global entre 0,15° C y 0,30° C por década para el período entre 1990 y 2005. No obstante, será aún mayor durante el siglo XXI. Se estima que la temperatura subirá cerca de 3 °C durante todo el siglo; es decir, que en un período de 20 años la tierra deberá estar 0,60 °C más caliente, casi el mismo valor que se dio a lo largo de todo el siglo XX (IPCC,1992).

La temperatura máxima promedio actual, en los años proyectadas para 2050, hay incremento en los meses de agosto, setiembre y octubre, mientras que en otros meses la tendencia de la temperatura máxima absoluta es a no incrementar con-

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LA CUENCA DEL RÍO COATA-PUNO

siderablemente, pero esta variación es distinto en cada uno de los meses. Para los años 50s, la tendencia es de 0.58°C en promedio, siendo octu-

bre el que indica un mayor aumento, con 3.60 grados, seguido del mes de setiembre con 2.80°C y agosto con 1.80°C.

Cuadro N° 03: Análisis de varianza de Precipitación pluvial total de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	gl	F (Estadístico)	p-valor	Precipitación pluvial máximo	R ²
Enero	3	0.44	0.7238	273.9	0.04
Febrero	3	0.46	0.7129	265.7	0.04
Marzo	3	0.20	0.8975	181.9	0.02
Abril	3	0.52	0.6718	125.7	0.04
Mayo	3	0.89	0.4532	28.7	0.07
Junio	3	1.11	0.3589	35.6	0.08
Julio	3	1.25	0.3075	16.0	0.09
Agosto	3	0.27	0.8480	53.2	0.02
Setiembre	3	0.58	0.6325	75.4	0.05
Octubre	3	1.12	0.3555	118.3	0.09
Noviembre	3	0.83	0.4837	152.8	0.07
Diciembre	3	0.78	0.5155	212.8	0.06

En el comportamiento de las precipitaciones pluviales totales mensuales no hay diferencias significativas estadísticamente, en las cuatro décadas según el análisis de varianza indican que no hay diferencia de medias muestrales o sea hay igualdad de medias entre décadas, pero se muestran variaciones respecto a disminución a medida que cambia la temperatura, estas variaciones son mínimas, tal como indican en el informe de

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático tenderán a disminuir, existiendo regiones más y menos desfavorecidas e incluso se espera que el régimen de precipitaciones aumente en ciertas zonas (IPCC, 2001; de Castro y col., 2004), esto indica que hay incremento de precipitación pluvial presentando probablemente granizadas o nevadas en la cuenca del río Coata durante dichos meses.

Cuadro N° 04: Análisis de regresión lineal de precipitación pluvial promedio de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	No. Datos	R ²	R ² Aj	A	B	Tc	p-valor	Actual (mm)	Proyectado a 2050 (mm)
Enero	40	0.006	0.000	158.53	-1.43	6.21	<0.0001	145.3	121.1
Febrero	40	0.003	0.000	143.38	-3.14	5.83	<0.0001	134.4	109.45
Marzo	40	0.01	0.000	116.06	-2.80	6.74	<0.0001	108.7	91.02
Abril	40	0.02	0.000	36.95	3.78	2.93	<0.0001	43.4	51.2
Mayo	40	0.004	0.000	6.29	-0.42	2.26	0.0293	6.1	5.9
Junio	40	0.0002	0.000	2.76	0.03	0.85	0.4009	2.5	2.6
Julio	40	0.02	0.000	0.49	0.45	0.38	0.7097	1.7	1.8
Agosto	40	0.01	0.000	7.25	0.91	1.33	0.1899	8.4	8.7
Setiembre	40	0.01	0.000	21.27	-1.10	3.10	0.0036	18.0	15.2
Octubre	40	0.04	0.01	25.48	5.59	1.97	0.0565	37.6	37.9
Noviembre	40	0.02	0.000	44.13	4.63	3.14	0.0033	54.8	55.7
Diciembre	40	0.01	0.000	107.05	-4.26	6.07	<0.0001	96.0	71.25
Promedios de precipitación pluvial actual y proyectados								54.74	47.65
Diferencia entre la precipitación pluvial actual y la proyectada									7.09

En lo que se refiere al escenario del año 2050, la precipitación tiende a disminuir según el modelo predicho cercano a 7.09 mm/año, esta tendencia es preocupante para las futuras generaciones, tal como menciona que al suroeste del lago en este mismo período (DEF) proyectó disminuciones con núcleos de 6 mm/día. (Sanabria et al., 2009), que presentaran escasez hídrico en Puno, pero si en el mes de abril presenta incremento en las precipitaciones pluviales, esta puede ser aprovechada mediante cosecha de agua; siendo el mes de febrero de mayor disminución, 24.95 mm/año, pero hay disminución de precipitaciones pluviales de 7.09 mm/año. En cuatro décadas la tendencia es similar, modificándose de manera gradual la disminución en la precipitación. Sin

embargo, las tendencias observadas muestran aumentos sistemáticos en la lluvia en la vertiente occidental de la sierra, así como reducciones en parte de la vertiente oriental de la sierra sur y central (SENAMHI 2009a,b, SENAMHI 2007). Estas evaluaciones de los extremos climáticos de precipitación corroboran el comportamiento en nuestro ámbito de estudio con una clara tendencia a una disminución de eventos extremos de lluvia.

Hay preocupaciones en las tendencias de lluvias tal como presenta los valores de B, en el cuadro N° 04, en donde presentan valores negativos que significa disminución de precipitación pluvial.

Cuadro N° 05: Análisis de varianza de humedad relativa de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	gl	F (Estadístico)	p-valor	Humedad Relativa máximo	R ²
Enero	3	3.89	0.0166	78	0.24
Febrero	3	4.75	0.0069	78	0.28
Marzo	3	3.4	0.0282	76	0.23
Abril	3	4.38	0.01	75	0.27
Mayo	3	7.51	0.0005	64	0.38
Junio	3	9.8	0.0001	58	0.45
Julio	3	5.76	0.0025	57	0.32
Agosto	3	4.05	0.0142	58	0.26
Setiembre	3	3.99	0.015	58	0.25
Octubre	3	1.73	0.1788	64	0.13
Noviembre	3	2.25	0.099	62	0.16
Diciembre	3	3.95	0.0155	68	0.25

De los cálculos del análisis de varianza de humedad relativa hechas de las cuatro décadas desde el año 1971 a 2010 presentados en el cuadro N° 01, donde el valor de p-valor son menores a 0.05 en todos los meses; por consiguiente, no se cumple la igualdad de medias entre décadas, por lo que se confirma que hay diferencia de medias entre décadas y se rechaza la hipótesis de que todas las medias muestrales son iguales, y esto indica que hay incremento en la humedad relativa máxima, a excepción de los meses de octubre y noviembre el valor de probabilidad (p-valor = 0.1788 y 0.099 respectivamente) es mayor a 0.05, esto significa que no hay diferencia de medias entre décadas de los mismos meses; además se cumple la $F_c > F_t(2.41)$ en todos los meses a excepción de los meses de octubre y noviembre. Asimismo la humedad relativa del aire en super-

ficie comenzó a experimentar un aumento claro en gran parte del planeta.

Se variaciones de humedad relativa entre los diferentes meses y asimismo entre los años representan incrementos, esto indica los valores de B de la ecuación de regresión ($HR\% = A + B * años$), tal como se muestran en el cuadro N° 06, todos los valores son positivos que significa que hay incremento en las humedades relativas máximas, a excepción de los meses de agosto a octubre. Estos cambios no son de carácter natural, sino producto de las actividades humanas. Sin embargo estas variaciones son diferentes cada una de las regiones, y la década de 1990 fue la más caliente de los últimos 100 años (Ovalles et. al., 2005).

Cuadro N° 06: Análisis de regresión lineal de humedad relativa de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	No. Datos	R ²	R ² Aj	A	B	Tc	p-valor	Actual (mm)	Proyectado a 2050 (mm)
Enero	40	0.06	0.04	57.35	1.87	18.00	<0.0001	63	65
Febrero	40	0.10	0.07	57.95	2.12	20.09	<0.0001	64	67
Marzo	40	0.06	0.03	57.92	1.91	17.08	<0.0001	64	66
Abril	40	0.16	0.14	46.25	3.29	13.95	<0.0001	55	59
Mayo	40	0.05	0.02	38.95	1.65	11.70	<0.0001	44	46
Junio	40	0.06	0.04	36.60	1.91	11.30	<0.0001	43	45
Julio	40	0.01	0.000	38.75	0.90	11.59	<0.0001	43	44
Agosto	40	0.0001	0.000	41.49	-0.30	11.37	<0.0001	43	42
Setiembre	40	0.0005	0.000	43.10	-0.62	11.00	<0.0001	43	42
Octubre	40	0.0003	0.000	43.86	-0.53	9.98	<0.0001	45	44
Noviembre	40	0.02	0.000	41.25	1.24	10.26	<0.0001	45	47
Diciembre	40	0.03	0.01	49.10	1.42	14.20	<0.0001	53	56
Promedios de humedad relativa actual y proyectados								50.42	51.92
Diferencia entre la humedad relativa actual y la proyectada									1.50

Las proyecciones de humedad relativa máximas para el año 2050 se incrementa aproximadamente a 1.50% en la cuenca del río Coata a consecuencia del cambio climático, es ratificada en los informes del IPCC presentados en 1992, 2005 y 2007. La humedad relativa promedio en los años proyectadas para 2050, hay incremento en todos los meses, mientras que en otros meses (agosto a

octubre) la tendencia de la humedad relativa es a disminuir, pero esta variación es distinto en cada uno de los meses. Para los años 50s, la tendencia es de 1.50% en promedio, siendo abril el que indica un mayor aumento, con 4%, seguido del mes de febrero y diciembre con 3% y enero, marzo, mayo, junio y noviembre con 2%.

Cuadro N° 07: Análisis de varianza de insolación máxima de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	gl	F (Estadístico)	p-valor	Insolación	R ²
Enero	3	1.09	0.3669	19.1	0.08
Febrero	3	1.44	0.2477	18.3	0.11
Marzo	3	0.96	0.4236	20.4	0.07
Abril	3	0.85	0.475	22.0	0.07
Mayo	3	1.41	0.2559	24.9	0.11
Junio	3	1.45	0.2456	25.7	0.11
Julio	3	0.71	0.5513	26.7	0.06
Agosto	3	0.23	0.8742	27.2	0.02
Setiembre	3	0.23	0.8753	25.3	0.02
Octubre	3	2.28	0.0957	22.6	0.16
Noviembre	3	0.48	0.6981	22.4	0.04
Diciembre	3	0.63	0.5988	19.2	0.05

Cuadro N° 08: Análisis de regresión lineal de insolación máxima de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	No. Datos	R ²	R ² Aj	A	B	Tc	p-valor	Actual (mm)	Proyectado a 2050 (mm)
Enero	40	0.06	0.03	16.36	-0.43	20.97	<0.0001	15.4	14.2
Febrero	40	0.03	0.005	15.38	-0.28	22.27	<0.0001	14.7	13.5
Marzo	40	0.05	0.03	16.13	0.74	21.86	<0.0001	15.1	15.6
Abril	40	0.04	0.01	18.60	-0.41	19.78	<0.0001	17.8	16.1
Mayo	40	0.08	0.05	22.23	-0.61	23.56	<0.0001	20.6	18.9
Junio	40	0.02	0.000	22.73	-0.22	30.47	<0.0001	22.2	20.5
Julio	40	0.02	0.000	23.32	-0.27	30.58	<0.0001	22.7	21.3
Agosto	40	0.01	0.000	22.36	-0.20	24.43	<0.0001	21.9	20.8
Setiembre	40	0.01	0.000	20.87	-0.22	25.77	<0.0001	20.4	18.7
Octubre	40	0.07	0.04	20.09	-0.55	22.54	<0.0001	18.9	17.3
Noviembre	40	0.0006	0.000	18.49	0.04	26.69	<0.0001	18.6	19.1
Diciembre	40	0.02	0.000	17.55	-0.19	28.91	<0.0001	17.1	16.4
Promedios de insolación máxima actual y proyectados								18.78	17.7
Diferencia entre la insolación máxima actual y la proyectada									-1.08

De los cálculos del análisis de varianza de Insolación hechas de las cuatro décadas desde el año 1971 a 2010 y presentamos los resultados en el cuadro N° 07, donde el valor de p-valor son mayores a 0.05 en todos los meses; por consiguiente, se cumple la igualdad de medias entre décadas estadísticamente y esto confirma que no hay diferencias entre medias de décadas y se concluye que todas las medias muestrales son iguales estadísticamente, y esto indica que no hay incremento en la insolación máximas sustancialmente en esta cuenca, donde el valor de probabilidad (p-valor) es mayor a 0.05, esto significa que no hay diferencia de medias entre décadas del mismo mes; además se cumple la $F_c < F_t(2.41)$ en los meses.

Se variaciones de insolación máxima entre los diferentes meses y asimismo entre los años son distintos presentando variaciones tal como indican los valores de B de la ecuación de regresión ($Ins\% = A + B * años$), que se muestran en el cuadro N° 08, todos los valores son negativos y esto significa que hay variaciones en la insolación, estas variaciones son descendentes o presentan disminución en la insolación en todos los meses de las cuatro décadas, a excepción de los meses de marzo y noviembre que presentan incremento en la insolación máxima.

Las proyecciones de insolación máxima para el año 2050 se disminuye aproximadamente en 1.08% en la cuenca del río Coata, es ratificada en los primeros informes del IPCC presentados en 1992 (IPCC, 1992). El porcentaje de insolación promedio actual, en los años proyectadas para 2050, hay disminución en todos los meses a excepción en los meses de marzo y noviembre, mientras que en otros meses la tendencia de porcentaje de insolación máxima a disminuir sustancialmente, pero esta variación es distinto en cada uno de los meses. Para los años 50s, la tendencia es de disminuir de 1.08 % en promedio, siendo abril, mayo, junio y setiembre los que

indican una mayor disminución, con 1.70 %, seguido del mes de Octubre con 1.605 y julio con 1.40%; los meses de marzo y noviembre presentan incremento en 0.50%

El comportamiento de las precipitaciones pluviales de la estación meteorológica principal de Cabanillas tiene una asociación inversa con la temperatura máxima absoluta en las cuatro décadas, o sea, a medida que incrementa la temperatura máxima absoluta disminuye la precipitación pluvial en la cuenca del río Coata, tal como representan los valores en el cuadro N° 09. El comportamiento de la humedad relativa de la estación meteorológica principal de Cabanillas tiene una asociación inversa con la temperatura máxima absoluta en las cuatro décadas, o sea, a medida que incrementa la temperatura máxima absoluta disminuye la humedad relativa máxima en la cuenca del río Coata.

El grado de asociación de la insolación máxima de la estación meteorológica principal de Cabanillas con la temperatura máxima absoluta en las cuatro décadas es directa pero es baja, o sea, a medida que incrementa la temperatura máxima absoluta incrementa el porcentaje de insolación máxima en la cuenca del río Coata.

El comportamiento de la Humedad relativa de la estación meteorológica principal de Cabanillas tiene una asociación directa con las precipitaciones pluviales totales en las cuatro décadas, o sea, a medida que incrementa la precipitaciones pluviales totales incrementa el porcentaje de humedad relativa en la cuenca del río Coata, tal como se presentan los resultados en el cuadro N° 12.

El grado de asociación de la insolación máxima de la estación meteorológica principal de Cabanillas con las precipitaciones pluviales totales en las cuatro décadas es inversa, o sea, a medida que incrementa la precipitaciones pluviales totales disminuye el porcentaje de la insolación

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LA CUENCA DEL RÍO COATA-PUNO

máxima en la cuenca del río Coata, tal como se presentan los resultados en el cuadro N° 13.

El grado de relación de la insolación máxima de la estación meteorológica principal de Cabanillas con el porcentaje de humedad relativa en las cua-

tro décadas es inversa, o sea, a medida que incrementa la precipitaciones pluviales totales disminuye el porcentaje de la insolación máxima en la cuenca del río Coata, tal como se presentan los resultados en el cuadro N° 14.

Cuadro N° 09: Análisis de correlación entre la Temperatura máxima absoluta y la precipitación pluvial total de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010.

Correlación de Pearson: Coeficientes/probabilidades

	TMáx1	TMáx2	TMáx3	TMáx4	TMáx5	TMáx6	TMáx7	TMáx8	TMáx9	TMáx10	TMáx11	TMáx12
Pp1	-0.53	-0.10	-0.20	-0.24	-0.25	-0.35	-0.21	-0.17	0.06	0.04	0.03	-0.14
Pp2	0.13	-0.25	-0.08	-0.17	-0.08	-0.01	-0.04	-0.12	-0.03	-0.14	-0.01	-0.15
Pp3	0.09	-0.04	-0.33	-0.35	-0.24	-0.11	-0.07	-0.04	-0.32	-0.01	0.07	0.04
Pp4	-0.16	-0.41	-0.41	-0.48	-0.46	-0.28	-0.39	-0.35	-0.52	-0.32	-0.22	-0.20
Pp5	0.07	-0.08	-0.16	-0.02	-0.13	-0.05	-0.02	0.08	-0.10	-0.28	0.05	-0.20
Pp6	-0.15	-0.09	-0.04	-0.17	0.06	-0.12	0.01	-0.02	-0.26	-0.35	-0.42	-0.37
Pp7	0.05	-0.05	0.06	-0.13	-0.15	-0.11	-0.41	-0.27	-0.23	-0.11	-0.07	0.02
Pp8	-0.17	-0.23	-0.17	-0.23	-0.08	-0.08	-0.11	-0.38	3.2E-03	-0.28	-0.29	-0.16
Pp9	-0.01	-0.02	-0.24	-0.21	-0.15	-0.01	0.01	0.03	-0.36	0.07	0.04	0.17
Pp10	-0.08	-0.06	-0.20	0.01	-0.09	-0.18	-0.25	-0.16	-0.03	-0.70	-0.41	-0.37
Pp11	0.21	0.20	0.11	0.02	0.22	0.17	0.13	0.10	0.11	0.13	-0.32	0.06
Pp12	0.10	0.07	0.04	0.16	-0.21	-0.05	-0.06	-0.04	-0.04	0.01	0.25	-0.23

Cuadro N° 10: Análisis de correlación entre la Temperatura máxima absoluta y la Humedad relativa de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	TMáx1	TMáx2	TMáx3	TMáx4	TMáx5	TMáx6	TMáx7	TMáx8	TMáx9	TMáx10	TMáx11	TMáx12
HR1	-0.34	-0.08	-0.22	-0.16	-0.07	-0.14	-0.16	-0.11	-0.09	0.04	0.30	0.25
HR2	0.15	-0.27	-0.12	-0.11	-0.07	0.05	-0.05	-0.08	-0.04	0.10	0.28	0.17
HR3	0.02	-0.11	-0.42	-0.22	-0.15	-0.10	-0.13	0.05	-0.17	-0.01	0.19	0.02
HR4	-0.08	-0.27	-0.31	-0.37	-0.30	-0.21	-0.31	-0.13	-0.31	-0.12	-1.8E-03	-0.10
HR5	0.04	-0.13	-0.14	-0.12	-0.14	-0.07	-0.12	-0.04	-0.20	-0.11	0.09	-0.01
HR6	0.21	0.15	0.13	0.11	0.34	0.24	0.16	0.29	0.12	-0.14	-0.13	-0.03
HR7	0.23	0.20	0.22	0.07	0.22	0.22	0.05	0.08	0.03	-0.02	-0.01	0.10
HR8	0.17	0.09	0.17	0.06	0.20	0.25	0.14	-0.04	0.02	-0.10	-0.07	0.03
HR9	0.23	0.10	0.07	0.02	0.10	0.26	0.25	0.07	-0.23	-0.08	0.16	0.09
HR10	0.16	0.08	0.06	0.22	0.17	0.27	0.22	0.01	0.04	-0.40	-0.09	0.02
HR11	0.23	0.31	0.29	0.10	0.26	0.25	0.17	0.10	0.20	0.03	-0.27	0.03
HR12	0.28	0.25	0.28	0.17	0.02	0.14	0.08	0.12	0.09	0.01	0.18	-0.22

Cuadro N° 11: Análisis de correlación entre la temperatura máxima absoluta y la insolación máxima de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	TMáx1	TMáx2	TMáx3	TMáx4	TMáx5	TMáx6	TMáx7	TMáx8	TMáx9	TMáx10	TMáx11	TMáx12
Ins1	0.57	0.20	0.27	0.36	0.21	0.40	0.36	0.28	0.02	0.09	0.06	0.07
Ins2	0.29	0.68	0.45	0.42	0.50	0.52	0.49	0.38	0.26	0.29	0.02	0.17
Ins3	0.23	0.31	0.59	0.36	0.34	0.42	0.35	0.10	0.22	0.19	0.09	0.21
Ins4	0.43	0.66	0.56	0.64	0.57	0.61	0.63	0.54	0.52	0.45	0.29	0.29
Ins5	0.28	0.39	0.51	0.35	0.59	0.44	0.41	0.16	0.26	0.18	0.10	0.09
Ins6	0.12	0.15	0.27	0.28	0.34	0.36	0.43	0.19	0.08	0.18	-0.09	0.34
Ins7	-0.01	0.08	0.24	0.26	0.31	0.32	0.43	0.28	0.21	0.26	0.14	0.19
Ins8	0.22	0.31	0.26	0.25	0.32	0.40	0.55	0.36	0.27	0.39	0.17	0.30
Ins9	0.14	0.21	0.29	0.38	0.32	0.27	0.32	0.31	0.48	0.26	0.20	0.17
Ins10	0.22	0.24	0.34	0.32	0.25	0.10	0.16	0.31	0.17	0.35	0.16	0.05
Ins11	0.28	0.14	0.32	0.32	0.19	0.23	0.19	0.32	0.21	0.35	0.46	0.21
Ins12	0.03	-0.05	0.08	0.01	0.15	0.32	0.21	0.12	0.13	0.30	0.25	0.34

Cuadro N° 12: Análisis de correlación entre la precipitaciones pluviales y la Humedad relativa de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Pp1	Pp2	Pp3	Pp4	Pp5	Pp6	Pp7	Pp8	Pp9	Pp10	Pp11	Pp12
HR1	0.36	0.07	0.22	0.13	0.06	-0.34	0.25	-0.07	0.12	-0.04	0.04	-0.08
HR2	-0.04	0.53	0.25	0.32	0.22	-0.35	0.28	0.03	0.07	-0.11	-0.01	0.08
HR3	0.16	0.27	0.59	0.45	0.30	-0.34	0.24	-4.3E-03	0.39	0.11	0.01	-8.0E-04
HR4	0.09	0.19	0.34	0.73	0.29	-0.09	0.34	0.05	0.20	0.09	-0.04	-3.4E-03
HR5	0.02	0.16	0.09	0.45	0.42	-0.03	0.26	0.09	0.17	0.08	-0.04	0.07
HR6	-0.16	0.01	-0.12	0.14	0.31	0.20	0.17	0.01	-0.10	0.13	0.13	-0.13
HR7	-0.05	0.09	0.03	0.07	0.22	-0.01	0.35	0.11	0.02	-0.04	0.07	-0.12
HR8	-0.03	0.25	-0.09	-0.02	0.26	1.9E-03	0.27	0.40	0.18	0.03	0.07	-0.17
HR9	-0.14	0.25	0.28	0.08	0.30	-0.01	0.18	0.07	0.42	0.02	-0.05	0.01
HR10	-0.10	0.04	0.12	-0.01	0.25	0.02	0.10	0.14	0.10	0.47	0.11	0.06
HR11	-0.09	0.12	-0.01	-0.11	0.01	0.05	0.27	0.12	-0.05	0.12	0.54	-0.11
HR12	-0.03	0.23	0.15	-0.02	0.14	-0.04	0.23	-0.03	-0.06	0.13	0.14	0.40

Cuadro N° 13: Análisis de correlación entre la precipitaciones pluviales y la insolación máxima de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	Pp1	Pp2	Pp3	Pp4	Pp5	Pp6	Pp7	Pp8	Pp9	Pp10	Pp11	Pp12
Ins1	-0.58	0.06	0.13	-0.05	0.13	0.03	-0.05	-0.28	0.04	-0.02	0.21	0.17
Ins2	-0.15	-0.52	-0.11	-0.41	-0.15	0.15	-0.08	-0.13	-0.04	-0.06	0.36	-0.03
Ins3	-0.13	-0.12	-0.43	-0.46	-0.38	0.09	-0.10	0.14	-0.15	-0.22	0.08	-0.08
Ins4	-0.25	-0.22	-0.23	-0.71	-0.12	-0.09	-0.22	-0.21	-0.01	-0.09	0.19	-0.03
Ins5	-0.05	-1.7E-03	-0.21	-0.45	-0.34	0.11	-0.11	0.03	-0.19	-0.25	0.05	-0.19
Ins6	-0.18	-0.20	-0.08	-0.14	-0.32	-2.2E-03	-0.25	-0.32	-0.04	-0.17	0.06	-0.12
Ins7	0.09	-0.13	-0.22	-0.31	-0.15	0.12	-0.26	-0.24	0.03	-0.36	-0.08	0.27
Ins8	-0.02	-0.14	-0.13	-0.36	-0.13	0.09	-0.36	-0.31	-0.33	-0.42	0.31	0.09
Ins9	0.12	-0.11	-0.27	-0.36	-0.10	0.02	-0.38	-0.34	-0.42	-0.20	0.09	0.13
Ins10	-0.16	-0.21	-0.24	-0.37	-0.23	0.02	-0.10	-0.41	-0.21	-0.39	2.3E-03	0.08
Ins11	-0.31	0.02	-0.30	-0.32	0.07	-0.17	-0.09	-0.22	-0.21	-0.34	-0.21	-0.01
Ins12	-0.04	0.14	-0.02	-0.07	-0.11	-0.31	-0.08	0.10	0.10	-0.52	-0.22	-0.40

Cuadro N° 14: Análisis de correlación entre la Insolación máxima y la Humedad relativa de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	Ins1	Ins2	Ins3	Ins4	Ins5	Ins6	Ins7	Ins8	Ins9	Ins10	Ins11	Ins12
HR1	-0.44	-0.17	-0.28	-0.23	-0.13	-0.19	-0.14	-0.11	-0.18	-0.10	-0.27	0.20
HR2	0.03	-0.55	-0.30	-0.29	-0.13	-0.07	-0.09	-0.15	-0.06	-0.08	0.05	0.22
HR3	-0.14	-0.32	-0.62	-0.33	-0.29	-0.23	-0.30	-0.23	-0.28	-0.17	-0.27	0.01
HR4	-0.17	-0.44	-0.50	-0.64	-0.41	-0.24	-0.30	-0.34	-0.40	-0.18	-0.25	-0.02
HR5	-0.10	-0.28	-0.26	-0.36	-0.37	-0.25	-0.28	-0.26	-0.39	0.01	-0.13	-0.01
HR6	0.04	0.01	-0.15	-0.16	-0.10	-0.19	-0.08	-0.11	-0.23	0.20	-0.06	0.01
HR7	-0.05	0.02	-0.09	-0.13	-3.7E-03	-0.15	-0.13	-0.18	-0.46	0.18	-0.15	0.20
HR8	-0.07	-0.01	0.03	0.04	0.09	-0.21	-0.13	-0.27	-0.46	0.09	-0.17	0.19
HR9	0.13	-0.03	0.04	0.07	-0.02	-0.12	-0.06	-0.22	-0.50	0.07	-0.09	0.04
HR10	0.18	0.02	4.5E-03	0.09	-0.06	-0.02	-0.05	-0.14	-0.20	-0.02	-0.21	-0.21
HR11	0.11	0.24	0.10	0.20	0.11	-0.08	-0.16	-0.02	-0.24	0.16	-0.26	-0.12
HR12	0.25	-3.8E-03	0.11	0.09	0.05	-0.27	-0.04	-0.15	-0.22	0.22	-0.07	-0.24

4.2 ANÁLISIS DE ESTADÍSTICO DE LAS DESCARGAS MEDIAS MENSUALES DE LA SERIE HISTÓRICA DESDE 1971 HASTA 2010: Realizamos el análisis estadístico de las descargas medias mensuales del río Coata, para verificar su comportamiento frente a un cambio climático en los últimos cuarenta años.

Cuadro N° 15: Análisis de varianza de las descargas mensuales de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años)

	Gl	F (Estadístico)	p-valor	Descarga	R ²
Enero	3	3.99	0.0183	431.84	0.32
Febrero	3	1.91	0.1514	1098.67	0.18
Marzo	3	7.47	0.0009	473.85	0.45
Abril	3	1.40	0.2649	225.26	0.13
Mayo	3	3.62	0.0258	76.02	0.29
Junio	3	4.72	0.0096	33.09	0.36
Julio	3	0.77	0.5202	29.07	0.08
Agosto	3	0.22	0.8808	24.30	0.02
Setiembre	3	0.34	0.7950	21.24	0.04
Octubre	3	0.57	0.6380	34.31	0.06
Noviembre	3	2.17	0.1178	41.28	0.21
Diciembre	3	0.80	0.5068	148.65	0.09

De los cálculos del análisis de varianza de las descargas medias mensuales en estos últimos cuatro décadas desde el año 1971 a 2010 y presentamos los resultados en el cuadro N° 15, en el que p-valor son mayores a 0.05 en todos los meses; por consiguiente, se cumple la igualdad de medias entre décadas estadísticamente y esto confirma que no hay diferencias entre medias de décadas y se concluye que todas las medias muestrales son iguales estadísticamente, y esto indica que no hay incremento en las descargas medias mensuales sustancialmente en esta cuenca del río Coata,

solamente en los meses de enero, marzo, mayo y junio presentan diferencias en medias estadísticamente donde el valor de probabilidad (p-valor) es menor a 0.05, esto significa que hay diferencia de medias entre décadas del mismo mes; además se cumple la en los meses, mientras que en la mayoría de los meses las variaciones de descargas no son considerables, pero en los meses de enero y marzo efectivamente hay variaciones considerables tal como se viene produciéndose en estos últimos años.

Cuadro N° 16: Análisis de regresión lineal de descargas de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

	No. Datos	R ²	R ² Aj	A	B	Tc	p-valor	Actual (mm)	Proyectado a 2050 (mm)
Enero	40	0.02	0.000	3.48	0.65	1.34	0.1907	138.76	138.79
Febrero	40	0.06	0.02	1.70	1.57	0.47	0.6434	207.10	215.45
Marzo	40	0.17	0.14	0.89	3.76	0.19	0.8546	160.47	195.12
Abril	40	0.03	0.00	34.57	4.83	2.18	0.0380	66.40	99.17
Mayo	40	0.16	0.13	251.56	33.01	5.77	<0.0001	23.44	19.54
Junio	40	0.05	0.02	334.60	37.91	3.61	0.0012	10.26	9.87
Julio	40	0.13	0.10	274.93	32.46	5.91	<0.0001	6.25	5.14
Agosto	40	0.03	0.00	95.79	-6.46	4.39	0.0002	4.95	4.01
Setiembre	40	0.08	0.04	38.93	-4.12	4.72	0.0001	4.34	3.10
Octubre	40	0.32	0.29	24.47	-4.36	6.50	<0.0001	5.33	4.52
Noviembre	40	0.05	0.02	11.13	-1.33	3.49	0.0017	10.40	9.11
Diciembre	40	0.002	0.00	5.32	0.23	1.76	0.0890	42.84	43.12
Promedios de descarga mensual actual y proyectados								56.71	62.25
Diferencia entre la descarga actual y la proyectada									5.53

Se variaciones de las descargas medias mensuales entre los diferentes meses y asimismo entre los años, estas variaciones representan los valores de B de la ecuación de regresión, tal como se muestran en el cuadro N° 02, los valores de diciembre a abril tienen valores positivos que significan los incrementos de descargas medias mensuales de las cuatro décadas, tal como corrobora el IPCC (1992, 2007), que las descargas medias del planeta vienen variando, esto se traduce en diversos cambios del clima. Como afirman Barrett y Odum, durante la últimas décadas, «los equilibrios mundiales están comenzando a perturbarse y modificarse, proceso que suele llamarse como cambio climático mundial» (Barrett *et. al.*, 2006). Estas variaciones de descargas que se presentan en unos meses el incremento y en otras una disminución también están influenciadas por el incremento de temperatura del aire, produciendo el retroceso glaciar dentro

de los ámbitos de la cuenca. Las proyecciones de temperaturas máximas extremas para el año 2050 se incrementa aproximadamente a 5.53 m³/s en promedio en la cuenca del río de Coata, es ratificada en los primeros informes del IPCC presentados en 1992, (IPCC, 1992).

En la primera podemos representar un incremento de las descargas medias mensuales durante el Periodo 1971 – 2010, así como también hay disminuciones en algunos meses. El grado de asociación de la descargas medias mensuales de la estación hidrológica del río Cabanillas con las precipitaciones pluviales totales en las cuatro décadas de la estación meteorológica de la Cabanillas es directa pero es baja, solo en los meses enero y febrero es normal, donde el coeficiente de relación es 0.69 y 0.57 respectivamente en esos meses, o sea, a medida que incrementa la precipitaciones pluviales totales disminuye el por-

centaje de la insolación máxima en la cuenca del río Coata, tal como se presentan los resultados en el cuadro N° 17.

El grado de relación de la descargas medias mensuales de la estación hidrológica del río Cabanillas con las precipitaciones pluviales totales en las

cuatro décadas de la estación meteorológica de la Cabanillas en las cuatro décadas es inversa en los meses de junio, julio y noviembre, o sea, a medida que incrementa la precipitaciones pluviales totales disminuye las descargas medias mensuales en la cuenca del río Coata, tal como se presentan los resultados en el cuadro N° 17.

Cuadro N° 17: Análisis de correlación entre las descargas medias mensuales y precipitación pluvial de la estación Cabanillas desde 1971 a 2010, (40 años).

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Pp1	Pp2	Pp3	Pp4	Pp5	Pp6	Pp7	Pp8	Pp9	Pp10	Pp11	Pp12
Qs1	0.69	0.26	0.13	-0.12	0.03	-0.17	-0.20	0.15	0.30	-0.32	-0.16	0.22
Qs2	0.03	0.57	-0.28	-0.10	0.25	-0.23	-0.03	0.11	0.01	-0.30	-0.13	0.04
Qs3	-0.07	0.47	0.21	-0.16	0.32	-0.34	-0.17	-0.17	0.27	-0.16	0.06	0.40
Qs4	0.18	0.08	0.39	0.31	0.11	-0.27	-0.06	-0.12	0.46	-0.05	-0.22	0.09
Qs5	0.32	0.19	0.47	0.50	0.16	-0.22	-0.05	0.10	0.46	-0.13	-0.18	0.13
Qs6	0.26	0.26	0.37	0.26	-0.07	-0.06	-0.23	0.08	0.19	-0.04	-0.23	0.01
Qs7	0.31	0.41	0.13	0.13	1.2E-04	-0.08	-0.13	0.39	0.22	0.18	-0.35	-0.19
Qs8	0.33	0.34	0.06	0.04	-0.09	-0.16	-0.11	0.40	0.34	0.07	-0.37	-0.24
Qs9	-0.02	0.45	0.13	0.06	0.39	-0.10	0.38	0.30	0.10	0.48	-0.23	-0.01
Qs10	0.06	0.30	0.17	0.01	0.13	-0.15	0.03	0.13	0.16	0.40	-0.29	-0.04
Qs11	0.13	-0.07	0.31	-1.8E-03	-0.07	-0.16	-0.18	-0.22	0.22	0.18	-0.09	0.07
Qs12	-0.01	0.09	0.26	0.16	0.02	-0.29	-0.22	-0.17	0.32	-0.40	0.13	0.04

CONCLUSIONES

La implementación de pruebas paramétricas para detectar la significancia estadística de tendencias de series de variables climáticas, en la estación meteorológica de Puno, confirman la existencia de un cambio climático dado a escalas locales.

Los parámetros de temperatura máxima absoluta, registran los cambios más importantes en sus tendencias durante el periodo 1971 a 2010. Un incremento promedio de 0.58 °C de temperatura máxima absoluta estadísticamente estas variaciones son significativas, acompañado de una disminución precipitación pluvial de 7.09 mm/año máximo. La humedad relativa presenta variaciones significativas estadísticamente con un incremento de 1.50%; el porcentaje de insolación máxima presenta una disminución 1.08%, pero estadísticamente no es significativo dicha disminución; estos elementos climáticos en estudio

presentan variaciones a consecuencia del cambio climático, básicamente por efectos del calentamiento global de la tierra. Por otro lado, podemos indicar que el grado de asociación entre los elementos climáticos son bastantes bajas desde -0.53 hasta 0.73: a medida que incrementa la temperatura máxima absoluta disminuye la precipitación pluvial, lo mismo ocurre con la humedad relativa y temperatura máxima absoluta, precipitaciones pluviales y insolación máxima, insolación máxima y humedad relativa; mientras que la temperatura máxima absoluta y Insolación máxima, y precipitación pluvial y humedad relativa son directas por mas que son bajos dichos grados de relación o asociación.

En las tendencias de descargas mas recientes (1971-2010), indican un disminución de descargas medias mensuales del río Coata, pero estas variaciones son muy bajas 5.53 m³/s, con incrementos en los meses de diciembre, enero, febre-

ro, marzo y abril. Estos valores son corroborados por IPCC (1992, 2007).

AGRADECIMIENTOS

Estamos muy agradecidos al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) por el aporte de la información de temperaturas máximas, precipitación pluvial insolación máxima, humedad relativa, descargas medias mensuales de la estación CO. 110780 Cabanillas y por la apertura al desarrollo de este trabajo, asimismo al Dr. Ángel Canales Gutiérrez quien prestó la asesoría técnica, hicieron posible el desarrollo del presente trabajo. También a los compañeros del Doctorado de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente por el compañerismo brindado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade S. 2008. «Mitos y Verdades Acerca del Cambio Climático en Bolivia» Laboratorio de Física de la Atmosférica Instituto de Investigaciones Físicas, Carrera de Física Universidad Mayor de San Andrés. Revista Boliviana de Física 14, pp. 42-49.
- Antal, Edit. 2004. «Proceso de toma de decisiones en Estados Unidos y en la Unión Europea», en Cambio climático: desacuerdo entre Estados Unidos y Europa, México, CISAN, UNAM/Plaza y Valdés, pp. 89-144.
- Barret, G. W. y E. P. Odum. 2006. Cementeries as repositories of natural and cultural diversity. *Conversation Biology*. 15:1820-1824.
- Castro, G. 2004. «Calentamiento global: causas y consecuencias para América Latina» (Exposición). Lima: Congreso nacional de biología, Consejo nacional de colegios de biólogos del Perú, 2004. Efecto invernadero, entorno sociocultural, ecología, polución, América Latina, Localización.
- CMNUCC. Convención de Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. 1992. Conferencia de las partes. Naciones Unidas, Nueva York.
- Easterling, D. R., Peterson, T. C. 2000. The effect of artificial discontinuities on recent trends in minimum and maximum temperatures. *Atmospheric Research*, 37: 19-26.
- Fernández Carrasco, Pedro. 2002. «Estudio del Impacto del Cambio Climático sobre los Recursos Hídricos. Aplicación en Diecinueve Pequeñas Cuencas en España» Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid - España. Pp 267.
- IPCC, 1992. Cambio Climático: Evaluación de impactos. Primer Informe de Evaluación del IPCC. Vol.2, Instituto Nacional de Meteorología de España.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC*. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 873 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers*. IPCC WGII 4th Assessment Report. Praga, República Checa.
- Martín Vide, Javier. 2008. «La nueva realidad del calentamiento global. Un decálogo del cambio climático». Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona, 26-30 de mayo de 2008. <http://www.ub.es/geocrit/-xcol/49.htm>
- Ovalles, F. A., E. Cabrera-Bisbal, A. Cortez, M. C. Núñez, M. F. Rodríguez, J. C. Rey y J. Comerma. 2005. Aproximación a los es-

- cenarios de adaptación al cambio climático del sector agrícola. Proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31- Apoyo a la Primera Comunicación en Cambio Climático de Venezuela. INIA, CENIAP. 223 p.
- Puche M., Silva O., Warnock R. y Garcia V. 2009. «Evaluación del efecto del cambio climático sobre cultivos anuales en Venezuela» Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Venezuela.
 - Sanabria J., Marengo J. y Velarde M. 2010. «Escenarios de Cambio Climático con modelos regionales sobre el Altiplano Peruano (Departamento de Puno)». Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI, Centro de Ciencias do Sistema Terrestre-INPE. Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000 Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil.
 - SENAMHI (2009a) Escenarios Climáticos en la cuenca del río Santa para el año 2030 Autores Díaz A., Rosas G., Avalos G., Oria C., Acuña D., Llacza, A., Miguel R. Proyecto SCNCC, Segunda Comunicación Nacional del Cambio Climático. Editor Ministerio del Ambiente.
 - SENAMHI (2009b) Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030 Autores Díaz A., Rosas G., Avalos G., Oria C., Acuña D., Llacza, A., Miguel R. Proyecto SCNCC, Segunda Comunicación Nacional del Cambio Climático. Editor Ministerio del Ambiente.
 - SENAMHI (2007) «Escenarios de cambio climático en la cuenca de los ríos Mantaro y Urubamba para el año 2100»; Proyecto Regional Andino de Adaptación – PRAA. Autores Rosas G., Avalos G., Díaz A., Oria C., Acuña D., Metzger L. y Miguel R. Eds. SENAMHI – MINAM, Perú, 124 pp.
 - Storino Holderbaum, Breno. 2009. «Cambio climático regional y turismo local». El caso del sur de Brasil. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria – España. Volumen 19 (2010) pp 105 – 122.
 - Vincent, L; Peterson, T; Barros, R; Marino, M; Rusticucci, M. et al (2005) «Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960–2000». Journal of Climate, Canada.