



ARTICULO ORIGINAL
Rev. Investig. Altoandin. 2015; Vol 17 N° 1: 47 - 52

<http://www.unap.edu.pe/ou/ria/> - <http://huajsapata.unap.edu.pe/ria>
Enero - Abril - ISSN V.I: 2306-8582 V.D: 2313-2957



Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú

Belizario Quispe, Germán

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Puno
e-mail: belge29@hotmail.com, Telef. 951-510005

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Art. Recibido 28/02/15
Art. Aceptado 18/04/15
Publicado: 30/04/15

PALABRAS CLAVE:
* agricultura puneña
* cambio climático
* cuenca Ramis
* variación temporal

RESUMEN

El cambio climático viene alterando las condiciones del clima local; siendo los parámetros más sensibles las temperaturas extremas y las precipitaciones pluviales; por ende se investiga los efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis evaluando el comportamiento de las variables climáticas y su consecuencia en la actividad agrícola del altiplano peruano. Se trabajó con las series históricas de temperaturas extremas y precipitaciones pluviales de 46 años de las diez estaciones meteorológicas seleccionadas en base a longitud de las series, estaciones con datos faltantes y la consistencia, posteriormente se sistematizó, corrigió y completó en base del análisis de homogeneidad, luego se determinó las tendencias con las pruebas no paramétricas y paramétricas con 0.01, 0.05 y 0.10 niveles de significancia y análogamente la información de rendimientos de los cultivos. Las temperaturas máximas tienden a incrementar en 0.04°C anualmente, las medias muestran un incremento anual de 0.025°C con evidencia leve y las mínimas no muestran cambios significativos; mientras que las precipitaciones pluviales tienden a disminuir, y estos generan impactos significativos en los cultivos. Finalmente, que el cambio climático viene afectando a los parámetros de temperaturas y precipitaciones, y esto influye negativamente en el rendimiento de los cultivos en el ámbito de estudio así coinciden varios investigadores.

ARTICLE INFO

Article Received 28/02/15
Article Accepted 18/04/15
Published: 30/04/2015

KEY WORDS:
* puneña agriculture
* climate change
* watershed Ramis
* temporal variation

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON AGRICULTURE RAMIS BASIN, PUNO-PERU

ABSTRACT

Climate change is altering the local weather conditions; being extreme temperatures and more rainfall sensitive parameters; therefore the impact of climate change on agriculture in the basin Ramis, in order to evaluate the performance of climatic variables over the period 2012-2014 and its effect on highland agriculture is investigated. To this end we have worked with time series of extreme temperatures and rainfall 46 years of the nine weather stations selected based on three criteria: length of the series, stations with missing data and consistency. These series were systematized, corrected and completed on the basis of the analysis of homogeneity; with non-parametric and parametric tests it was determined trends with significance levels of 0.01, 0.05 and 0.10, and similarly information crop yields. The results show maximum temperatures tend to increase in 0.04°C annually, average temperatures show an annual increase of 0.025°C with mild and minimal evidence showing no significant changes; while rainfall tends to decrease, and they generate significant impacts on crops. Therefore, it is concluded that climate change is affecting the parameters of temperature and precipitation, and this adversely affects the crop yield bread out.

INTRODUCCIÓN

Puno, es el tercer departamento que depende principalmente de la actividad agropecuaria, pero es de alta vulnerabilidad a la variabilidad climática trae como consecuencia la crisis de la seguridad alimentaria, rompiendo la relación de equilibrio ecológico y socioeconómico. Asimismo, las condiciones océano-atmosféricas tropicales del Pacífico y del Atlántico Norte que contribuyeron a los cambios de temperatura y precipitación en los Andes sobre fluctuaciones de los glaciales(Stansell, *et al.*, 2013), se aprecia una tendencia al aumento de la precipitación monzónica de principios para el Holoceno tardío, en consonancia con la insolación de verano del SASM, pero la variabilidad hidrológica similar en escalas de tiempo de precesión no es evidente durante el último período glacial (Fornace, 2014).

Por lo que en el futuro el efecto del cambio climático es directa sobre las poblaciones rurales por las alteraciones del clima, que de por sí ya es hostil por su posición geográfica por encima de los 3,800 m.s.n.m., con rendimientos de producción cada vez más bajos y el cultivo de la papa permanente nunca fue posible en la cuenca del Titicaca, debido a la presencia de nematodos parásitarios del género *Globodera*, así como a otros factores(Bandy, 2005), por lo que es necesario analizar el comportamiento de las series históricas de temperaturas y precipitación, y determinar la relación que existe entre las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos seleccionados en el periodo de veinte años en la cuenca Ramis.

Asimismo, en las últimas décadas, 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 (Crane, Roncoli, & Hoogenboom, 2011), debido a las predicciones catastróficas para el planeta previsto por la comunidad de científicos (Vargas, 2009). Los cambios en los patrones actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos en el incremento de la temperatura ambiental resultado del cambio climático, además en latitudes subtropicales se prevé una disminución de las precipitaciones pluviales (IPCC, 2001, 2007; Thomson, Izaurrealde, Rosenberg, & He, 2006; Wei *et al.*, 2009). Sin embargo, en ninguna de las cuencas se puede establecer tendencias claras de la precipitación total anual, porque estadísticamente no permite rechazar la hipótesis nula de no tendencia en la región(Méndez & Martínez, 2010).

Igualmente, el clima mundial ha cambiado desde la época preindustrial, donde la temperatura se ha incrementado en un 0.3 a 0.6°C (Chakraborty, Tiedemann, & Teng, 2000), mientras que el IPPC predice con el actual escenario de emisiones, la temperatura media mundial podría aumentar entre 0.9 y 3.5°C para el año 2100, sin embargo, hay muchas incertidumbres que influyen en estas predicciones (Chakraborty *et al.*, 2000; González & Velasco, 2008; IPCC, 2007). Para Andrade (2008) 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 conocemos lo suficiente para establecer ciertas conclusiones del análisis de los cambios medios de anomalías de temperatura y

precipitación asociadas a desviaciones extremas, que producen un aumento de temperatura y precipitación, esto es producto del calentamiento global del planeta (Gbetibouo & Hassan, 2005; IPCC, 2007).

Por lo 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 del nivel medio del mar (Qiu, Yin, & Geng, 2012; Torres R., 2010), las precipitaciones pluviales, sequías prolongadas y bajas temperaturas, todas estas con mayor incidencia que antes, esto es lo que se denomina anomalías, es decir están fuera del promedio (Vanesa, 2004).

Asimismo, Chang (2002) determinó impacto potencial del cambio climático en el rendimiento del sector agrícola mediante el modelo de precios endógenos bajo diferentes escenarios de cambio climático, mientras para Crane(2011) la mayoría de los estudios sobre cambio climático se ocupan de los impactos potenciales y su adaptación, ya que el rendimiento del cultivo es más sensible a la precipitación que a la temperatura (Ficklin, Luedeling, & Zhang, 2010).

Además, el clima ha estado cambiando en estas tres últimas décadas, y seguirá cambiando, independientemente de cualquier estrategia de mitigación. Y la agricultura es una actividad dependiente del clima y por lo tanto es muy sensible a los cambios climáticos y a la variabilidad del clima (Ramirez-Villegas, Jarvis, & Läderach, 2010), principalmente de secano, es un sector económico importante y la más vulnerable al cambio climático (Roudier, Sultan, Quirion, & Berg, 2011). Este Cambio puede afectar a la agricultura en diversas formas, por ejemplo tiende a reducir el rendimiento, debido a que se acelera el proceso de las cosechas, con lo cual se reduce la producción de granos (Cline, 2007).

Más aun, la agricultura de secano es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático cada vez más, disminuyendo en algunas regiones la producción de cultivos(Alcamo, Dronin, Endejan, Golubev, & Kirilenko, 2007), donde los ingresos de los productores está en mayor reducción y los efectos del cambio climático varía a lo largo del periodo de proyección de 100 años (Alig, Adams, & McCarl, 2002; Hahn *et al.*, 2009), pero la producción de cultivos varía ampliamente de una región a otra. Sin embargo, las implicancias pueden ser muy complicados para los agricultores de subsistencia ubicados en ambientes frágiles, donde se esperan grandes cambios en productividad, pues estos agricultores dependen de cultivos que potencialmente serán muy afectados(P. G. Jones & Thornton, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la cuenca Ramis durante el 2012-2014, con los datos meteorológicos provenientes de las estaciones climatológicas principales de SENAMHI desde 1966 a 2012, y rendimiento del cultivo de papa y haba de la Dirección Regional de Agricultura Puno desde 1992 a 2012. Entre las cotas de 3810-5400 msnm, las coordenadas

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE LA CUENCA RAMIS, PUNO-PERÚ

geográficas: $14^{\circ}03'26.6''$ y $15^{\circ}27'33.7''$ latitud sur y $69^{\circ}25'26.4''$ a $71^{\circ}07'4.7''$ longitud Oeste, clima semi-seco y frio; con muestra de 10 estaciones (Arapa, Ayaviri, Azángaro, Crucero, Lampa, Pucará, Taraco, Asillo, Muñani y Umachiri), seleccionados desde tres puntos de vista: por la longitud de la serie histórica, datos faltantes menores o iguales al 15% y por la consistencia o homogeneidad, y el método del vector regional para identificar anomalías, valores extremos o comportamientos no homogéneos en la región usando el software hydraccess, y se superpuso con las Agencias Agrarias comprendidas dentro de la cuenca.

Para la tendencia en la media se calculó de los parámetros con la ecuación de regresión lineal simple, luego se compararon ($T_c \leq T_T$ (95%) si no presentan tendencias en la media y de lo contrario se los presentan), y para la tendencia en la desviación estándar se usó la prueba de «F», ambos con un nivel de significancia del 5%, finalmente se aplicó test estadísticos paramétricos y no paramétricos (test Mann-Kendall y Spearman's Rho, t-student (Yue *et al.*, 2002)) usando el software TREND.

Se ha evaluado el efecto del cambio climático en la agricultura, determinando los estimadores para cada cultivo mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios y regresión entre el rendimiento en función de las variables climáticas; inicialmente por separados las variables climáticos para comparar el efecto individual de cada variable. Posteriormente se realizó la estimación conjunta de las variables climáticas de temperaturas extremas y las precipitaciones pluviales y finalmente se relacionaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson, con criterio de decisión, $H_0: R_{xy} = 0$ (no existe correlación) y contrariamente si $H_1: R_{xy} \neq 0$ un nivel de significancia de $p < 5\%$.

RESULTADOS

Los índices regionales anuales para temperaturas máximas, muestran un comportamiento regional homogéneo, encontrándose dentro de los límites de confianza las estaciones de los grupos, es decir que los datos son consistentes, de buena calidad y con comportamiento similar. A excepción de la estación Ayaviri en 1981 y Llalli en 2007, asimismo las temperaturas medias y mínimas. Las temperaturas anuales cumplen con la hipótesis de pseudo-proporcionalidad, tanto los datos originales como los datos completados y corregidos son consistentes, ya que el «Correl/Vector» de los valores tiende a la unidad (0.896) y también la correlación de las temperaturas medias anuales (0.65), pero hay fuerte dispersión en el caso Muñani.

El análisis de tendencias de las temperaturas máximas mediante los test paramétricos y no paramétricos de las estaciones; en caso de Ayaviri, Azángaro, Huancané y Progreso presentan tendencias significativas al incremento con 0.01 del nivel de significancia, Arapa con 0.05 del nivel de significancia en forma positiva y tendencias positivas significativas para Lampa con 0.10 del nivel de significancia con los test Mann Kendall y

RanKsum y con otros test no presentan tendencias significativas, Muñani presenta tendencias significativas sólo con los test regresión lineal al 0.05 y T-student a 0.10 y con otras pruebas presenta cambios negativos al igual que Macusani, mientras que Llalli y Chuquibambilla no presentan tendencias significativas, pero en promedio presentan incrementos de 0.04C/año.

Así mismo, las temperaturas medias de Ayaviri, Lampa, Azángaro, Huancané, Llalli, Muñani presentan tendencias significativas de incremento con 0.01 de nivel de significancia y Macusani presentan tendencias incremento significativo con 0.05 de nivel de significancia, pero las estaciones de Progreso, Chuquibambilla y Arapa no presentan cambios significativos en el periodo de 1966 a 2012, en promedio presentan un incremento de 0.025C/año; las temperaturas mínimas de Ayaviri y Lampa presentan cambios significativos positivos al 0.01 del nivel de significancia, mientras que Arapa tendencias negativas, pero no son cambios significativos.

Mientras que, las temperaturas en veinte años (1992–2012) no presentan variaciones considerables, los valores de la desviación típica y la varianza son 0.723 y 0.523 respectivamente. Pero, temperaturas máximas muestran valores más altos de desviación típica (0.89) en la estación meteorológica de Ayaviri, seguido de Azángaro, pero si se muestran valores altos entre 1966 a 2012.

Cuadro 1

Prueba de hipótesis mediante análisis de varianza (ANOVA) del cambio climático y los variables del clima, cuenca Ramis, 2014.

Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	R cuadrado	Fc	Sig.
1	Regresión	280.745	3	93.582	0.422	3.897 0.029
	Residual	384.255	16	24.016		
	Total	665.000	19			
Variable dependiente: cambio climático						
Variables predictoras: (constante), temperaturas medias, mínimas y máximas						

Según la prueba de distribución F se determina que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas de la cuenca del río Ramis, para los últimos 20 años desde 1992 a 2012, ya que el valor de significancia es 0.029 que es menor de 0.05 del nivel de significancia. Además, los coeficientes independientes establecen que existe mayor influencia del cambio climático en las temperaturas máximas de 0.048 que es menor al 0.05, mientras que en las temperaturas medias y mínimas no presentan influencias significativas o representativas. Asimismo, existe una relación directa positiva alta entre el cambio climático y las temperaturas máximas (0.475*), pero existe una relación inversa negativa muy baja (-0.026) entre las temperaturas mínimas, mientras que la relación entre las temperaturas medias y el cambio climático es positiva baja (0.258).

Las pruebas estadísticas muestran que no existe diferencia significativa entre las medias de los períodos 1966–2012 de las series históricas de precipitaciones pluviales en los tres grupos de estaciones seleccionadas, puesto que . En cuanto a

BELIZARIO QUISPE, GERMÁN

varianzas existe una diferencia significativa para las estaciones Arapa, Taraco, Azángaro es , con variaciones en las sub series de precipitación total mensual, pero no se ve tendencia marcada o evidente. Sin embargo, las precipitaciones pluviales tiende a incrementar en Taraco en el mes de mayo, junio y julio, Ayaviri en enero, marzo, abril y octubre, Ananea y Chuquibambilla en febrero, y Azángaro en enero, marzo y abril, mientras que en Azángaro y Progreso el mes de setiembre, Crucero, Ananea y Chuquibambilla en setiembre presentan tendencias decrecientes, y a nivel anual para los tres grupos de estaciones su comportamiento es estable.

Cuadro 2

ANOVA de las precipitaciones pluviales frente al cambio climático, cuenca Ramis, 1992-2012.

Modelo	Suma de cuadrados	G.I	Media cuadrática	R cuadrado	F	Sig.
Regresión	88.703	3	29.568	0.533	0.821	0.0401
Residual	576.297	16	36.019			
Total	665.000	19				

Variable dependiente: cambio climático
Variables predictoras: (constante), precipitación máxima en 24 horas, días de precipitación, precipitación total

La distribución F muestra que no existe una influencia significativa de los cambios climáticos sobre las precipitaciones pluviales de la cuenca, porque $F_C \leq F_T(2.24)$, pero contrariamente el valor del significancia (0.0401) es menor a un error (0.05). Asimismo, los resultados de los coeficientes independientes muestran que no existe influencia significativa ($T_C \leq T_T(2.093)$), estas afirmaciones es corroborado con los análisis bivariadas entre dichos variables; asimismo la precipitación total y precipitación máxima de 24 horas tienen relación inversa.

Cuadro 3

Comportamiento del rendimiento del cultivo de haba en kg/ ha a variables climáticos óptimos

Description	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
$C_{(1)}$	-29529.57	11679.86	-2.528248	0.0241
$C_{(2)}$	5988.506	2256.287	2.054141	0.0189
$C_{(3)}$	5.677940	14.91126	0.380782	0.7091
$C_{(4)}$	-314.4262	131.6633	-2.388109	0.0316
$C_{(5)}$	-0.008648	0.008155	-1.060497	0.3069
$C_{(6)}$	0.318999	1.703198	0.187294	0.8541
R-squared	0.491078	Mean dependent var		1056.297
Adjusted R-squared	0.305748	S.D. dependent var		176.8639
S.E. of regression	167.2511	Akaike info criterio		13.32019
Sum squared resid	391621.1	Schwarz criterio		13.61891
Log likelihood	-127.2019	Hannan-Quinn criter.		13.37851
F-statistic	1.449363	Durbin-Watson stat		1.617052
Prob(F-statistic)	0.037421			

$$Y_{haba} = C_{(1)} + C_{(2)}T + C_{(3)}P + C_{(4)}T^2 + C_{(5)}P^2 + C_{(6)}T * P$$

El cultivo de haba tiene una la relación significativa alta ($R^2 = 0.491$), lo que significa que un aproximado del 49.1% de las variaciones en el rendimiento del cultivo de haba son a consecuencia de los cambios en las variables del clima en los últimos 20 años, puesto que el altiplano peruano es considerado una de las zonas más sensibles y perturbadas por la variabilidad climática con implicancias en las actividades del sector agropecuario. Además no existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales

sobre el rendimiento de haba, puesto el valor de $F_C \leq F_T(2.24)$, pero el valor de significancia (0.037) es menor a un error (0.05), ya que, se requiere una precipitación promedio 800mm y las temperaturas óptimas durante su ciclo fenológico es de 11.5-16°C y superiores a 20°C pueden inhibir la floración, por ende la disminución en el rendimiento del cultivo de haba.

Los coeficientes independientes establecen que existe influencia inversa a un 4% de error del cambio en las temperaturas máximas y los días de precipitación en el rendimiento del cultivo de haba, pero ninguna de las variables climáticas son significativas estadísticamente $T_C \leq T_T(2.093)$

Cuadro 4

Comportamiento del rendimiento del cultivo de papa en kg/ ha a variables climáticos óptimos

Description	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
$C_{(1)}$	-342351.8	155494.3	-2.231699	0.0420
$C_{(2)}$	61153.77	30038.03	2.235878	0.0411
$C_{(3)}$	274.9124	198.5141	1.384850	0.1878
$C_{(4)}$	-3158.103	1752.838	-2.801709	0.0432
$C_{(5)}$	-0.218326	0.108564	-2.011044	0.0640
$C_{(6)}$	-4.978798	22.67473	-0.219575	0.8294
R-squared	0.585396	Mean dependent var		10134.60
Adjusted R-squared	0.437323	S.D. dependent var		2968.359
S.E. of regression	2226.620	Akaike info criterio		18.49768
Sum squared resid	69409719	Schwarz criterio		18.79640
Log likelihood	-178.9768	Hannan-Quinn criter.		18.55600
F-statistic	3.953427	Durbin-Watson stat		1.439297
Prob(F-statistic)	0.019109			

$$Y_{papa} = C_{(1)} + C_{(2)}T + C_{(3)}P + C_{(4)}T^2 + C_{(5)}P^2 + C_{(6)}T * P$$

La relación del modelo del cultivo de papa es altamente significativa ($R^2=0.44$), que un aproximado del 44% de las variaciones en el rendimiento del cultivo de la papa son a consecuencia de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en los últimos 20 años y ratifica la prueba de hipótesis de la distribución $F_C > F_T(2.24)$, además se tiene un valor de significancia igual a 0.019 que es mucho menor a un error del 0.05. Asimismo, los coeficientes independientes establecen que existe una influencia altamente significativa de las temperaturas máximas (sig. = 0.001) y los días de precipitación (sig. = 0.006) en rendimiento del cultivo de la papa, mientras que las temperaturas mínimas influye de manera negativa significativa (sig. = 0.011) ya que son más sensible a las temperaturas bajas, mientras que la precipitación total no muestra influencia significativa, pero influye negativamente. Además la $T_C > T_T(2.093)$ en todas las variables climáticas, con excepción de la precipitación total ($T_C \leq T_T(2.093)$).

DISCUSIONES

Se observó un aumento de la temperatura media anual de 0.025°C a lo largo del área de estudio, con tendencia positiva en temperatura mensual en junio y en la primavera. Las tendencias más significativas observadas en la temperatura parecen ser consistentes entre las diferentes fuentes de datos, tal como corroboran Méndez & Martínez (2010). Las proyecciones del comportamiento del promedio de las temperaturas máximas presenta incrementos con los diferentes

modelos de 0.069°C por año al 2030, estas pueden influir en los cambios de precipitación mediante la alteración de las propiedades termodinámicas de la masa de aire y por lo tanto el transporte de humedad a consecuencia del incremento de la temperatura, tal como corroboran Chakraborty, Tiedemann & Teng (2000) y el cambio climático indica una variación de la temperatura ambiental como en el espacio y en el tiempo, el mayor impacto por incremento de la temperatura será en la agricultura, pero las temperaturas mínimas extremas presentan disminuciones de -2.83°C al 2030, estas vienen alterando el comportamiento del sistema climático, tal como revela IPCC, (2007). Ya los métodos estadísticos basados en regresiones predicen un mayor aumento en otoño e invierno de las temperaturas mínimas, tal como indica Crane (2011). Igualmente, se espera que en la cuenca cause incremento de las temperaturas y altere patrones de precipitación y eventos climáticos más frecuentes y extremos, tal como afirman Botzen, Bouwer, & van den Bergh, (2010) previsto en las temporadas de invierno y primavera afectando a los cambios de evaporación y consecuentemente de precipitación y el volumen de agua almacenada en la capa arable de suelo, y una gran parte del ciclo hidrológico esto revalida Andrade (2008).

En el verano ha cambiado la precipitación (en cantidad y frecuencia), este cambio no sólo depende de un cambio en la circulación atmosférica, sino también del aumento de la temperatura, y las investigaciones sobre el impacto del cambio climático. Sin embargo, estos cambios pueden tener impacto ya sea positivo o negativo y ser muy dependientes de tipos de circulación atmosférica, tal como alegan Wei *et al.*, (2009). Estos resultados están influenciados por el aumento de la temperatura que cambia la tasa de evapotranspiración y la forma de precipitación, y posteriormente patrones de caudales mensuales; asimismo, la precipitación no sigue una tendencia significativa clara. Igualmente, la distribución espacial de los cambios de todos los índices extremos climáticos refleja la complejidad general climática y la influencia de la topografía tal como ratifican Chakraborty, Tiedemann & Teng (2000).

La oscilación de temperaturas extremas viene superando los 20°C durante el día y de noche por debajo de los 10°C, asimismo los días de precipitación es importante para que sean un ambiente fresco (FAO, 2002). Estos resultados obtenidos tienen relaciones significativas bivariadas bajas entre la variación de las temperaturas, precipitaciones pluviales y el rendimiento, pero las temperaturas mínimas afectan negativamente en el rendimiento de los cultivos de haba, tal como corrobora Aragón (1995).

La reducción de rendimiento del cultivo de papa se estimó a partir de un factor de estrés de agua, que es una función del contenido de humedad del suelo. Asimismo, la reducción media del rendimiento de los cultivos en relación a 20 años para todos los escenarios se redujo por el descenso irregular de las precipitaciones y esto afirma González & Velasco, (2008) y IPCC, (2007) y la disminución del rendimiento se relaciona linealmente con el acortamiento del período de crecimiento causado por el aumento de la temperatura y descenso de las precipitaciones pluviales, tal como afirman Ramirez-Villegas, Jarvis, & Läderach, (2010).

CONCLUSIONES

Las temperaturas máximas presentan tendencias significativas a nivel anual del incremento promedio de 0.04°C/año con evidencia leve (0.05), asimismo las tendencias de las temperaturas medias muestran un evidente (0.01) cambio de incremento en 0.025°C/año, solo en estación Macusani disminuye con evidencia leve(0.05). Las temperaturas mínimas a nivel de cuenca presenta un incremento de 0.0004°C/año, mientras Arapa y Progreso presenta cambio negativa con 0.01; Las precipitaciones pluviales presentan tendencias negativas de 0.70mm/año a nivel de cuenca Ramis, pero no se identifica una tendencia regional marcada de disminución.

Los días de precipitación y temperatura máxima viene afectando significativamente a rendimientos del cultivo de haba con un incremento de 23.89kg/ha, mientras que las temperaturas mínimas y precipitación total no muestran impactos; en el cultivo papa las temperaturas y días de precipitación generan impactos significativas con 83.41kg/ha de incremento, asimismo la precipitación total no muestra significativo impacto.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI y Dirección Regional de Agricultura de Puno, por información meteorológica necesaria proporcionado para llevar a cabo la investigación

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abraha, M. G., & Savage, M. J. (2006). Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115(1), 150-160.
- Alcamo, J., Dronin, N., Endejan, M., Golubev, G., & Kirilenko, A. (2007). A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia. *Global Environmental Change*, 17(3), 429-444.
- Alig, R. J., Adams, D. M., & McCarl, B. A. (2002). Projecting impacts of global climate change on the US forest and agriculture sectors and carbon budgets. *Forest Ecology and Management*, 169(1), 3-14.
- Andrade, S. (2008). Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia. *Revista Boliviana de Física*, 14(1), 42-49.
- Bandy, Matthew S. (2005). Energetic efficiency and political expediency in Titicaca Basin raised field agriculture. *Journal of Anthropological Archaeology*, 24(1), 271-296.
- Botzen, W. J. W., Bouwer, L. M., & van den Bergh, J. C. J. M. (2010). Climate change and hailstorm damage: Empirical evidence and implications for agriculture and insurance. *Resource and Energy Economics*, 32(3), 341-362.
- Cline, W. R. (2007). Global warming and agriculture: impact estimates by country (2nd ed.). Washinton DC: Center for Global development.
- Crane, T. A., Roncoli, C., & Hoogenboom, G. (2011). Adaptation to climate change and climate variability:

- The importance of understanding agriculture as performance. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 57(3), 179-185.
- Chakraborty, S., Tiedemann, A. V., & Teng, P. S. (2000). Climate change: potential impact on plant diseases. Environmental Pollution, 108(3), 317-326.
- Chang, C.-C. (2002). The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. Agricultural Economics, 27(1), 51-64.
- FAO, (1994). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1994, Agricultura No 27. Italia.
- FAO. (2002). World agriculture: towards 2015/2030 summary report. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Ficklin, D. L., Luedeling, E., & Zhang, M. (2010). Sensitivity of groundwater recharge under irrigated agriculture to changes in climate, CO₂ concentrations and canopy structure. Agricultural Water Management, 97(7), 1039-1050.
- Fornace, Kyrstin L.; Hughen, Konrad A.; Shanahan, Timothy M.; Fritz, Sherilyn C.; Baker, Paul A.; Sylva, Sean P. (2014). A 60,000-year record of hydrologic variability in the Central Andes from the hydrogen isotopic composition of leaf waxes in Lake Titicaca sediments. Earth and Planetary Science Letters, 408(1), 263-271.
- García, M., & Montserrat, V. (2009). The economic relevance of climate variables in agriculture: The case of Spain. Economía Agraria y Recursos Naturales, 9(1), 52-64.
- Gbetibouo, G. A., & Hassan, R. M. (2005). Measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach. Global and Planetary Change, 47(4), 143-152.
- González, J., & Velasco, R. (2008). Evaluation of the impact of climatic change on the economic value of land in agricultural systems in Chile. Journal of Agricultural Research, 68(1), 56-68.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-a case study in Mozambique. Global Environmental Change, 19(1), 74-88.
- IPCC. (2001). Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001) Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change.: Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers. IPCC WGII 4th. Praga, República Checa.
- Jones, P. G., & Thornton, P. K. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. Global Environmental Change, 13(1).
- Kumar, K. S. K., & Parikh, J. (2001). Indian agriculture and climate sensitivity. Global Environmental Change, 11(2), 147-154.
- Linsley, R., Khmer, M., & Paulus, J. (1986). Hidrología para Ingenieros (Mc Graw Hill ed.). Mc GRAW HILL Interamericana de México C.V. México.
- Méndez, P., & Martínez, J. (2010). Análisis de tendencias hidroclimáticas de dos cuencas representativas de isla de Puerto Rico. Geografía de América Central\$ Espacial, 2(2), 101-125.
- Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. European Journal of Agronomy, 16(4), 239-262.
- Qiu, G.-y., Yin, J., & Geng, S. (2012). Impact of Climate and Land-Use Changes on Water Security for Agriculture in Northern China. Journal of Integrative Agriculture, 11(1), 144-150.
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A., & Läderach, P. (2010). Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. Agricultural and Forest Meteorology(1).
- Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., & Berg, A. (2011). The impact of future climate change on West African crop yields: What does the recent literature say? Global Environmental Change, 21(3), 1073-1083.
- Sanabria, J., Marengo, J., & Velarde, M. (2010). Escenarios de Cambio Climático con modelos regionales sobre el Altiplano Peruano (Departamento de Puno) Centro de Ciencias do Sistema Terrestre-INPE. Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000 Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI.
- Stansell, Nathan D.; Rodbell, Donald T.; Abbott, Mark B. (2013). Proglacial lake sediment records of Holocene climate change in the western Cordillera of Peru. Quaternary Science Reviews, 70(2), 1-14.
- Tencer, B. (2010). Variabilidad de los eventos extremos de temperatura observados y modelados en el sudeste de sudamérica, y sus proyecciones ante un escenario de cambio climático. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Thomson, A. M., Izaurralde, R. C., Rosenberg, N. J., & He, X. (2006). Climate change impacts on agriculture and soil carbon sequestration potential in the Huang-Hai Plain of China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 114(2), 195-209.
- Torres R., L. (2010). Análisis Económico del Cambio Climático en la Agricultura de la Región Piura-Perú, Caso: Principales Productos Agroexportables (1° ed.). Perú: CIES - Universidad Nacional de Piura.
- Traverso, M. I., Rodriguez, G., & Boulón, D. (2011). Proyecto de estudio sobre el cambio climático en Argentina (2º ed., Vol. II, pp. 173): INTA.
- Vanesa, C. C. (2004). Comunidad internacional y Cambio Climático Global. A propósito de nuevas tendencias y escenarios, from <http://www.caei.com.ar/ebooks/ebook14.pdf>
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y sus Efectos en el Perú» BCRP - Serie de Documentos de Trabajo julio 2009.
- Wei, X., Declan, C., Erda, L., Yinlong, X., Hui, J., Jinhe, J., Yan, L. (2009). Future cereal production in China: The interaction of climate change, water availability and socio-economic scenarios. Global Environmental Change, 19(1), 34-44.