Artículo de Investigación

Efecto de la temperatura y precipitacion sobre la agricultura en la cuenca Coata-Puno, Perú

Lopez Loayza, Candida; Caira Mamani, Cirilo Mario; Carhuarupay Molleda, Yakov Felipe

Candida Lopez Loayza
candidalopeza@gmail.com
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Perú

Cirilo Mario Caira Mamani
mariocaira1966@gmail.com
Universidad Nacional del Altiplano, Perú

Yakov Felipe Carhuarupay Molleda
yakov_cc@hotmail.com
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA
Centro de Estudios Transdisciplinarios, Bolivia
ISSN: 2664-0902
ISSN-e: 2664-0902
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 5, núm. 14, 2021
editor@revistaalfa.org

Recepción: 09 Marzo 2021
Aprobación: 02 Abril 2021
Publicación: 04 Mayo 2021

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5402509033/

Resumen: El cambio climático viene alterando las condiciones del clima en la cuenca del río Coata, siendo las temperaturas extremas y las precipitaciones pluviales las variables más sensibles; por ende, se investiga el efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata, con el objetivo de evaluar el comportamiento de las variables climáticas durante el periodo 2015-2016 y su efecto en la actividad agrícola del altiplano. Para tal efecto se ha trabajado con las series históricas de temperaturas extremas y precipitaciones pluviales de 48 años de las estaciones meteorológicas seleccionadas en base a tres criterios: longitud de las series, estaciones con datos faltantes y por la consistencia. Esta serie fueron sistematizada, corregidas y completadas en base al análisis de homogeneidad; con las pruebas no paramétricas y paramétricas se ha determinado las tendencias con niveles de significancia de 0.01, 0.05 y 0.10, y análogamente la información de rendimientos de los cultivos. Los resultados muestran que las temperaturas máximas tienden a incrementar en 0.05°C anualmente, las temperaturas medias muestran un incremento anual de 0.028°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. Por lo tanto, no hay datos de rendimiento de los cultivos, se concluye que el cambio climático viene afectando a los parámetros de temperaturas y precipitaciones, y esto influye negativamente en el rendimiento de los cultivos del pan llevar.

Palabras clave: Agricultura, cambio climático, cuenca Coata, precipitación, temperatura.

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 Coata, in order to evaluate the performance of climatic variables over the period 2015-2016 and its effect on highland agriculture is investigated. To this end we have worked with time series of extreme temperatures and rainfall 48 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 0.05°C annually, average

temperatures show an annual increase of 0.028ºC 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.

Keywords: Agriculture, climate change, Coata basin, precipitation.

Resumo: A mudança climática vem alterando as condições climáticas na bacia do rio Coata, sendo as temperaturas extremas e a precipitação as variáveis mais sensíveis; portanto, o efeito da temperatura e da precipitação na agricultura da bacia do Coata é investigado, com o objetivo de avaliar o comportamento das variáveis climáticas durante o período de 2015-2016 e seu efeito sobre a atividade agrícola nas terras altas. Para isso, trabalhamos com a série histórica de temperaturas extremas e chuvas durante 48 anos das estações meteorológicas selecionadas com base em três critérios: duração da série, estações com dados ausentes e consistência. Estas séries foram sistematizadas, corrigidas e completadas com base na análise de homogeneidade; testes não paramétricos e paramétricos foram usados para determinar tendências com níveis de significância de 0,01, 0,05 e 0,10, bem como dados de rendimento de culturas. Os resultados mostram que as temperaturas máximas tendem a aumentar em 0,05ºC anualmente, as temperaturas médias mostram um aumento anual de 0,028ºC com leves evidências e as temperaturas mínimas não mostram mudanças significativas; enquanto a precipitação tende a diminuir, e estas geram impactos significativos sobre as culturas. Portanto, não há dados sobre o rendimento das culturas, conclui-se que a mudança climática está afetando os parâmetros de temperatura e precipitação, e isto influencia negativamente o rendimento das culturas de pão.

Palavras-chave: Agricultura, mudança climática, bacia de Coata, precipitação, temperatura, pluviosidade.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, 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 (1), debido a las predicciones catastróficas para el planeta previsto por la comunidad de científicos (2). 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 (3-5).

Sin embargo, en ninguna de las cuencas se puede establecer tendencias claras en cuanto a la precipitación total anual, porque ningún valor estadísticamente es significativa que permita rechazar la hipótesis nula de no tendencia; en una cuenca la temperatura media anual mostró un ligero aumento, mientras que en la otra la temperatura manifestó descenso (6), tanto el estadístico Spearman Rho y Mann- Kendall muestran valores no significativos, debido a estos resultados no se puede establecer tendencias claras de disminución o incremento de las precipitaciones en la región.

Además, un leve aumento de la temperatura (indica mayor evaporación), serian condiciones que pueden crear una tendencia regresiva en los volúmenes de agua. En base a la desviación acumulada ha puesto en evidencia la diferenciación en dos periodos homogéneos. Dentro del análisis previo, cabe comentar el alto valor de la desviación estándar que corrobora la notable variabilidad de la precipitación y resta significación al valor medio mensual (7).

Así mismo, el clima mundial ha cambiado desde la época preindustrial, donde la temperatura se ha incrementado en un 0.3 a 0.6ºC (8), mientras que el panel intergubernamental sobre el cambio climático predice con el actual escenario de emisiones, la temperatura media mundial podría aumentar entre 0.9 y 3.5ºC para el año 2100, sin embargo, hay muchas incertidumbres que influyen en estas predicciones (8,9).

Más aun, Chang (10), 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 at al. (1), 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 de temperatura (11), si la disponibilidad de agua se reduce en el futuro, el suelo de alta capacidad de retención del agua es mejor para reducir el impacto de la sequía, pero la urbanización da lugar al aumento de la temperatura (12).

Por su parte, para Andrade (13) , tres décadas de datos globales no son suficientes para entender a cabalidad variaciones más lentas del clima de la Tierra, sin que esto signifique, que como la humanidad no conozcamos lo suficiente para establecer ciertas conclusiones (4), 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 (14).

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 (15).

No son las elevadas temperaturas las que indican el cambio climático y como son las precipitaciones pluviales, sequias prolongadas y bajas temperaturas, todas estas con mayor incidencia que antes, esto es lo que se denomina anomalías, es decir están fuera del promedio (16), las precipitaciones pluviales son más intensas en zonas tropicales, principalmente porque el ciclo del agua ha variado, el nivel del mar ha aumentado a consecuencia del derretimiento de los glaciares, así como su salinidad ha disminuido y el aumento del vapor de agua se ha incrementado (3), y ésta es el gas invernadero más importante en la atmósfera (17).

Además, el clima ha estado cambiando en las tres últimas décadas, y seguirá cambiando, independientemente de cualquier estrategia de mitigación. 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 (18), principalmente de secano, es un sector económico importante y la más vulnerable al cambio climático (19). El cambio climático 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 (20).

Por otra parte, la agricultura de secano es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático cada vez más, está disminuyendo en algunas regiones la producción de cultivos (21), donde los ingresos de los productores están en mayor reducción y los impactos del cambio climático varía a lo largo del periodo de proyección de 100 años (22).

Por consiguiente, se plantea responder a la interrogante: ¿Cuál es el efecto de la temperatura y ´precipitación en el rendimiento de los cultivos en la cuenca Coata? Ya que los incrementos de temperatura y cambios en la precipitación bajo los escenarios del cambio climático son responsables de la variación en los rendimientos de los cultivos, debido a su variabilidad interanual. Y por ende es necesario evaluar el comportamiento de las temperaturas extremas y precipitaciones pluviales en el contexto del cambio climático

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigacion fue realizado en la cuenca del río Coata se ubica íntegramente dentro del departamento de Puno, ocupa las superficies de las provincias de San Román, Lampa y parte de las provincias de Puno y Huancané. La cuenca del río Coata está conformada básicamente por las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa. La superficie total de la cuenca Coata es de 4,908.44 Km2, su altitud máxima y mínima es de 5,300 y 3,800 msnm., respectivamente, y su altitud media es de 4,336.12 msnm. La longitud de curso más largo es de 188.57 Km. con una pendiente media de 1.13%. Pluviométricamente es una cuenca con buen rendimiento hídrico. La precipitación total anual en la cuenca varia de 595.5 mm. (Juliaca) a 870.8 mm. (Quillisani). Los valores más altos se registran en el entorno del lago Titicaca y en la parte alta de la cuenca. Las temperaturas más bajas se producen en el mes de julio, mientras que las más elevadas se registran de noviembre a marzo, por lo general centradas en enero.

Análisis de tendencia de la información meteorológica

Se realizo el análisis de tendencias, el análisis de saltos y con la serie libre de saltos, se procedió a analizar las tendencias en la media y en la desviación estándar. Para ver si la serie presenta tendencia en la media se procedió al cálculo de la tendencia en la media, luego los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple, y finalmente compararon si la T# ≤ Tt (95%), entonces no se presenta tendencia en la media y de lo contrario se los presentan. Se utilizó la tendencia en la desviación estándar puesto que se trabajó con datos mensuales para el primer y segundo objetivo, con el procedimiento siguiente: a) Regionalización, y análisis de consistencia de la precipitación y temperaturas a nivel mensual. Se aplicó el método del vector regional (MVR) para identificar anomalías, valores extremos o comportamientos no homogéneos en la región, que se evaluaron para establecer su confiabilidad con el fin de ratificarlos o corregirlos. b) Preparación y armado de series continuas mensuales y anuales de los datos de precipitación y temperaturas para el análisis de tendencias. Los datos originales presentan vacíos en algunos meses o periodos, que fueron reconstituidos para poder aplicar test estadísticos usados para el análisis de tendencias. c) Análisis de tendencias de precipitaciones y temperaturas mensuales y anuales, aplicando test estadísticos paramétricos y no paramétricos usando el software TREND (test Mann- Kendall y Sperman's Rho, t-student (23), los resultados se interpretaron considerando los comportamientos de eventos extremos de los elementos frente al fenómeno del cambio climático.

Análisis del rendimiento de los cultivos frente al cambio climático en la cuenca del río Coata

Se realizó el análisis de produccion de cultivos de pan llevar con los elementos climáticos de la cuenca Coata, se obtuvieron los rendimientos de los cultivos para cada zona sub-tipo climático de las Oficinas del Ministerio de Agricultura-Puno y posteriormente se analizó la consistencia de las informaciones del periodo considerado en el presente trabajo, luego se realizó cálculos de los estimadores para cada cultivo utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios y regresión, el rendimiento en función de las variables climáticas; primero por separado la temperatura mínima y luego por la temperatura máxima, de precipitación pluvial, para comparar el efecto individual de cada variable. Seguidamente se realizó la estimación conjunta de las variables climáticas (temperaturas máximas y mínimas extremas) y las precipitaciones pluviales al final se incluyeron los eventos extremos.

Seguir esta secuencia de estimaciones permitió ver el impacto de cada variable en el modelo y al final se comparó cada uno y se eligió el mejor modelo según los criterios estadísticos, posteriormente se realizó las

interpretaciones de los valores obtenidos de la interrelación de las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos seleccionados, mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Para interpretar el coeficiente de correlación (r) que se obtiene, se tiene como criterio de decisión, (24)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis, se observó un aumento de la temperatura media anual de 0.05°C a lo largo del área de estudio, con tendencia de aumento en temperatura mensual en junio y en la primavera a lo largo de toda el área. Las tendencias más significativas observadas en la temperatura parecen ser consistentes entre las diferentes fuentes de datos (8).

Influencia del cambio climático sobre la variación de las temperaturas

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	280.745	3	93.582	3.897	0.029[b]
	Residual	384.255	16	24.016		
	Total	665.000	19			

TABLA 1.
Análisis de varianza (anovaa) del cambio climático y los variables del clima
a. Variable dependiente: Cambio climático. b. Variables predictoras: (Constante), temperaturas medias, mínimas y máxima.

Según la prueba de hipótesis de la distribución F en el análisis ANOVA, se pudo determinar que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas de la cuenca del río Coata, para los últimos 20 años, ya que el valor de significancia es 0.029, dicho valor es menor de 0.05 del nivel de significancia, según las pruebas estadísticas de la Tabla 1. Diversos estudios destacan que el cambio climático registrado en los últimos 30 años ha tenido un impacto en la distribución, abundancia, fenología y fisiología de muchas especies (25). Se presume que el incremento en la temperatura será entre 1,1 y 6,4°C, para 2100 (4). Uno de los cambios más estudiado y más documentado es el aumento en la temperatura, encontrándose que durante los últimos 30 años la temperatura media del planeta ha aumentado entre 0,5º y 3ºC (26). A su vez, diversos modelos predicen que en los próximos 50 años la temperatura global del planeta podría incrementarse entre 1,3° a 5,8°C comparado con tiempos pre-industriales (26)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-89.841	39.041		-2.302	0.034
	Temperatura Máxima	34.573	16.396	3.038	2.101	0.047
	Temperatura Mínima	22.052	16.403	1.605	1.345	0.188
	Temperatura Media	-55.334	33.081	-3.790	-1.674	0.051

TABLA 2.
Análisis de Coeficientes a Independientes de temperaturas frente al cambio climático.
a. Variable dependiente: Cambio climático.

Con los resultados de la Tabla 2 de los coeficientes independientes se pudo establecer que existe mayor influencia del cambio climático en las temperaturas máximas de 0.047 que es menor al 0.05 en la cuenca del río Coata, seguido en las temperaturas medias, la influencia no es significativa o representativas en las temperaturas mínimas en el periodo de 20 años de 1994 a 2014. Consecuencias del cambio climático. De acuerdo con IPCC (3,4), una duplicación de los gases de invernadero incrementaría la temperatura terrestre entre 1 y 4,5°C. Aunque no parezca mucho es equivalente a volver a la última glaciación, pero en la dirección inversa. Por otro lado, el aumento de temperatura sería el más rápido en los últimos cien mil años, haciendo muy difícil que los ecosistemas del mundo se adapten (25). Los registros de actividad solar encontrados lo revelaron una concordancia notable entre esta variable y la temperatura en la Tierra para los últimos 400

años, lo que al parecer muestra que es el sol y no el CO2 el principal regulador del clima en la Tierra. A pesar de esto, el coeficiente de correlación entre la radiación solar y la temperatura r = 0,68 es menor que con el CO2, (r = 08,85). Esto puede deberse a que el CO2 se comporta como una variable en aumento directo sin la variabilidad intrínseca que posee la radiación solar (27).

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0.731[a]	0.534	-0.231	6.001

TABLA 3

Resumen del modelo de regresión lineal de precipitación, cuenca coata, 1994-2016

a. Variables predictoras: (Constante), precipitación máximas de 24 horas, días de precipitación, precipitación Total.

Resumen del modelo de regresión lineal de precipitación, cuenca coata, 1994-2016.Fuentes: Base de datos del autor.

Según el modelo de regresión lineal como se muestra en la Tabla 3, la relación no es significativa, pero se pudo determinar que los cambios en las precipitaciones pluviales se relacionan en solo un 53.4% con el cambio climático en los últimos 20 años para la cuenca del río Coata. Estudios de modelación realizados para diferentes regiones de África, donde evaluaron el impacto de los cambios de temperatura y de precipitación sobre el rendimiento, señalan que, si las lluvias permanecen constantes, el rendimiento de los cultivos se reduce en un 15.0%, en razón a que las altas temperaturas afectan el ciclo de los cultivos e incrementa el estrés hídrico, por la elevada evapotranspiración (25).

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	88.70	3	29.57	0.822	0.0401[b]
	Residual	576.30	16	36.02		
	Total	665.00	19			

TABLA 4

Anova de las precipitaciones pluviales, cuenca coata, 1994-2014

a. Variable dependiente: Cambio Climatico. b. Variables predictoras (constants), presipitacion maxima en 24 horas, dias de precipitacion, precipitacion total. Anova de las precipitaciones pluviales, cuenca coata, 1994-2014. Fuentes: Base de datos

Según la prueba de hipótesis de la distribución F del análisis ANOVA, determinó que no existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las precipitaciones pluviales de la cuenca Coata, porque F#≤ #t (2.24), para los años de 1994 al 2014, pero contrariamente se afirma en base al valor de la significancia igual a 0.0401 = 4.01% es menor a un error del 0.05 = 5%. Escape es la capacidad de la planta de completar su ciclo de vida antes que las condiciones de suelo presenten un déficit de agua, lo que implica un rápido desarrollo fenológico de la planta, plasticidad durante el período de desarrollo y removilización de asimilados, pero trae como consecuencia una reducción en los rendimientos, con respecto a las plantas de ciclo normal tal como se mostró en la Tabla 4 (25)

Rendimiento de los cultivos frente a los comportamientos de las variables climáticas medidas de tendencia central y variabilidad de rendimiento de los cultivos

Las variables climáticas para cultivos seleccionados influyen de distinta intensidad, para cultivo de haba la temperatura óptima oscila entre 11.5 a 16°C durante su fase fenológico, temperaturas constantes superiores a 23°C, así como una fluctuación térmica diaria con temperaturas diurnas superiores a 20°C y temperaturas nocturnas debajo de 10°C, pueden inhibir la floración (19). El cultivo de papa es más sensible a heladas, crece y produce bien con temperaturas fresca principalmente de noche favorece a la formación de tubérculos, para el crecimiento vegetativo es bueno entre 20-25°C, y la temperatura óptima para la producción de tubérculos

está entre 18-20°C, mientras que las temperaturas altas de 28-30°C impiden el crecimiento de los tubérculos al gastar la planta en respiración toda la producción de la fotosíntesis, de referencia Tabla 5

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Haba	838.39	1215.83	1029.0780	112.07095	12559.898
Papa	5799.46	10287.98	8430.2745	1531.66743	2346005.119
Quinua	766.74	1970.78	1000.7055	259.08518	67125.129

TABLA 5

Medidas de tendencia central y variación del rendimiento de los cultivos

Medidas de tendencia central y variación del rendimiento de los cultivos seleccionados en la Cuenca Coata, 1994–2014. Fuentes: Base de datos

Rendimiento promedio del cultivo de haba frente a las variables climáticas

Según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA de la Tabla 6, determina que no existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la haba grano seco de la cuenca para los años de 1992 al 2012, puesto el valor de F#≤ #t (2.24) esto indica que no hay variación estadísticamente, pero el valor de significancia es igual a 0.042 = 4.2% que es menor a un error del 0.05 = 5%, puesto que se requiere una precipitación pluvial promedio 800 mm y las temperaturas óptimas durante su ciclo vegetativo esta entre 11.5-16°C y superiores a 20°C pueden inhibir la floración, por ende la disminución en el rendimiento del cultivo de haba (28). La bivariadas bajas entre la variación de las temperaturas, precipitaciones pluviales y el rendimiento del cultivo del haba grano seco de la cuenca, durante los años 1994-2014, pero las temperaturas mínimas afectan negativamente en el rendimiento de los cultivos de haba (29)

	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	R	F	Sig.
1	Regresión	71988.123	4	17997.031	0.694[b]	1.620	0.042[b]
	Residual	166649.935	15	11109.996			
	Total	238638.058	19				

TABLA 6

Anova[a] de la regresión residual total para el cultivo de haba

a. Variable dependiente: Haba. b. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, Temperatura máxima, Precipitación Total. Anova de la regresión residual total para el cultivo de haba

Según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA la F #> #t (2.24), esto determina que existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la papa en la cuenca del río Coata, durante los años de 1994 al 2014, porque se obtuvo un valor de significancia igual a 0.005 = 0.5% mucho menor a un error del 0.05 = 5% y tal como se muestran en la Tabla 7. Sin embargo, la relación entre la estabilidad de las membranas y el rendimiento bajo altas temperaturas varía entre las especies, por lo que se recomienda realizar estudios específicos para cada cultivo antes de utilizar esta sola variable fisiológica como un criterio de selección (30). La pérdida de los electrolitos como indicador de la termoestabilidad de las membranas, ha sido utilizada en Arabidopsis (31) y en diversos cultivos como papa y tomate (30)

	Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	26928023.736	4	6732005.934	5.723	0.005[b]
	Residual	17646073.520	15	1176404.901		
	Total	44574097.256	19			

TABLA 7

Anova de la regresión residual total para el cultivo de papa, Cuenca Coata, 1994-2014

a. Variable dependiente: Papa. b. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación Total. Anova de la regresión residual total para el cultivo de papa, Cuenca Coata, 1994-2014.

Según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA el F #> #t (2.24), se pudo establecer que existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la quinua en el ámbito de estudio, para los años de 1994 al 2014, porque se tiene un valor de significancia igual a 0.002 = 0.2% que es mucho menor a un error del 0.05;5% (Tabla 8). La elevada temperatura afecta el rendimiento y las características de calidad del grano más importante que los cambios en las precipitaciones. Los cambios climáticos proyectados muy probablemente afectarán las características de calidad del grano de interés para los diferentes mercados y las necesidades de utilización, (31)

	Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	847197.365	4	211799.341	7.420	0.002[b]
	Residual	428180.088	15	28545.339		
	Total	1275377.453	19			

TABLA 8

Anova de anovaa de regresión residual total para el cultivo de quinua.

a. Variable dependiente: Quinua. b. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total. Anova de anova de regresión residual total para el cultivo de quinua, Cuenca Coata, 1994-2014

CONCLUSIONES

La tendencia en temperaturas máximas presenta cambios significativos a nivel anual para los periodos analizados en cada estación de la cuenca Coata de 48 años con incremento promedio de 0.05°C/año.

Las precipitaciones de la estación de Cabanillas en el mes de mayo y anualmente tienden a disminuir con un nivel de significancia de 0.10, es decir una disminución de las lluvias, y a nivel anual para las estaciones analizadas presenta un comportamiento estable, pero con una reducción de 0.17mm/año, o sea no presenta cambios significativos. Pero si presentan una variabilidad climática con periodos secos y húmedos de los años, debido a la ubicación de las estaciones meteorológicas, pero no se identifica una tendencia regional marcada de disminución en la cuenca Coata.

Los días de precipitación y temperatura máxima a los rendimientos de cultivo de haba grano seco viene afectando significativamente con un incremento de 13.28kg/ha, mientras que las temperaturas mínimas y precipitación total no muestran impactos considerables pero sí negativamente; los días de precipitación presenta incrementos, temperaturas máximas, medias y mínimas generan impactos significativas en el rendimiento de los cultivos de la papa 23.45kg/ha, mientras que la precipitación total no muestra impactos significativos, pero si negativamente, además la precipitación total, temperaturas máximas y mínimas generan impacto negativo en el rendimiento del cultivo de la quinua con pérdidas de 39.11kg/ha, pero los días de precipitación generan impactos significativos en el cultivo de la quinua, con incremento de 29.12kg/ha

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Crane TA, Roncoli C, Hoogenboom G. Adaptation to climate change and climate variability: The importance of understanding agriculture as performance. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences. 2011;57(3):179–185. https://doi.org/10.1016/j.njas.2010.11.002

2. Vargas P. El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. In BCRP - Serie de Documentos de Trabajo julio 2009. 2009.

3. IPCC. Climate hange 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. 2001.

4. IPCC. Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers. In IPCC WGII 4th. Praga, República Checa. 2007.

5. Wei X, Declan C, Erda L, Yinlong X, Hui J, Jinhe J, Yan L. Future cereal production in

6. Méndez PA, Martínez J. Análisis de tendencias hidroclimáticas de dos cuencas representativas de isla de Puerto Rico. Revista Geográfica de América Central, 2010;1(2):101–125.

7. Linsley RK, Kohler MA, Paulus JLH. Hidrología para Ingenieros (Segunda ed; Interaméricana, Ed.). México: McGraw-Hill. 1986.

8. Chakraborty S, Tiedemann AV, Teng, PS. Climate change: potential impact on plant diseases. Environmental Pollution, 2000;108(3):317–326.

9. González J, Velasco R. Evaluation of the impact of climatic change on the economic value of land in agricultural systems in Chile. Journal of Agricultural Research, 2008;68(1):56– 68.

10. Chang C-C. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. Agricultural Economics, 2002;27(1):51–64. https://doi.org/10.1016/S0169-5150(01)00060-3

11. Ficklin DL, Luedeling E, Zhang M. Sensitivity of groundwater recharge under irrigated agriculture to changes in climate, CO2 concentrations and canopy structure. Agricultural Water Management, 2010;97(7):1039–1050. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.02.009

12. Kumar KSK, Parikh J. Indian agriculture and climate sensitivity. Global Environmental Change, 2001;11(2):147–154.

13. Andrade M. Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia. Resvita Boliviana de Física, 2008;14(1):42–49.

14. Gbetibouo GA, Hassan RM. Measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach. Global and Planetary Chamge, 2005: 47(4), 143–152. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.10.009

15. Qiu G, Yin J, Geng S. Impact of Climate and Land-Use Changes on Water Security for Agriculture in Northern China. Journal of Integrative Agriculture, 2012;11(1);144–150. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(12)60792- 5

16. Carnero VS. Comunidad Internacional y cambio climático global: A propósito de las posibles nuevas tendencias y escenarios (Universidad del Salvador). 2006: Retrieved from from http://www.caei.com.ar/ebocks/ebook14.pdf

17. Tencer B. Variabilidad de los eventos extremos de temperatura observados y modelados en el sudeste de Sudamérica, y sus proyecciones ante un escenario de cambio climático. "Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2010. http://digital.bl.fcen.uba.ar. "

18. Ramirez-Villegas J, Jarvis A, Läderach P. Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. Agricultural and Forest Meteorology, 2013;170(1):67–78. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.09.005

19. Roudier P, Sultan B, Quirion P, Berg A. The impact of future climate change on West African crop yields: ¿What does the recent literature say? Global Environmental Change, 2011;21(3):1073–1083. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.007

20. Cline WR. Global Warming and Agriculture: impact estimates by country. In Washinton DC: Center for Global development. (2da edición). 2007.

21. Alcamo J, Dronin N, Endejan M, Golubev G, Kirilenko A .A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia. Global Environmental Change 2007;(17):429-444. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.12.006

22. Hahn MB, Riederer AM, Foster SO. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. Global Environmental Change, 2009;19(1):74–88. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002

23. Yin Y. Assessment Method of Global Climate Change and Its Application (in Chinese). Higher Education Press, 2004;268(2):185–200.

24. Belizario-Quispe G. Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. Revista de Investigaciones Altoandinas, 2015;17(1):47–52.

25. Jarma A, Cardona C, Araméndiz H. Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión Artículo científico. Colombia. 2012.

26. Sanfuentes C, Sierra-Almeida A, Cavieres LA. Efecto del aumento de la temperatura en la fotosíntesis de una especie alto-andina en dos altitudes. Gayana. Botánica, 2012; 69(1):37-45. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432012000100005

27. Bayona Garcia, Sarmiento. CO2 y radiación? Causants del centamiento global? 2010: Colombia.

28. FAO. World agriculture: towards 2015/2030 summary report. Food and Agriculture Organization, 2002: Rome.

29. Abraha MG, Savage MJ. Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. Agriculture, ecosystems & environment 2006;115(1-4):150-160. doi: https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.12.020

30. Chaves-Barrantes NF, Gutiérrez-Soto MV. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. Agronomía Mesoamericana 2017;28(1):237-253; doi:10.15517/ am.v28i1.21903 [Links]

31. Tang W, et al., An overview of assessment methods of agricultural vulnerability under climate change. Journal of Anhui Agricultural Sciences (in Chinese), 2010;38 (25):13847- 13849.