



## Efecto del cambio climático en la producción agrícola de la región Puno-Perú, periodo 1996-2018

### ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:  
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.223>

Effect of climate change on agricultural production  
in the Puno region - Peru, period 1996-2018

Efeito da mudança climática na produção agrícola  
na região de Puno - Peru, período 1996-2018

Julio Cesar Quispe Mamani<sup>1</sup>   
jcquispe@unap.edu.pe

Charles Arturo Rosado Chávez<sup>2</sup>   
charlesrosado575@gmail.com

Yethy Melixa Poma Palma<sup>1</sup>   
jenner.espinoza59@gmail.com

German Roberto Quispe Zapana<sup>1</sup>   
fersuarez100@gmail.com

Manuel Timoteo Enriquez Tavera<sup>1</sup>   
menriqueztavera@gmail.com

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú

Artículo recibido el 15 de marzo 2023 / Arbitrado el 26 de abril 2023 / Publicado el 20 de mayo 2023

### RESUMEN

La agricultura es vulnerable al cambio climático, por lo cual, es importante posicionar como prioridad el cambio climático, debido a que sus efectos negativos ponen en riesgo la continuidad de la vida; trae consigo elevación de la temperatura del planeta, derretimiento de los glaciares, el incremento de las precipitaciones, más humedad y modificaciones en las estaciones del clima. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del cambio climático en la producción de los principales productos agrícolas de la Región Puno-Perú, abarcando como periodo de análisis desde 1996 hasta 2018, por lo que, corresponde al enfoque cuantitativo, con tipo de investigación no experimental, con diseño de investigación descriptivo y longitudinal; se utilizó la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego; aplicando el modelo econométrico de tipo cuadrático. Se determinó que las precipitaciones pluviales tienen un efecto de 26%, 92% y 76% sobre la producción de quinua, papa y cebada; la temperatura máxima tiene un efecto de 84%, 96% y 65% sobre la producción de quinua, papa y cebada y en el caso de la temperatura mínima tiene un efecto de 88%, 92% y 73% sobre la producción de quinua, papa y cebada. Finalmente, el umbral óptimo de precipitaciones pluviales es de 657.97 mm., temperatura máxima de 15.95°C y temperatura mínima de 1.41°C sobre la producción de quinua; el umbral óptimo de las precipitaciones pluviales es de 774.770 mm, temperatura máxima de 19.29°C y temperatura mínima de 4.40°C.

**Palabras clave:** Medioambiente; Clima; Producción agrícola; Cambio climático

### ABSTRACT

Agriculture is vulnerable to climate change, so it is important to position climate change as a priority, because its negative effects threaten the continuity of life; it brings with it a rise in global temperature, melting glaciers, increased rainfall, more humidity and changes in the seasons of the climate. The objective of this study was to determine the effect of climate change on the production of the main agricultural products of the Puno-Peru Region, covering as period of analysis from 1996 to 2018, therefore, it corresponds to the quantitative approach, with non-experimental type of research, with descriptive and longitudinal research design; information from the National Institute of Statistics and Informatics, the Ministry of Environment and the Ministry of Agrarian Development and Irrigation was used; applying the econometric model of quadratic type. It was determined that rainfall has an effect of 26%, 92% and 76% on the production of quinoa, potato and barley; maximum temperature has an effect of 84%, 96% and 65% on the production of quinoa, potato and barley and in the case of minimum temperature has an effect of 88%, 92% and 73% on the production of quinoa, potato and barley. Finally, the optimum rainfall threshold is 657.97 mm, maximum temperature of 15.95°C and minimum temperature of 1.41°C on the production of quinoa; the optimum rainfall threshold is 774.770 mm, maximum temperature of 19.29°C and minimum temperature of 4.40°C.

**Key words:** Environment; Climate; Agricultural production; Climate change

### RESUMO

A agricultura é vulnerável à mudança climática, por isso é importante posicionar a mudança climática como prioridade, pois seus efeitos negativos ameaçam a continuidade da vida; ela traz consigo o aumento da temperatura global, o derretimento das geleiras, o aumento das chuvas, mais umidade e mudanças nas estações do clima. O objetivo deste estudo foi determinar o efeito da mudança climática na produção dos principais produtos agrícolas da região de Puno-Peru, abrangendo o período de análise de 1996 a 2018, de modo que corresponde à abordagem quantitativa, com um tipo de pesquisa não experimental, com um desenho de pesquisa descritivo e longitudinal; foram utilizadas informações do Instituto Nacional de Estatística e Informática, do Ministério do Meio Ambiente e do Ministério do Desenvolvimento Agrário e Irrigação; aplicando o modelo econométrico quadrático. Foi determinado que a precipitação tem um efeito de 26%, 92% e 76% sobre a produção de quinua, batata e cevada; a temperatura máxima tem um efeito de 84%, 96% e 65% sobre a produção de quinua, batata e cevada e, no caso da temperatura mínima, tem um efeito de 88%, 92% e 73% sobre a produção de quinua, batata e cevada. Finalmente, o limite ideal de precipitação é de 657,97 mm, temperatura máxima de 15,95°C e temperatura mínima de 1,41°C na produção de quinua; o limite ideal de precipitação é de 774,770 mm, temperatura máxima de 19,29°C e temperatura mínima de 4,40°C.

**Palavras-chave:** Meio ambiente; Clima; Produção agrícola; Mudanças climáticas

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades con mayor relevancia en la vida de los humanos, debido a la producción de alimentos, materias primas, fibras, bienes, servicios ecológicos esenciales y a su amplia extensión en el mundo (1). La agricultura permitió la evolución de los humanos, ya que gracias a la misma se pudieron establecer en una zona determinada y desempeñarse complementariamente en actividades distintas a la de buscar alimento, debido a que los resultados de la agricultura les permitían alimentarse (2-6).

La agricultura es vulnerable al cambio climático, por lo cual, es importante posicionar como prioridad el cambio climático, debido a que sus efectos negativos ponen en riesgo la continuidad de la vida. El cambio climático trae consigo la elevación de la temperatura del planeta, derretimiento de los glaciares, el incremento de las precipitaciones, más humedad y modificaciones en las estaciones del clima; no obstante, en ciertos lugares del mundo algunos cultivos podrían beneficiarse de estos efectos (7-10)

Diversos estudios sobre el cambio climático sugieren que este influirá de forma negativa al bienestar humano y la agricultura, afectando en mayor magnitud a los pobres y vulnerables, es decir, en los países en vías de desarrollo priman los efectos biológicos negativos, como la disminución en producción para la mayoría de cultivos; los países desarrollados resultan menos afectados que los que se encuentran aún en vías de desarrollo (5,8,11-16).

De acuerdo a las proyecciones realizadas por el International Food Policy Research Institute, mediante un modelo del crecimiento de cultivos sujetas a condiciones de cambio climático: en Asia Meridional, sus cosechas disminuirán de manera significativa a consecuencia del cambio climático, siendo el arroz y el trigo los más perjudicados. En África Sub-Sahariana se observan respuestas mixtas, es decir, incrementos y disminuciones en la producción de cultivos de maíz y por otro lado se ven efectos negativos considerables en el trigo de secano (17-20).

En el caso de China, cierta cantidad de cultivos podrían presentar un aumento en su producción, debido a que un incremento de temperatura en ciertos lugares donde actualmente existe una temperatura debajo de la óptima para un adecuado cultivo resultaría favorable (21,22). En Sudáfrica es posible que para el 2030 se pierda un 30% o más de su cosecha de maíz y en el sur de Asia podrían perderse un 10% de los cultivos de arroz y maíz. Además, se estima que los cultivos de Pakistán disminuyan en 50% y que la producción de maíz de Europa incremente en un 25%; todo esto a consecuencia del cambio climático según el Servicio meteorológico de Reino Unido (23-27).

En América Latina el sector agroalimentario posee una importancia crucial en el desarrollo económico, debido a que representa un poco más del 25% del total del producto bruto interno de la región. En esta región se da la producción superior al 60% del total de los alimentos básicos destinados al consumo interno. El cambio climático

posee efectos mixtos en la producción de cultivos, es decir, en algunos cultivos podría favorecer y en otros perjudicar a ciertos cultivos de acuerdo a sus características agroecológicas y demográficas. Según estimaciones, para la mitad del siglo la producción del sector agrícola se podría mantener estable o hasta podría incrementar en el sureste de América del Sur; sin embargo, la agricultura de Centroamérica podría resultar ser la zona más afectada toda América Latina en los siguientes 15 años, comprometiendo su seguridad alimentaria de forma severa (2,28-32).

En los últimos años la agricultura de los Andes ha mostrado mayor sensibilidad al cambio climático, favoreciendo procesos de erosión del suelo, retroceso de glaciares, pérdida de cobertura vegetal, incremento en la intensidad de lluvias y alteración en la dinámica de los cultivos de la región como: papa, quinua, maíz, entre otros. En por eso que en Perú es la actividad central del sector rural y su resultado afecta a las condiciones de vida de la población peruana; además de sostener su seguridad alimentaria y aportar a la alimentación de su población, que consta de aproximadamente 33 millones de personas (4,33-38).

Perú cuenta con un total de 128 millones hectáreas de tierra, de las cuales 3,3 están asignadas hacia el sector agrícola. En el año 2004 el sector agropecuario aportaba un 8,4% del total del PIB, utilizaba el 32,4 % del total de la fuerza laboral y aportaba con el 15% del total de las exportaciones. Además de contar con un gran potencial forestal que posee en territorio de 73

millones de hectáreas. Además, es considerado uno de los 12 países megadiversos con una extensión de aproximadamente 60 a 70% de diversidad biológica, pese a esta ventaja, el inadecuado manejo de recursos existentes se ha convertido en una amenaza, lo cual ha conllevado a alcanzar cifras cruciales de degradación de algunas zonas, lo cual genera problemáticas como la salinización, agotamiento de agua, extinción de especies, desgaste de tierras y deforestación (4,39-41).

Las zonas rurales de Perú, en su mayoría, se dedican a la actividad agraria, y este mismo sector es el que se encuentra altamente vulnerable ante los efectos del cambio climático; es así que nace la necesidad de mitigación y adaptación para evitar impactos económicos y sociales negativos en estas poblaciones, entre ellas el departamento de Puno, donde la principal característica de la agricultura es que depende de las lluvias (bajo secano), y su clima presenta heladas y friajes que representa un nivel muy alto de vulnerabilidad agrícola (37,42,43). Dada la importancia del sector agrícola y los efectos del cambio climático en este, se plantean las siguientes preguntas para la presente investigación: ¿Cuál es el efecto que tiene el cambio climático en la producción de los principales productos agrícolas de la Región de Puno en Perú durante el periodo 1996-2018?

Por lo cual, el objetivo principal de la presente investigación es establecer el efecto del cambio climático en la producción de los principales productos agrícolas de la Región Puno-Perú,

abarcando como periodo de análisis desde 1996 hasta 2018.

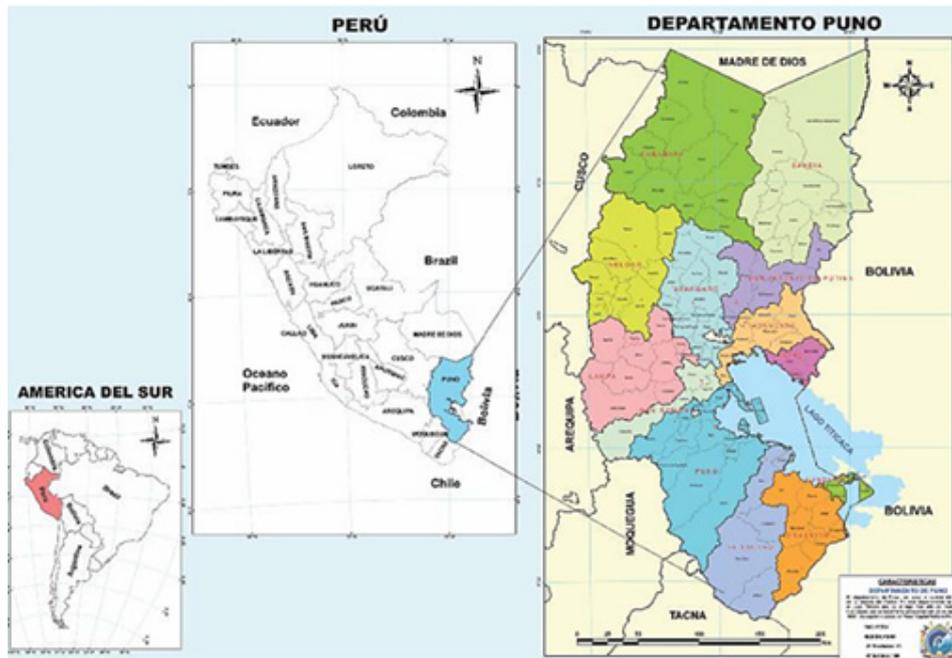
## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio documental observacional, con diseño no experimental, de corte logitudinal-correlacional, ya que implica obtener los datos el sistema (DRAP Y SENAEMI) con el objetivo de describir las variables y poder analizar la interrelación que tienen, y su influencia (44,45).

El enfoque fue cuantitativo, deductivo, pues se usaron diversos estudios generales y teoría para precisar la valoración de los indicadores de medición. Considerando la evaluación de la teoría existente y los resultados de regresión, esto con la finalidad de examinar el impacto que tienen los factores que afectan a la producción. (44,45).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el área de estudio se encuentra en la región Puno, situada a orillas del lago Titicaca, abarca un área de 71,999 Km<sup>2</sup>, que representa un 5.6% de la superficie peruana y se encuentra ubicada en la zona sur-oriente del Perú; la altitud del departamento de Puno se localiza entre los 3500 y los 6000 m.s.n.m.(46).

Según el censo del año 2017, un 53.8% (630 mil 648 habitantes) de la población censada corresponde a centros poblados urbanos del departamento de Puno; mientras que el 46.2% (542 mil 49 habitantes) corresponde a centros poblados rurales. Actualmente el departamento de Puno está constituido por 13 provincias y 110 distritos. Las provincias con mayor extensión son: Carabaya (18,31%), Sandia (17,7%) y Puno (9,69%); y la provincia con menor extensión es Yunguyo (0,43%). La Región Puno está situada entre los paralelos -12.98 y los meridianos -71.14 y -68.79 en longitud oeste, cuenta con un intervalo de elevación entre los 154 – 6 733 m.s.n.m. y una grandiosa diversidad climática y topográfica, lo cual propicia el desarrollo de una gran gama de comunidades tanto animales y vegetales; esta característica hace posible que Puno sea una de las regiones con mayores niveles de agro diversidad; como claro ejemplo de este, actualmente se cultivan más de 1,000 tipos de papa nativa de las 2,800 que se cultivan en Perú, asimismo se cultivan cerca de 80 variedades de quinua (47) (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio. Fuente: Sub Gerencia de Demarcación Territorial-GRPPAT.

La información de la presente investigación es secundaria, pues se utilizó series históricas de la Dirección Regional Agraria de Puno (DRAP) para la variable de producción (dependiente), y del SENAMHI para las variables independientes, las cuales son: temperatura mínima y máxima

y por último a la precipitación pluvial. Además, se abarcó el periodo 1996-2018 para los cultivos de quinua, papa y cebada de la Región Puno; la observación por cada cultivo esta expresado por campañas agrícolas, siendo así que cada cultivo posee duraciones diferentes (Tabla 1).

**Tabla 1.** Campaña agrícola por cultivo.

Cultivo	Campaña Agrícola
Quinua	septiembre-mayo
Papa	octubre-abril
Cebada	octubre-mayo

Además, como variables independientes a las variables climáticas: Precipitación pluvial y la temperatura (máxima y mínima). Las precipitaciones pluviales están medidas en milímetros (mm) de agua recogida en una superficie plana, la temperatura máxima y mínima están medidas en grados Celsius (°C), la data fue extraída de las estaciones meteorológicas del SENAMHI, para dicha variable se toma en cuenta la media de la campaña agrícola; y en las precipitaciones pluviales se toma el acumulado total comenzando el mes de la siembra hasta el mes de la cosecha del cultivo, siendo así, se considera los datos mensuales desde el año 1996, ya que cada campaña agrícola empieza en un determinado año y finaliza el año siguiente.

Producción del Cultivo<sup>i</sup>

$$= \alpha_0 + \alpha_1 * \text{Precipitación pluvial}_{it} + \alpha_2 * \text{Precipitación pluvial}_{it}^2 + \alpha_3 * T \text{ Temperatura máxima}_{it} + \alpha_4 * \text{Temperatura máxima}_{it}^2 + \alpha_5 * \text{Temperatura mínima}_{it} + \alpha_6 * \text{Temperatura mínima}_{it}^2 + \varepsilon_{it}$$

**Donde:**

$\varepsilon_{it}$ : Término de error

$i$ : Tipo de cultivo

$t$ : Periodo

**Se espera que:**

$\alpha_1 > 0$  (positivo) y  $\alpha_2 < 0$  (negativo), ya que a niveles altos de precipitación pluvial aumenta la producción, pero si las precipitaciones pluviales son excesivas, la producción se verá perjudicada con el riesgo de disminuir.

$\alpha_3 > 0$  (positivo) y  $\alpha_4 < 0$  (negativo), pues a medida que la temperatura máxima es mayor, los niveles de producción también lo serán, pero si la temperatura máxima es excesiva, la producción se verá afectada y disminuirá.

$\alpha_5 > 0$  (positivo) y  $\alpha_6 < 0$  (negativo), porque si la temperatura mínima es mayor, la producción lo será también, pero si la temperatura mínima sobrepasa los niveles óptimos (heladas), la producción se verá perjudicada y disminuirá.

## RESULTADOS

### Comportamiento de la producción para cada tipo de cultivo

Con los datos obtenidos del SENAMHI se puede observar el comportamiento de las variables independientes y determinar su efecto en la variable dependiente, en este caso para cada cultivo.



**Figura 2.** Comportamiento de la producción de Quinoa, Papa y Cebada.

De acuerdo a la Figura 2, la producción de quinua ha sufrido muchos cambios durante los 22 años de estudio, en el gráfico se presentan caídas drásticas en los años 2001, 2004, 2008, 2013, 2016 en vista de los incrementos en los niveles tanto en las precipitaciones como

en la temperatura sugerida para el adecuado desarrollo de la quinua. Para los años 2009, 2015, 2017 muestran elevados niveles de producción, los cuales son explicados por los niveles óptimos que presentan los factores temperatura máxima, mínima y precipitación; durante el periodo de

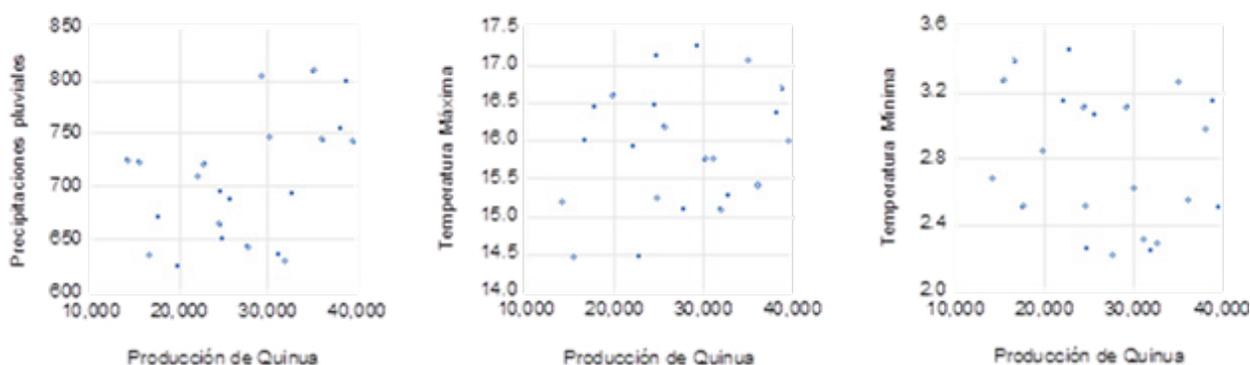
estudio, la producción promedio de la quinua es de 27250.68 Tm, oscilando entre 14173 Tm. hasta 39610 Tm, con desviación estándar de 7770.276.

En el caso de la producción de papa, muestra diversas fluctuaciones en el periodo de análisis (1998-2018); de acuerdo a la Figura 2, existió caídas en la producción de los años 2001, 2004, 2008, 2012, 2016, todo esto ocasionado por el notable aumento en las precipitaciones, las cuales fueron: 823.65, 739.81mm, 832.33mm, 816.32mm, 801.43mm respectivamente. Por otra parte, se aprecia que, en los años 2003, 2005, 2011, 2015 presenta una producción de papa elevada; estas son explicadas por los niveles óptimos que tienen los factores temperatura máxima, mínima y precipitación; además, durante el periodo de estudio, la producción promedio de la Papa es de 520646.1 Tm, oscilando entre 262249 Tm. hasta 798367 Tm, y 148513.7 de Desviación Estándar.

Con respecto a la producción de cebada muestra múltiples comportamientos a lo largo de los 22 años de estudio; se presentaron descensos

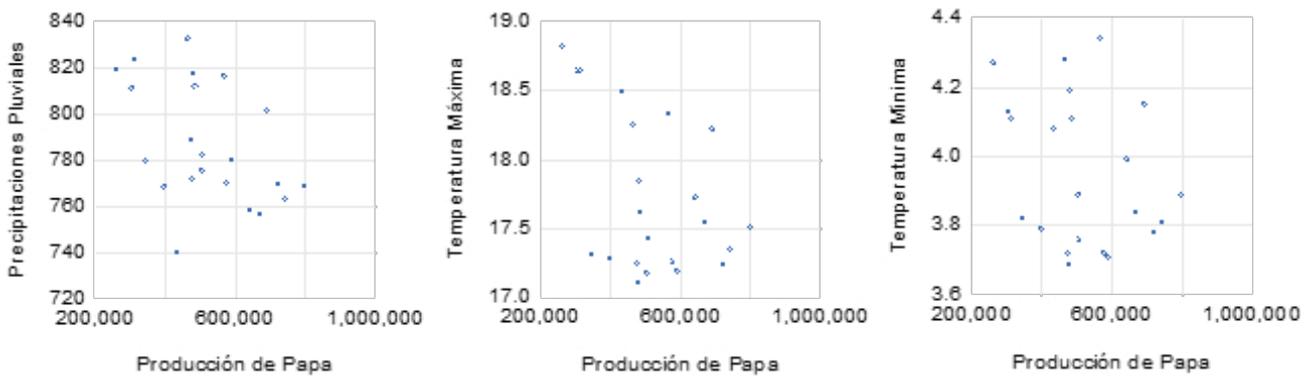
drásticos en los años 2001, 2004, 2008, 2012 ocasionado por las elevaciones abruptas en las precipitaciones, que muestran niveles de 716.43mm, 700.12mm, 713.73mm y 736.71mm respectivamente; en la temperatura se observaron elevaciones tanto en la temperatura máxima como mínima. Por el contrario, en los años 2003, 2005, 2010, 2015; la producción de cebada presenta niveles elevados, que son explicados por los niveles óptimos que poseen los factores temperatura máxima, mínima y precipitación. Es por eso que, durante el periodo de estudio, la producción promedio de la Cebada es de 26096.14 Tm, oscilando entre 18102 Tm. hasta 30570 Tm, y 3481.8 de desviación estándar (Figura 2).

En este sentido, la relación entre la producción de quinua, papa y cebada con las variables climáticas de precipitaciones pluviales y temperatura mínima es inversa o negativa; por el contrario, la relación con la temperatura máxima es positiva o directa (Figura 3).



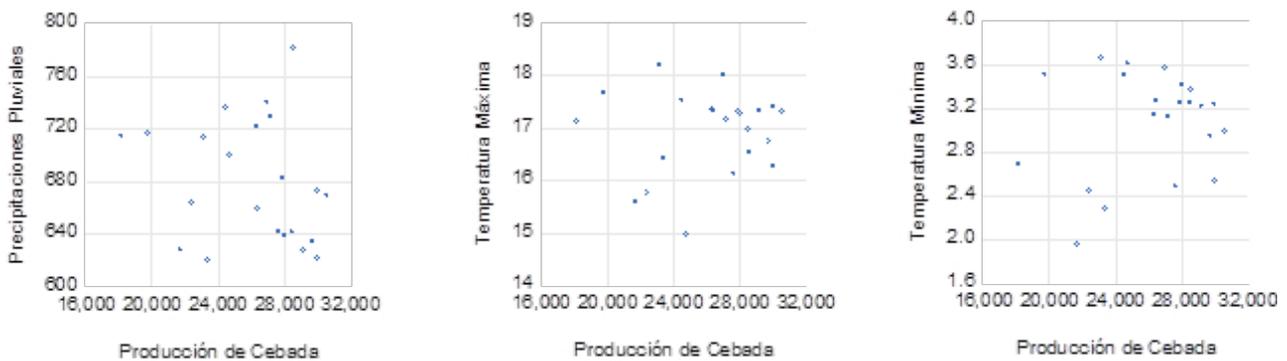
**Figura 3.** Relación entre la producción de Quinua y las variables climáticas.

La relación entre la producción de papa con las variables climáticas de temperatura mínima es inversa o negativa; por el contrario, la relación con la temperatura máxima y las precipitaciones pluviales es positiva o directa (Figura 4).



**Figura 4.** Relación entre la producción de Papa y las variables climáticas.

La relación entre la producción de cebada con las variables climáticas de precipitaciones pluviales y temperatura máxima es relación inversa o negativa; por el contrario, la relación con la temperatura mínima es positiva o directa (Figura 5).



**Figura 5.** Relación entre la producción de Cebada y las variables climáticas.

### Planteamiento de modelo econométrico para la producción de quinua, papa y cebada

La regresión econométrica por cada cultivo se realizó relacionando la variable dependiente con cada una de las variables independiente; es decir,

se relacionó la producción de los cultivos con las variables de precipitaciones pluviales, temperatura máxima y temperatura mínima. En seguida se relacionó la producción de los cultivos con las variables de temperatura asociados (temperatura máxima y temperatura mínima de manera

conjunta) y finalizando, se relacionó todas las variables de manera conjunta. Se pudo evidenciar que el estadístico t-student y el coeficiente de determinación  $R^2$  para el análisis de relevancia en cada caso con consistentes y cumplen los requisitos para su análisis.

La Tabla 2 evidencia los resultados de las estimaciones realizadas para la producción de la quinua, donde se estimaron las variables de manera individual y grupal, donde los criterios de Akaike y Schwarz muestran que la variable que explica mejor a la producción de quinua es la temperatura mínima, en vista que posee valores menores respecto a las otras dos (Precipitaciones pluviales y temperatura máxima).

En cuanto al  $R^2$ , de los modelos econométricos de la producción de quinua es explicada en un 26% por las precipitaciones pluviales, 84% por la temperatura máxima y 88% por la temperatura mínima, siendo esta última la variable que mejor explica a la producción. Además, de manera agrupada, la estimación 4 que corresponde a la temperatura máxima y mínima asociadas muestra influencia de 93%, mientras que la estimación 5 correspondiente al modelo conjunto que incluye todas las variables, explica en un 94% la producción de quinua (Tabla 2).

**Tabla 2.** Campaña Agrícola por Cultivo.

Variabes	Estimación 1	Estimación 2	Estimación 3	Estimación 4	Estimación 5
Constante	266600.0 (1.097521)	-591010.0 (-3.863093) *	35347.30 (0.920757)	-356184.9 (-2.387840) **	-171688.1 (-1.0825)
Precipitaciones pluviales	-736.6679 (-1.076828)				-80.57194 (-0.367898)
Precipitaciones pluviales <sup>2</sup>	0.559807 (1.167868)				0.385288 (0.775536)
Temperatura máxima		77621.73 (4.061827) *		53954.67 (2.664666) **	32532.59 (1.422537)
Temperatura máxima <sup>2</sup>		-2432.627 (-4.039060) *		-1672.443 (-2.677958) **	-1007.461 (-1.392121)
Temperatura mínima			-661.7876 (-0.026553)	-32581.20 (-1.356154)	-14991.38 (-0.668146)
Temperatura mínima <sup>2</sup>			-802.5446 (-0.180891)	5088.712 (1.187979)	2152.737 (0.533508)
R2	0.260807	0.846557	0.888235	0.930774	0.942042
R2 ajustado	0.182997	0.810452	0.861937	0.903083	0.906375
AKAIKE	20.67801	19.39887	19.11051	18.83196	18.85285
SCHWARZ	20.82679	19.64684	19.35848	19.17911	19.29919
F-Stat	3.351847	23.44754	33.77623	33.61353	26.41245
Prob F	0.056650	0.000001	0.000000	0.000000	0.000001

Los valores entre paréntesis muestran el valor del estadístico "t"

\*, \*\*, \*\*\* Estadísticamente significativo al 1%, 5%, 10%

Además, en la Tabla 3 se puede apreciar los resultados de las estimaciones realizadas para la producción de la papa, donde de acuerdo a los criterios de Akaike y Schwarz se determinan que la variable que explica mejor la producción de papa es la temperatura máxima, ya que sus valores son menores respecto a las otras dos (Precipitaciones pluviales y temperatura mínima).

Complementariamente, se observa el R<sup>2</sup> de las regresiones individuales, donde se afirman que la producción de la papa es explicada en un

92% por las precipitaciones pluviales, 96% por la temperatura máxima y 92% por la temperatura mínima, siendo la variable temperatura máxima la que mejor explica a la producción de papa. Además, de manera agrupada, la estimación 4 que corresponde a la temperatura máxima y mínima asociadas muestra influencia de 95%, mientras que la estimación 5 correspondiente al modelo conjunto que incluye todas las variables, explica en un 94% la producción de papa (Tabla 3).

**Tabla 3.** Estimación de modelo para la producción de la papa.

Variables	Estimación 1	Estimación 2	Estimación 3	Estimación 4	Estimación 5
Constante	-18257034 (-2.313473) **	8237032 (0.738829)	3865890 (1.052679)	-13390000 (-1.096827)	-13128890 (-0.759197)
Precipitaciones pluviales	48570.37 (2.444276) **				12039.85 (0.262419)
Precipitaciones pluviales <sup>2</sup>	-31.34501 (-2.511631) **				-7.971854 (-0.268879)
Temperatura máxima		-799666.5 (-638907)		1863641 (1.462885)	1273066 (0.565752)
Temperatura máxima <sup>2</sup>		20727.14 (0.588386)		-53319.63 (-1.504368)	-37089.26 (-0.591143)
Temperatura mínima			-1526562 (-0.849149)	-1120132 (-0.459786)	-926452.7 (-0.437702)
Temperatura mínima <sup>2</sup>			173169.2 (0.774219)	135389.7 (0.455885)	121908.1 (0.472480)
R2	0.925694	0.969764	0.922784	0.954804	0.946259
R2 ajustado	0.902473	0.957669	0.904616	0.932207	0.9131188
AKAIKE	24.70830	24.01754	24.65707	24.42528	24.66475
SCHWARZ	25.00586	24.36469	24.90504	24.82202	25.11109
F-Stat	39.86512	80.18208	50.79073	42.25207	28.61277
Prob F	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Los valores entre paréntesis muestran el valor del estadístico "t"

\*, \*\*, \*\*\* Estadísticamente significativo al 1%, 5%, 10%

Además, en la Tabla 4 se evidencia los resultados de las estimaciones realizadas para la producción de la cebada, donde se estimaron las variables de manera individual y grupal. A partir de los criterios de Akaike y Schwarz se determinan que, la variable que explica mejor la producción de cebada son las precipitaciones pluviales, pues sus valores son menores respecto a las otras dos (Temperatura máxima y temperatura mínima).

Considerando los resultados obtenidos del  $R^2$  de las regresiones individuales, se observa que la producción de la cebada es explicada en

un 76% por las precipitaciones pluviales, 65% por la temperatura máxima y 73% por la temperatura mínima, siendo la variable precipitaciones pluviales la que mejor explica a la producción de dicho cultivo. Además, de manera agrupada, la estimación 4 que corresponde a la temperatura máxima y mínima asociadas muestra influencia de 75%, mientras que la estimación 5 correspondiente al modelo conjunto que incluye todas las variables, explica en un 86% la producción de cebada (Tabla 4).

**Tabla 4.** Estimación del modelo para la producción de la cebada.

Variables	Estimación 1	Estimación 2	Estimación 3	Estimación 4	Estimación 5
Constante	206019.5 (3.166591) *	-508855.3 (-3.011169)*	-6687.907 (-0.304823)	-140974.5 (-0.807539)	386219.7 (2.043512)***
Precipitaciones pluviales	-479.4162 (-2.496670)**				-610.3145 (-2.883378)**
Precipitaciones pluviales <sup>2</sup>	0.312903 (2.214031)**				0.411621 (2.746221)**
Temperatura máxima		65601.28 (3.262324)*		17228.38 (0.745072)	-21274.92 (-0.987737)
Temperatura máxima <sup>2</sup>		-2010.028 (-3.361425)*		-536.9382 (-0.761091)	623.9089 (0.953036)
Temperatura mínima			25490.78 (1.791889)***	22007.99 (1.128286)	30328.21 (1.581853)
Temperatura mínima <sup>2</sup>			-5050.547 (0.0460)**	-4552.111 (-1.265208)	-5162.401 (-1.575616)
R <sup>2</sup>	0.762326	0.658348	0.735122	0.759979	0.860673
R <sup>2</sup> ajustado	0.706403	0.577960	0.672798	0.663971	0.774933
AKAIKE	18.19532	18.55083	18.32643	18.41111	18.04639
SCHWARZ	18.44328	18.79879	18.57439	18.75826	18.49273
F-Stat	13.63165	8.189573	11.79511	7.915754	10.03819
Prob F	0.000037	0.000716	0.000090	0.000565	0.000188

Los valores entre paréntesis muestran el valor del estadístico "t"  
\*, \*\*, \*\*\* Estadísticamente significativo al 1%, 5%, 10%

## Niveles óptimos de precipitaciones pluviales y temperatura máxima y mínima

Cuando se habla de temperatura óptima se hace referencia a la temperatura adecuada que los cultivos soportan a lo largo de sus etapas de desarrollo, por lo que, mientras las temperaturas aumentan, la producción de cultivos también lo hace, pero si exceden los niveles óptimos de temperatura, la producción se ve perjudicada y disminuye. Lo mismo sucede en el caso de precipitaciones pluviales, ya que el riego es

necesario para los cultivos, resulta beneficioso cuando las precipitaciones aumentan, pero si son excesivas, se ocasionarán inundaciones que perjudicarán la producción de cultivos.

En el caso de la *producción de la quinua*, cada resultado obtenido en las estimaciones donde se relacionaron las variables climáticas de manera individual, pasa a ser descritas para derivarse. Entonces al considerar las precipitaciones pluviales, el nivel de precipitación pluvial que optimiza la producción es la que se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Producción de Quinua}_t & \\ &= 266600.0 - 736.6679 \text{Precipitaciones pluviales}_{(Sep-Mayo)t} \\ &+ 0.559807 \text{Precipitaciones pluviales}^2_{(Sep-Mayo)t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \text{Producción de Quinua}}{\partial \text{Precipitaciones pluviales}_{(Sep-Mayo)}} & \\ &= -736.6679 + 2 * 0.559807 \text{Precipitaciones pluviales}_{(Sep-Mayo)t} = 0 \end{aligned}$$

$$\text{Precipitaciones pluviales}^*_{\text{Quinua}} = 657.97 \text{ mm.}$$

El resultado obtenido muestra que, la precipitación o pluvial es de 657.97 mm. para optimizar los niveles de producción de quinua en la Región de Puno. Según los boletines revisados

del MINAGRI, las precipitaciones pluviales deben oscilar entre 400 y 1000 mm para ser adecuadas.

Para el caso de la temperatura máxima que optimiza la producción de la quinua es:

$$\begin{aligned} \text{Producción de Quinua}_t & \\ &= -591010.0 + 77621.73 \text{Temperatura Máxima}_{(Sep-Mayo)} \\ &- 2432.627 \text{Temperatura Máxima}^2_{(Sep-Mayo)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \text{Producción de Quinua}}{\partial \text{Temperatura Máxima}_{(Sep-Mayo)}} & \\ &= 77621.73 - 2 * 2432.627 \text{Temperatura Máxima}_{(Sep-Mayo)} = 0 \end{aligned}$$

$$\text{Temperatura Máxima}^*_{\text{Quinua}} = 15.95^\circ\text{C}$$

Para obtener una óptima producción de la quinua, la temperatura máxima deberá ser de 15.95°C; comparando el resultado con las especificaciones del resumen técnico del cultivo, la temperatura debe oscilar entre los 0°C a 20°C.

Para el caso de la temperatura mínima que optimiza la producción de la quinua, se obtiene:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Producción de Quinua}_t \\
 & = 35347.30 + 661.7876\textit{Temperatura Mínima}_{(Sep-Mayo)} \\
 & - 802.5446\textit{Temperatura Mínima}^2_{(Sep-Mayo)} \\
 & \frac{\partial \textit{Producción de Quinua}}{\partial \textit{Temperatura Mínima}_{(Sep-Mayo)}} \\
 & = 661.7876 - 2 * 802.5446\textit{Temperatura Mínima}_{(Sep-Mayo)} = 0 \\
 & \textit{Temperatura Mínima}^*_{\textit{Quinua}} = 1.41 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Para alcanzar una producción óptima de la quinua; la temperatura mínima deberá ser de 1.41°C. Comparando el resultado con las especificaciones del resumen técnico del cultivo, la temperatura debe oscilar entre los 0°C a 20°C.

Para el caso de la producción de la papa, se realizó la descripción de las estimaciones

obtenidas relacionadas individualmente de las variables climáticas, procediendo a derivar. En este sentido, al considerar las precipitaciones pluviales óptimas, para la producción de la papa fue:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Producción de Papa}_t \\
 & = -18257034 + 48570.37\textit{Precipitaciones pluviales}_{(Octubre-Abril)t} \\
 & - 31.34501\textit{Precipitaciones pluviales}^2_{(Octubre-Abril)t} \\
 & \frac{\partial \textit{Producción de Papa}}{\partial \textit{Precipitaciones pluviales}_{(Octubre-abril)}} \\
 & = 48570.37 - 2 * 31.34501\textit{Precipitaciones pluviales}_{(Octubre-Abril)t} \\
 & = 0 \\
 & \textit{Precipitaciones pluviales}^*_{\textit{Papa}} = 774.770 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Si bien se sabe, las precipitaciones deben estar en rango de 500 – 1160 mm según el SENAMHI. El resultado obtenido está dentro del rango, ya que para tener un optima producción de papa en

la región de puno, nos da como resultado que las precipitaciones pluviales es de 774.77 mm.

Para obtener la temperatura máxima óptima para la producción de la papa, se planteó:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Producción de Papa}_t \\
 & = 8237032 - 799666.5 \textit{Temperatura Máxima}_{(\textit{octubre-Abril})t} \\
 & + 20727.14 \textit{TMax}^2_{(\textit{Octure-Abril})t} \\
 \hline
 & \frac{\partial \textit{Producción de Papa}}{\partial \textit{Temperatura Máxima}_{(\textit{Ooctubre-abril})}} \\
 & = -799666.5 + 2 * 20727.14 \textit{Temperatura Máxima}_{(\textit{octubre-Abril})t} = 0 \\
 & \textit{Temperatura Máxima}^*_{\textit{Papa}} = 19.29^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Según la ficha técnica de la papa, el rango de la temperatura adecuada será entre -4°C a 30°C para tener una producción ideal de papa, para la producción adecuada del cultivo la temperatura máxima debe ser de 19.29°C.

Para obtener la temperatura máxima óptima para la producción de papa, se planteó:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Producción de Papa}_t \\
 & = 3865890 - 1526562 \textit{Tempratura Mínima}_{(\textit{octubre-Abril})t} \\
 & + 173169.2 \textit{Tempratura Mínima}^2_{(\textit{Oct-Abril})t} \\
 \hline
 & \frac{\partial \textit{Producción de Papa}}{\partial \textit{Temperatura Mínima}_{(\textit{Oct-abril})}} \\
 & = -1526562 + 2 * 173169.2 \textit{Temperatura Mínima}_{(\textit{oct-Abril})t} = 0 \\
 & \textit{Temperatura Mínima}^*_{(\textit{oct-Abril})} = 4.40^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Según la ficha técnica de la papa, el rango de la temperatura adecuada será entre -4°C a 30°C para tener una producción ideal de papa, para la producción adecuada del cultivo la temperatura mínima debe ser de 4.40°C que está dentro del rango.

Con respecto a la producción de cebada, se realizó una descripción de los resultados de las estimaciones al relacionar cada variable climática de forma independiente. Por lo que para obtener el nivel de precipitación pluvial que optimiza la producción de cebada, se obtuvo:

$$\begin{aligned}
 & \text{Producción de Cebada}_t \\
 & = 206019.5 - 479.4162 \text{Precipitaciones Pluviales}_{(Oct-Mayo)t} \\
 & + 0.312903 \text{Prec}^2_{(Oct-Mayo)t} \\
 & \frac{\partial \text{Producción de Cebada}_t}{\partial \text{Precipitaciones Pluviales}_{(Oct-Mayo)t}} \\
 & = -479.4162 + 2 * 0.312903 \text{Precipitaciones Pluviales}_{(Oct-Mayo)t} = 0 \\
 & \text{Precipitaciones Pluviales}^*_{cebt} = 766.0779 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Del cual, el resultado obtenido muestra que, la precipitación de lluvias o pluvial es de 766.08 mm. para optimizar los niveles de producción de cebada en la Región de Puno.

La temperatura máxima que optimiza la producción de la cebada fue:

$$\begin{aligned}
 & \text{Producción de Cebada}_t \\
 & = -508855.3 + 65601.28 \text{Temperatura Máxima}_{(Oct-Mayo)t} \\
 & - 2010.028 \text{Temperatura Máxima}^2_{(Oct-Mayo)t} \\
 & \frac{\partial \text{Producción de Cebada}_t}{\partial \text{Temperatura Máxima}_{(Oct-Mayo)t}} = 65601.28 - 2 * 2010.028 \text{TM}_{(Oct-Mayo)t} = 0 \\
 & \text{Temperatura Máxima}^*_{cebt} = 16.32 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Por lo que, para obtener una óptima producción de la cebada: la temperatura máxima deberá ser de 16.32°C. En concordancia con su ficha técnica donde se menciona que la temperatura del cultivo de cebada debe oscilar entre los 0°C y 22°C.

Finalmente, para obtener la temperatura mínima que optimiza la producción de la cebada, se planteó el siguiente caso:

$$\begin{aligned}
 & \text{Producción de Cebada}_t \\
 & = -6687.907 + 25490.78 \text{Temperatura Mínima}_{(Oct-Mayo)t} \\
 & - 5050.547 \text{Temperatura Mínima}^2_{(Oct-Mayo)t} \\
 & \frac{\partial \text{Producción de Cebada}_t}{\partial \text{Temperatura Mínima}_{(Oct-Mayo)t}} = 25490.78 - 2 * 5050.547 \text{TM}_{(Oct-Mayo)t} = 0 \\
 & \text{Temperatura Mínima}^*_{cebt} = 2.52 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Del cual, para alcanzar una producción óptima de la cebada; la temperatura mínima deberá ser de 2.52°C. En concordancia con su ficha técnica donde se menciona que la temperatura del cultivo de cebada debe oscilar entre los 0°C y 22°C.

## DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en la presente investigación son muy relevantes y coinciden de alguna manera con los resultados obtenidos por Tonconi (48) en el 2015, donde estableció que las temperaturas máximas y mínimas influyen significativamente para la producción de quinua, papa y cebada, pero en el caso del cultivo de quinua demostró que existen efectos positivos ante el cambio climático, pues el hecho de que la temperatura sobrepasara los niveles requeridos para la producción óptima no fue perjudicial para este grano andino. En el caso del cultivo de la papa si se vieron perjudicados cuando la temperatura no mostró umbrales óptimos para su producción, ocasionando pérdidas. Al igual que la quinua, los cultivos de cebada se vieron perjudicados por el cambio climático, al punto de sufrir consecuencias negativas leves en sus campañas posteriores. Además, de acuerdo a su investigación, los umbrales óptimos en cuanto a la temperatura para la producción son: 19.39°C - 3.80°C para la quinua, 13.5°C - 3.75°C para la papa y 15.91°C - 4.66°C para la cebada. Es por eso que, en contraste del presente trabajo de investigación, donde se determinó que la temperatura óptima para los tres cultivos debe

oscilar entre: 15.95°C - 1.41 °C para la quinua, 19.29°C - 4.41°C para la papa y 16.31°C - 2.52°C para la cebada; se evidencia que hay una pequeña variación en ambos resultados y se le atribuye a la diferencia de años y condiciones climáticas.

Respecto a la precipitación pluvial, Tonconi (48) afirmó que la presencia de niveles de precipitación ligeramente inferiores a los óptimos no es significativamente perjudicial para los cultivos, sin embargo, en nuestra investigación concluimos que, para optimizar la producción de los cultivos, es necesario que los umbrales de precipitación pluvial alcancen: 657.97 mm. en el caso de la quinua, 774.770 mm. para la papa y 766.078 mm para la cebada. Es por eso que se demuestra una diferencia frente a la presente investigación, ya que esto se sustenta en los años transcurridos y los fenómenos que el calentamiento global ha causado, como la presencia de más sequías que se va agravando con el transcurrir de los años.

Al igual que en la presente investigación, los resultados son muy coincidentes por lo determinado por Carrasco (49) en el 2016, ya que el cambio climático afectó a la producción y el rendimiento de quinua, explicando en 60% y 35%. Además, al igual que en la presente investigación, la variable temperatura máxima es la que más explica a la producción y rendimiento de la quinua, coincidiendo la temperatura óptima de temperatura máxima, temperatura mínima y la precipitación.

## CONCLUSIONES

De todo lo analizado en la presente investigación se puede determinar que, el cambio climático explicado a través de las precipitaciones pluviales, temperatura máxima y temperatura mínima tienen un efecto negativo sobre la producción de cultivos, pues cuando la temperatura y precipitaciones pluviales aumentan al punto de exceder los niveles óptimos, la producción disminuye; esto al menos en el caso de la papa y cebada, siendo la papa, el cultivo más vulnerable al incremento de estas variables. Respecto a la quinua, al parecer, resultó el cultivo más tolerante y su efecto respecto a un aumento en la temperatura máxima es positivo.

La producción de los cultivos (quinua, papa y cebada) presenta un comportamiento de tendencia creciente durante el periodo 1996-2018. Además, los resultados de la prueba de ADF para cada uno de los casos y modalidades nos indica que en primeras diferencias no hay presencia de raíz unitaria en las series, por lo que son estacionarias en su totalidad. Asimismo, los resultados de las estimaciones indican que los factores climáticos afectan la producción de la quinua y papa en 94% y en 86% a la producción de cebada.

En el análisis individual de las variables climáticas, las precipitaciones pluviales afectan en 26%, 92% y 76% a la producción de quinua, papa y cebada respectivamente. La temperatura máxima afecta en 84%, 96% y 65% a la producción de quinua, papa y cebada y la temperatura mínima

afecta en 88%, 92% y 73% a la producción de quinua, papa y cebada respectivamente.

En cuanto a los niveles óptimos de precipitaciones pluviales y temperaturas, los resultados calculados se encuentran dentro de los parámetros establecidos. Para el caso de la quinua, el umbral óptimo de precipitaciones pluviales es de 657.97 mm., temperatura máxima de 15.95°C y temperatura mínima de 1.41°C; En el umbral óptimo de la producción de papa respecto a precipitaciones pluviales es de 774.770 mm, temperatura máxima de 19.29°C y temperatura mínima de 4.40°C. Por último, para la producción de cebada, el umbral óptimo de precipitaciones pluviales es de 766.0779 mm., temperatura máxima de 16.32°C y temperatura mínima de 2.52°C.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS

1. Sámano M. La agroecología como una alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2018;4(8):1251–66. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n8/v4n8a11.pdf>
2. Cabanes M, Gómez J. Economía social y Soberanía Alimentaria. *Rev Econ Pública, Social y Coop*. 2014; 82:127–54. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/174/17433883005.pdf>
3. Sosa-Rodríguez F. Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. *Real, datos y Espac Rev Int Estadística y Geogr [Internet]*. 2015; 6:4–23. Available from: [http://www.inegi.org.mx/rde/rde\\_15/doctos/rde\\_15\\_art1.pdf](http://www.inegi.org.mx/rde/rde_15/doctos/rde_15_art1.pdf)

4. Urriola N, Aquino C, Pradeep B. Impact of agricultural exports on economic growth of Peru: the case of avocado and grapes. *Russ J Agric Socio-Economic Sci* [Internet]. 2018 Mar 30 [cited 2021 Sep 8];75(3):3–11. Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183138209>
5. Navas. El cambio climático y la agricultura: un desafío para Colombia y el mundo. *instnameUniversidad los Andes*. 2011; Available from: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/7549>
6. Hernández C, Bonales J, Francisco C, Paniagua O. Modelos de Vulnerabilidad Agrícola ante los efectos del cambio climático *Models of Agricultural Vulnerability to the effects of climate change* [Internet]. Vol. IX, *Revista CIMEXUS*. 2014 [cited 2020 May 21]. Available from: <http://www.cimexus.umich.mx/index.php/cim1/article/view/191>
7. Ocampo O. El cambio climático y su impacto en el agro *Climate Change and its Impact on the Agriculture*. *Rev Ing*. 2011 Jul;0(33):115–23. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n33/n33a12.pdf>
8. Quesada J, Research F. Huella ecológica y desarrollo sostenible. Madrid Espaa AENOR Asoc Espaa Norm y Certif Benef la Infraestruct verde Regen la tierra y Espac verde urbano *Centro Silvic y cambio climtico Surrey*. 2010; Available from: <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25470w/470609366-Huella-ecologica-y-desarrollo-sostenible-pdf.pdf>
9. Álvarez-Gordillo G, Araujo-Santana M, Arellano-Gálvez M. Alimentación y salud ante el cambio climático en la meseta comiteca en Chiapas, México. *Rev de Ali Cont y De Reg*. 2018. 28(52), 2-28. <https://doi.org/10.24836/es.v28i52.536>
10. Bernier P, Schoene D. La adaptación de los bosques y su ordenación al cambio climático: una visión de conjunto. *Unasyuva* [Internet]. 2009; 60:5–11. Available from: <http://lifeboscos.cime.es/documents/docs/LifeBoscos/E210013/REV2.pdf>
11. Palacios M, Massa P, Martínez V. Cambio climático y contaminación ambiental como generadores de crisis alimentaria en la américa andina: Un análisis empírico para Ecuador. *Rev Investig Operacional*. 2018; 39(2):234–49. Available from: <https://revistas.uh.cu/invoperacional/article/view/4024>
12. Gonzales G, Zevallos A, Gonzales-Castañeda C, Nuñez D, Gastañaga C, Cabezas C, et al. Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 2014 [cited 2021 Feb 15];31(3):547–56. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342014000300021&script=sci\\_arttext&lng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342014000300021&script=sci_arttext&lng=en)
13. Torres S. Impacto del cambio climático en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en el departamento de Puno. 2016;87. Available from: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2581>
14. FAO. Los bosques y el cambio climático en el Perú: situación y perspectivas [Internet]. 2014. Available from: <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Impacto/110.pdf>
15. Pinzón I, Ramírez L. Ecoeficiencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro y su influencia al cambio climático en Shushufindi Ecuador. *La Granja Rev Ciencias la Vida* [Internet]. 2021 Feb 1 [cited 2021 Sep 10];33(1):76–91. Available from: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-85962021000100076&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962021000100076&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
16. Alva G. El Perú Frente al Cambio Climático y los Tributos Verdes [Internet]. 2019. Available from: <https://www.proquest.com/openview/37b26b8715d4fda38df18dd7d66ab92b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
17. Xu Y, Zhou B, Wu J, Han Z, Zhang Y, Wua J. Asian climate change under 1.5–4 °C warming targets. *Adv Clim Chang Res*. 2017 Jun 1;8(2):99–107. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.accre.2017.05.004>
18. Matthews R, Kropff M, Horie T, Bachelet D. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adaptation. *Agric Syst*. 1997 Jul 1;54(3):399–425.

Available from: [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(95\)00060-I](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(95)00060-I)

**19.** Álvarez A. Retos de América Latina: Agenda para el Desarrollo Sostenible y Negociaciones del siglo XXI. *Probl Desarro* [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2021 Sep 25];47(186):9–30. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301703616300219>

**20.** Wambua B, Japhan K, Mutua T. Effects of Socio-Economic Factors on Food Security Situation in Kenyan Dry lands Ecosystem. *Asian J Agric Food Sci* [Internet]. 2014;02(01):2321–1571. Available from: [www.ajouronline.com](http://www.ajouronline.com)

**21.** Mo X, Guo R, Liu S, Lin Z, Hu S. Impacts of climate change on crop evapotranspiration with ensemble GCM projections in the North China Plain. *Clim Change*. 2013 Sep;120(1–2):299–312. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-013-0823-3>

**22.** Tao F, Yokozawa M, Hayashi Y, Lin E. Future climate change, the agricultural water cycle, and agricultural production in China. *Agric Ecosyst Environ*. 2003 Apr 1;95(1):203–15. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00093-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00093-2)

**23.** Sekhampu T. Determinants of Poverty in a South African Township. *Kamla Raj Enterp* [Internet]. 2017 Feb [cited 2022 Sep 27];34(2):145–53. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09718923.2013.11893126>

**24.** Beegle K, Christiaensen L, Dabalen A, Gaddis I. Poverty in a rising Africa [Internet]. World Bank Publications. 2016. <https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava>. Available from: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22575>

**25.** Gebretsadik K, Romstad E. Climate and farmers' willingness to pay for improved irrigation water supply. *World Dev Perspect*. 2020 Dec 1;20. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452292919300530>

**26.** Arun T, Kamath R. Financial inclusion: Policies and practices. *IIMB Manag Rev*. 2015 Dec 1;27(4):267–87. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2015.09.004>

**27.** Ellis F, Mdoe N. Livelihoods and Rural Poverty Reduction in Tanzania. *World Dev*. 2003 Aug 1;31(8):1367–84. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(03\)00100-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(03)00100-1)

**28.** Condori B, Mamani P, Botello R, Patino F, Devaux A, Ledent J. Agrophysiological characterisation and parameterisation of Andean tubers: Potato (*Solanum* sp.), oca (*Oxalis tuberosa*), isaño (*Tropaeolum tuberosum*) and papalisa (*Ullucus tuberosus*). *Eur J Agron*. 2008 May;28(4):526–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.12.002>

**29.** Orozco M. Fomento de la agricultura sostenible mediante el establecimiento de un sistema de garantías de calidad en los procesos productivos u de comunicación a los consumidores. Aplicación a la agricultura mexicana. 2007; Available from: <http://www.tdx.cat/handle/10803/6842>

**30.** Ordóñez F. La agroecología y la soberanía alimentaria como alternativas al sistema agroalimentario capitalista. Experiencia de la Fundación San Isidro (Duitama, Colombia). Vol. 42, *El Otro Derecho*. 2010. 203–247 p. Available from: <http://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar:8080/bitstream/CLACSO/4675/1/6.pdf>

**31.** Medrano L, Monago G. La producción primaria y el impulso al producto interno bruto en el Perú 2012-2019 [Internet]. 2020. Available from: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2342/1/T026\\_70760595\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2342/1/T026_70760595_T.pdf)

**32.** Sánchez J. Mercado de productos agrícolas ecológicos en Colombia. *Suma Negocios*. 2017 Jul 1;8(18):156–63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2017.10.001>

**33.** Olesen J, Bindi M. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur J Agron*. 2002 Jun 1;16(4):239–62. Available from: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7)

**34.** Cabrera H, Gastelo M, Otiniano R, Pacheco M, Janampa A. Variedades de Papa Resiliente al Cambio Climático, para la Seguridad Alimentaria del Perú. *Inst Nac Innovación Agrar* [Internet]. 2020 [cited 2021 Sep 10]; Available from: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1250>

- 35.** Lozano-Povis A, Álvarez-Montalván C, Moggiano N. El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Sci Agropecu* [Internet]. 2021 Mar 10 [cited 2021 Sep 10];12(1):101–8. Available from: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3341>
- 36.** Santa B, Nizama L, Santa I, Ramírez G. Educación y recursos económicos en mujeres del campo en Perú. *Rev Ciencias Soc.* 2020; XXVI. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7599933>
- 37.** Tonconi J. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. *Idesia.* 2015;33(2):119–36. Available from: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v33n2/art14.pdf>
- 38.** Meza A, Seijas C. Análisis socioeconómico de la adopción de tecnologías de rehabilitación de tierras forestales degradadas en la Región Ucayali, Amazonia peruana [Internet]. *repositorio.inia.gob.pe.* [cited 2020 Nov 24]. Available from: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/565>
- 39.** Luque L. Análisis de la deforestación de la Amazonia peruana: Madre de Dios. *Innova Educ.* 2021; Available from: <https://revistainnovaeducacion.com/index.php/rie/article/view/450>
- 40.** COMPIAL-Perú. Política Nacional de Inocuidad Alimentaria. *Proy PNIA* [Internet]. 2016;27. Available from: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/compial/archivos/Politica\\_Nacional\\_Inocuidad\\_Alimentos.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/compial/archivos/Politica_Nacional_Inocuidad_Alimentos.pdf)
- 41.** Zanetti E, Gómez J, Mostacedo S, Reyes O. Cambio climático y políticas públicas forestales en América Latina. Una visión preliminar. *CEPAL UNIÓN Eur para las Nac Unidas* [Internet]. 2017;122. Available from: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40922/S1601346\\_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40922/S1601346_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- 42.** Quispe G. Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev Investig Altoandinas.* 2015;17(1):47–52. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5157125>
- 43.** Dirección Regional de Agricultura Puno. Plan estratégico regional del Sector Agrario de Puno 2009-2015 [Internet]. 2008. Available from: [https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencia/planes\\_estrategicos\\_regionales/puno.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencia/planes_estrategicos_regionales/puno.pdf)
- 44.** Mendoza W. ¿Cómo investigan los economistas? Guía para elaborar y desarrollar un proyecto de investigación [Internet]. 2014. Available from: <https://files.pucp.education/departamento/economia/ide-2014-05.pdf>
- 45.** Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. Sexta edición. M. graw Hill E, editor. 2014. 93 p. Available from: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- 46.** PNUMA. Diagnóstico e inventario de los recursos naturales de flora y fauna. Puno: Autoridad Binacional del Lago Titicaca; 2011. Available from: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea31s/oea31s.pdf>
- 47.** Herrera J. La Pobreza en el Perú en 2001: una visión departamental. 2002 [cited 2021 Jul 7]; Available from: <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/244>
- 48.** Tonconi J. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. *Idesia (Arica)* [Internet]. 2015 [cited 2021 Sep 10];33(2):119–36. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292015000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=n](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292015000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=n)
- 49.** Carrasco F. Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997-2014. *Comuni@cción* [Internet]. 2016;7(2):48–47. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2219-71682016000200004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682016000200004)