



## Implicancias del cambio climático en el rendimiento de la producción de *CHENOPODIUM PALLIDICAULE* (cañihua) en Lampa, Región Puno-Perú

Implications of climate change in the yield of *CHENOPODIUM PALLIDICAULE* (cañihua) production in Lampa, Puno-Peru Region

Implicações da mudança climática no rendimento da produção de *CHENOPODIUM PALLIDICAULE* (cañihua) em Lampa, região de Puno-Peru

**Julio Cesar Quispe Mamani<sup>1</sup>**  
jcquispe@unap.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0002-3938-1459>

**Marcial Guevara Mamani<sup>1</sup>**  
mguevara@unap.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0003-3545-1306>

**Santomas Licimaco Aguilar Pinto<sup>2</sup>**  
licimacoaguilar@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1796-9278>

**Giovana Araseli Flores Turpo<sup>3</sup>**  
giovanaflores31@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-0240-647X>

**Wily Leopoldo Velásquez Velásquez<sup>4</sup>**  
velasquezwilyd@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-6945-4260>

**Carmen Nieves Quispe Lino<sup>1</sup>**  
cnquispe@unap.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0002-7898-6805>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano-Perú

<sup>2</sup>Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez-Perú

<sup>3</sup>Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua-Perú

<sup>4</sup>Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur-Perú

Artículo recibido el 31 de enero 2022 / Arbitrado el 16 de febrero de 2022 / Publicado el 30 de marzo 2022

### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del cambio climático en la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en la zona productora de Lampa, de la región de Puno-Perú. Se utilizó un enfoque cuantitativo, aplicando el modelo teórico de la función de producción polinómica de segundo grado para la prueba de hipótesis, utilizando la información del Ministerio de Agricultura y Riego y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Se determinó que las variables climáticas influyen en el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), en un 53,68%. La humedad relativa y la temperatura mínima son las variables que tienen mayor influencia en el rendimiento de la producción de este cultivo, en vista que a un incremento en 1% de la humedad relativa y de la temperatura mínima en 1 °C provoca un incremento de 15.91 kg/ha y 7.62 Kg/ha en el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua).

**Palabras clave:** Cambio climático; Producción agrícola; Productores; Rendimiento; Zona rural

### ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of climate change on the production of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) in the Lampa production area, in the Puno-Peru region. A quantitative approach was used, applying the theoretical model of the second degree polynomial production function for the hypothesis test, using information from the Ministry of Agriculture and Irrigation and the National Service of Meteorology and Hydrology of Peru. It was determined that climatic variables influence the production yield of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), by 53.68%. Relative humidity and minimum temperature are the variables that have the greatest influence on the production yield of this crop, given that a 1% increase in relative humidity and a 1 °C minimum temperature cause an increase in 15.91 kg/ha and 7.62 Kg/ha in the production yield of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua).

**Key words:** Climate change; Agricultural production; Producers; Performance; Rural zone

### RESUMO

O objetivo da pesquisa foi determinar o efeito das mudanças climáticas na produção de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) na área de produção de Lampa, na região de Puno-Peru. Foi utilizada uma abordagem quantitativa, aplicando o modelo teórico da função de produção polinomial de segundo grau para o teste de hipóteses, utilizando informações do Ministério da Agricultura e Irrigação e do Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia do Peru. Determinou-se que as variáveis climáticas influenciam o rendimento da produção de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), em 53,68%. A umidade relativa do ar e a temperatura mínima são as variáveis que mais influenciam na produtividade desta cultura, visto que um aumento de 1% na umidade relativa do ar e 1°C na temperatura mínima provoca um aumento de 15,91 kg/ha e 7,62 kg/ha no rendimento de produção de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua).

**Palavras-chave:** Mudança climática; Produção agrícola; Produtores; Desempenho; Área rural

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático trae la atención de los científicos y la sociedad civil porque las variables climáticas como la temperatura, las precipitaciones y el nivel del mar se ven gravemente afectadas (1–5). Estas variables, a su vez, afectarán a diversos sectores productivos como la agricultura. Según la predicción de la temperatura nocturna ha aumentado significativamente desde 1950, con un aumento de 0,2 ° C cada diez años, mientras que la temperatura mínima ha bajado (6,7). Es decir, la variabilidad de la temperatura es más prominente, incluso ha aumentado el número de días de heladas y la amplitud de la temporada, lo que tiene un efecto adverso en la producción de alimentos, amenazando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad (4,8,9).

En América Latina el cambio climático genera efectos en el rendimiento de los cereales, principalmente por el aumento de las inesperadas temperaturas la cual afecta el rendimiento de todos los cereales evaluados, aunque las precipitaciones igualmente ocasionan efectos negativos (10–13), por lo que el desarrollo de la actividad humana en la actualidad viene enfrentando directa o indirectamente a las alteraciones en la composición atmosfera como es el cambio climático durante periodos de tiempo (8,14,15).

Los cultivos son sensibles a los diferentes cambios de temperatura y a las precipitaciones, generalmente en las zonas donde la producción es desarrollada a secano y practican una tecnología tradicional (16–18). Estos cambios

en la agricultura no se dan de forma uniforme en todas regiones, y esto es confirmado por Shervin quien establece que el *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) es un producto diferente de la quinua y fue denominada de esta forma por Paul Allen en 1929, tomando en cuenta la forma y color de sus tallos.(8,14,19).

El Perú, es inmensamente afectado por el cambio climático por la ubicación geográfica que tiene y que se encuentra cerca de la línea ecuatorial, por presentar un desarrollo con limitada capacidad de adaptabilidad a los diferentes cambios de la temperatura, al igual que los países vecinos. En Puno, las temperaturas promedio aumentaron 0.8 ° C entre 1960 y 2010 (6,16).

Estos cambios tuvieron un efecto devastador en los rendimientos de papa, frijol y maíz, pero los beneficios de la quinua y el cáñamo como resultado del cambio climático fueron enormes. Según el pronóstico para 2035, la pérdida por cambio climático en la producción de alimentos en 2010 fue del 0,58% del PIB de Puno. Económicamente alrededor de 20 US \$ (6). La agricultura rural en el Altiplano es propensa a desastres meteorológicos como sequías, heladas e inundaciones; la producción de granos andinos depende de factores de riesgo.

Los principales lugares de cultivo de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) se ubican en la cuenca del lago Titicaca donde tiene importancia en la alimentación de las familias por la alta calidad de sus granos, en cuanto a proteína, aminoácidos, vitaminas, fibra y minerales (Pinto & Rojas, 2016). La

*Chenopodium pallidicaule* (cañihua) se cultiva en las regiones más altas, por la capacidad de defensas que muestra contra las bajas temperaturas, heladas y sequías. Es considerada por muchos agricultores como el grano que mejor resistencia muestra a las bajas temperaturas (-3°C), lo cual no afecta su producción. Este cereal cuenta con un alto nivel de proteínas del 15.3% y aminoácidos (20,21).

El aumento de la superficie de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en el altiplano peruano es factible, ya que las características ecológicas en la provincia de Lampa de la Región de Puno son favorables para el desarrollo de esta especie. Para mejorar la vida de los pequeños agricultores es muy importante el aumento de la productividad así pueda expandir la producción de distintos cultivos de cereales como la cañahua, quinua, entre otros. El área cultivada de cañihua está dividida de la siguiente forma el 24% se encuentra en la provincia de San Román, el 23% en Azángaro, el 15% en Lampa, el 14% en Puno y el 11% en la provincia de Chucuito. La cañihua es una planta pequeña no más de 50 a 60 cm y es un grano alimenticio (19,20,22).

Este grano se caracteriza por un contenido alto de proteínas llegando a superar el 18 por ciento, con buenas proporciones de aminoácidos esenciales. Con respecto a la variación de la composición química de la cañihua, ésta depende de la variabilidad genética del material, edad de maduración de la planta, localización, cultivo y fertilidad del suelo (20–22).

La importancia nutricional que tiene este producto es resaltante, por lo que se planteó la interrogante ¿Cuál es el efecto del cambio climático en la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en la zona productora de Lampa, de la región de Puno-Perú, en las campañas agrícolas del 1990-2020? Asimismo, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto del cambio climático en la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en la zona productora de Lampa, de la región de Puno-Perú, en las campañas agrícolas del 1990-2020.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño longitudinal (23). Además, se considera el aspecto documental, porque está utilizando los datos que se encuentran registrados en la base de datos del Ministerio de agricultura y Riego (MINAGRI) y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

El tipo de investigación es no experimental, porque el impacto del cambio climático sobre la producción de cañihua en la provincia de Lampa, para ello se caracteriza la producción de Cañihua relacionada con factores ambientales, socioeconómicas y productivos, que permitan evaluar y proyectar al futuro los efectos del cambio climático en la eficiencia de la producción de Cañihua (24).

## Modelo econométrico

Para comprobar la hipótesis de que las variables climáticas como la temperaturas

máxima y mínima, las precipitaciones y la humedad relativa tienen un efecto positivo sobre el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en la zona productora de Lampa, de la región de Puno-Perú en las campañas agrícolas del

1990-2020 se consideró como modelo teórico la función de producción polinómica de 2do grado, donde su planteamiento del modelo econométrico para el análisis del rendimiento de la producción de la cañihua es la siguiente:

**Rendimiento de la producción de cañihua<sub>t</sub>**

$$= \beta_0 + \beta_1 * \text{Temperatura máxima}_t + \beta_2 * \text{Temperatura máxima}_t^2 + \beta_3 * \text{Temperatura mínima}_t + \beta_4 * \text{Temperatura mínima}_t^2 + \beta_5 * \text{Humedad relativa}_t + \beta_6 * \text{Humedad relativa}_t^2 + \beta_7 * \text{Precipitaciones}_t + \beta_8 * \text{Precipitaciones}_t^2 + u_t$$

El desarrollo de la presente investigación considera el supuesto de que el cultivo de la cañihua presenta umbrales de tolerancia de las variables climáticas, al ser un cultivo a secano, es de esperar que su comportamiento este sujeto a las temperaturas, humedad, y las precipitaciones.

en grados Celsius (°C), y precipitación medida en milímetros (mm/mes), humedad relativa del suelo en porcentajes (%) y el rendimiento de la producción de cañihua en Kg/has, esta información corresponde a la dirección agraria de Puno.

**Técnicas**

Se utilizaron los datos anuales comprendidos entre el período de 1990 a 2020 sobre variables relacionadas a la medición del cambio climático, como temperatura mínima en grados Celsius (°C), temperatura máxima

**Análisis de variables**

El detalle de la operacionalización del rendimiento de la producción de cañihua, la temperatura Máxima, temperatura Mínimo, humedad relativa y la precipitación se detallan a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Operacionalización de las variables.

Nombre	Definición operacional	Unidad de medida
Rendimiento de la producción de cañihua	Tipo de variable en el modelo econométrico: Dependiente Frecuencia original de los datos: Anual	Kg/Ha
Temperatura Máxima	Tipo de variable en el modelo econométrico: Independiente Frecuencia original de los datos: Anual	Grados Celsius (°C)
Temperatura Mínimo	Tipo de variable en el modelo econométrico: Dependiente Frecuencia original de los datos: Anual	Grados Celsius (°C)

Nombre	Definición operacional	Unidad de medida
Humedad relativa	Tipo de variable en el modelo econométrico: Independiente Frecuencia original de los datos: Anual	Porcentaje (%)
Precipitación	Tipo de variable en el modelo econométrico: Independiente Frecuencia original de los datos: Anual	Milímetros (mm/mes)

La fuente de información fue el Ministerio de agricultura y Riego (MINAGRI) y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento de las variables que tienen efecto en el rendimiento en la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua)

El comportamiento del rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) fue muy variante (Figura 1), todo esto debido a que este cultivo es caracterizado por su capacidad de soportabilidad que puede tener en tiempos de escasez de recursos

hídricos, ya que se cataloga como una planta con potencialidades de sobrevivencia es zonas secas, y no demanda mucha cantidad de agua para su crecimiento y desarrollo, donde el rendimiento mínimo obtenido fue de 603.32 kg/ha y el rendimiento más alto obtenido fue de 786.32 kg/ha y una desviación estándar de 45.94kg; demostrando que esta estuvo muy relacionado con el volumen de producción en dicho periodo de análisis, donde en promedio se alcanzó una producción de 592.63 TM por campaña agrícola (Tabla 2).

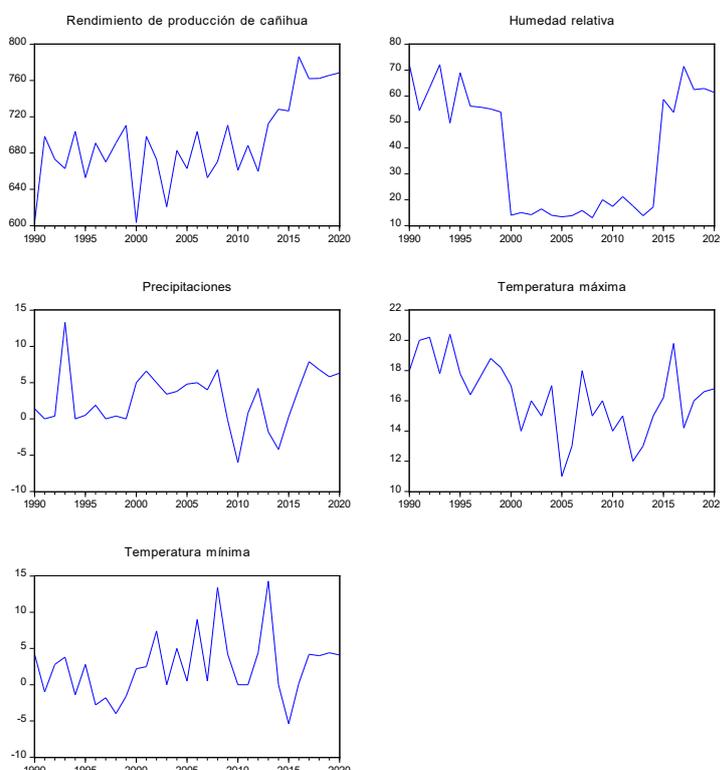


Figura 1. Comportamiento descriptivo de las variables en análisis

**Tabla 2.** Estadísticas descriptivas de las variables.

Estadístico	Rendimiento de la producción	Humedad relativa	Precipitaciones	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Promedio	692.1722	38.98387	2.787097	16.31613	2.448387
Mediana	691.0090	49.60000	3.400000	16.40000	2.500000
Valor máximo	786.3240	72.10000	13.30000	20.40000	14.30000
Valor mínimo	603.3250	13.00000	-6.0000	11.00000	-5.4000
Desviación estándar	45.94382	23.47157	3.859943	2.390969	4.423187
Skewness	0.151679	0.067885	0.179805	-0.2161	0.868144
Kurtosis	2.730183	1.216125	3.603270	2.523243	3.969256
Jarque-Bera	0.212902	4.134166	0.637119	0.534791	5.107444
Probabilidad	0.899019	0.126554	0.727196	0.765370	0.077792

Al analizar el comportamiento de las variables determinantes agroclimáticas del rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) se evidencia una variación considerable entre ellas. En el caso de las precipitaciones, el periodo más escaso fue el 2010 donde alcanzó un valor de -6.0 mm/mes y el valor máximo alcanzado fue de 13.30 mm/mes que se dio en 1993, pero en promedio se tuvo un valor de 2.78 mm/mes, con una desviación estándar de 3.85; mostrándose de esta manera cíclico en todo el periodo de análisis (Tabla 2 y Figura 1).

En el caso de la humedad relativa, en promedio alcanzó un valor de 38.98% y el valor más bajo obtenido fue en el año 2008 que alcanzo 13% y el valor máximo alcanzado fue de 72.10% en 1990 y 1993, donde su desviación estándar fue 23.47 (Tabla 2); lo que demuestra que, a pesar de tener una humedad bastante baja, es favorable para la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), y los periodos más secos fueron desde el 2000 al 2010 (Figura 1).

Con respecto a la temperatura máxima y mínima, se puede evidenciar un margen típico de una zona alto andina, donde alcanzó una temperatura máxima de 20.40 °C y una temperatura mínima de -5.40 °C, donde su desviación fue de 4.42 hacia el valor mínimo y una desviación de 2.39 hacia el valor máximo (Tabla 2). Al contar con dos temporadas ambientales, temporada seca y temporada de lluvia, es que el desarrollo agrícola es a secano, dependiente de las condiciones climáticas y ambientales, donde las lluvias cumplir un rol muy determinante al igual que las condiciones de la temperatura, lo que se muestra claramente en cada campaña agrícola (Figura 1).

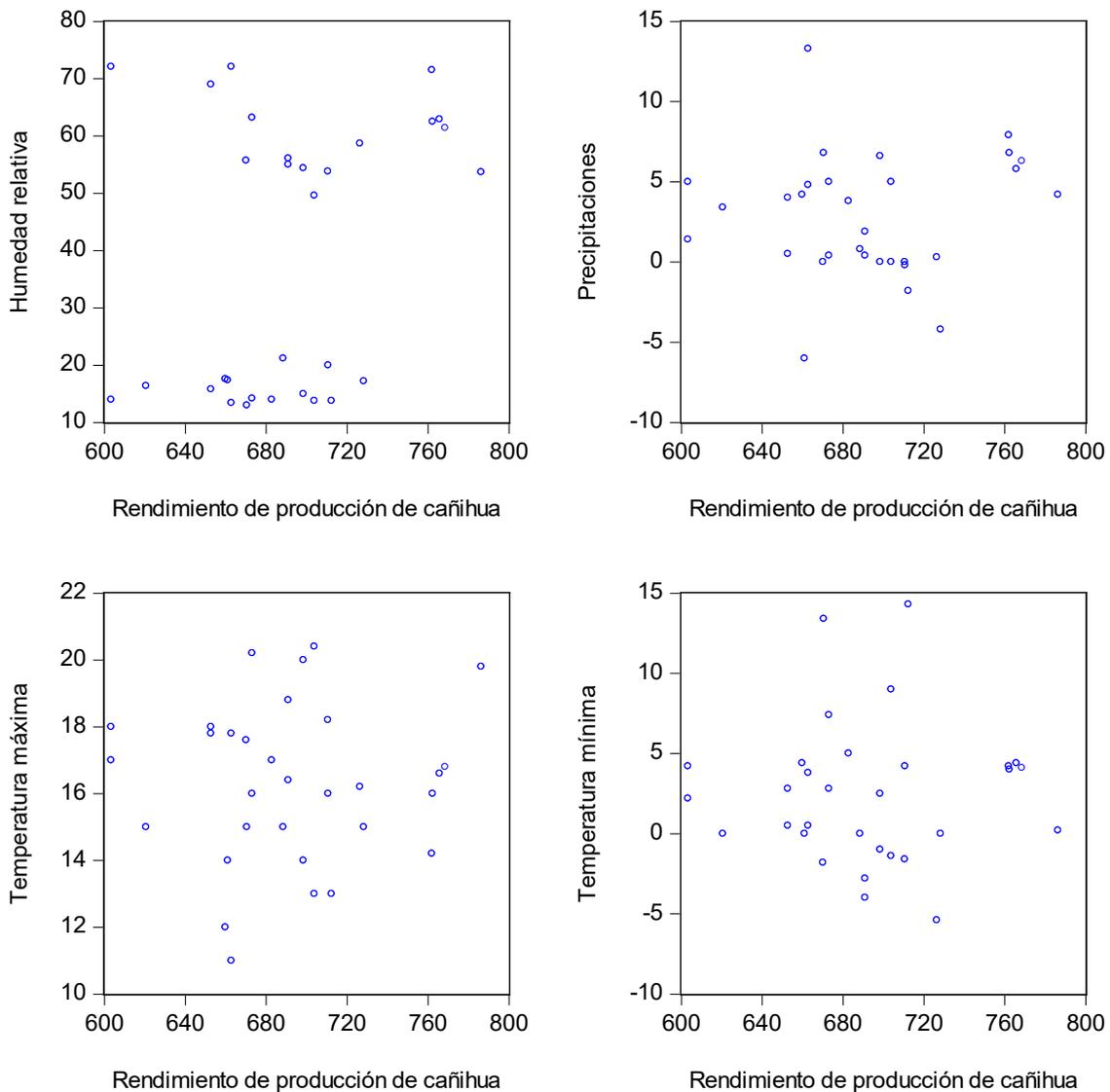
### **Análisis de la relación de las variables agroclimáticas sobre el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua)**

De acuerdo a la Figura 2, la relación que existe entre el rendimiento de la producción

de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) con las precipitaciones es directa o positiva, pero con correlación positiva baja (valor  $\rho$  de Pearson = 0.092), en vista que un incremento de las precipitaciones contribuye en el incremento del rendimiento de la producción agrícola. En el caso del rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) con la humedad relativa es directa, pero con correlación positiva baja (valor  $\rho$  de Pearson = 0.312), toda vez que un incremento en esta

variable contribuirá de manera directa en el rendimiento (Tabla 3).

La relación que existe entre el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) con la temperatura máxima y mínima es directa o positiva, pero con una correlación positiva baja (valor  $\rho$  de Pearson = -0.004), en vista que un incremento de la temperatura contribuye en el incremento del rendimiento de la producción agrícola (Figura 2 y Tabla 3).



**Figura 2.** Relación del rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) con sus determinantes.

**Tabla 3.** Matriz de correlación de las variables.

Variable	Rendimiento de la producción	Humedad relativa	Precipitaciones	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Rendimiento de la producción	1.000	0.312	0.092	0.047	0.005
Humedad relativa	0.312	1.000	0.141	0.583	-0.325
Precipitaciones	0.092	0.141	1.000	-0.099	0.327
Temperatura máxima	0.047	0.583	-0.099	1.000	-0.388
Temperatura mínima	0.005	-0.325	0.327	-0.388	1.000

### Efecto de las variables agroclimáticas sobre el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua)

Para establecer los factores climáticos que tienen mayor influencia en el comportamiento del rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) se hizo el análisis estadístico y de los coeficientes obtenido con el modelo planteado, llegando a los resultados que se detallan en la Tabla 4; las mismas que son consistentes y coincide con los signos esperados de los coeficientes de las variables en análisis.

De lo estimado, el modelo al ser eficiente tiene un valor de Akaike (AK) de 10.27 y un valor del criterio de Schwarz (SCH) de 10.68, y son valores bajos; donde el R<sup>2</sup> asciende a 53.68%. los parámetros que explican el rendimiento de

la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) solo son la humedad relativa y la temperatura mínima, ya que los demás parámetros resultaron ser no significativos, en vista que los valores de t-estadístico con mayores a 0.05.

Por lo cual, al considerar un R<sup>2</sup> de 53.68% significa que las variables humedad relativa, precipitaciones, temperatura máxima y temperatura mínima explican al rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en 53.68%, identificando que la humedad relativa y la temperatura mínima son significativas al 5%; concluyéndose de esta manera que estas variables son las que más influyen en el rendimiento de la producción de dicho producto (Tabla 4).

**Tabla 4.** Estimación de modelo para el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua).

Variable	Coefficiente	Error estándar	T- Estadístico	Probabilidad
Constante	384.8728	262.8426	1.464271	0.1573
Humedad relativa	15.91478	3.489322	4.560995	0.0002
Humedad relativa^2	-0.182566	0.042162	-4.330106	0.0003
Precipitaciones	0.382563	2.629333	0.145498	0.8856
Precipitaciones^2	0.280156	0.306066	0.915346	0.3699
Temperatura máxima	15.2821	32.13755	0.475522	0.6391
Temperatura máxima^2	-0.764048	1.002685	-0.762001	0.4542
Temperatura mínima	7.621263	3.503133	2.175557	0.0406
Temperatura mínima^2	-0.240366	0.266172	-0.903045	0.3763
R-cuadrado	0.536866	Media de la variable dependiente		692.1722
R-cuadrado ajustado	0.368454	Desv. Est. de la variable dependiente		45.94382
S.E. de la regresión	36.5115	Criterio de información Akaike		10.27083
F-estadístico	3.187809	Probabilidad (F-estadístico)		0.014757

En relación a la hipótesis de investigación:

Ho, las variables agroclimáticas como: las temperaturas máxima y mínima, las precipitaciones y la humedad relativa tienen un efecto negativo sobre el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en la zona productora de Lampa, de la región de Puno-Perú en las campañas agrícolas del 1962-2020.

Ha, las variables agroclimáticas como: las temperaturas máxima y mínima, las precipitaciones y la humedad relativa tienen un efecto positivo sobre el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en la zona productora de Lampa, de la región de Puno-

Perú en las campañas agrícolas del 1962-2020.

Considerando el análisis de la significancia individual (T- estadístico), los signos esperados de los coeficientes, el valor de F estadístico, podemos concluir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la temperaturas máxima y mínima, las precipitaciones y la humedad relativa tienen un efecto positivo sobre el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua); además que estas si influyen en el rendimiento de la producción en 53.68%.

En este sentido, el modelo econométrico a interpretar es el siguiente:

**Rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua)<sub>t</sub>**

$$\begin{aligned} &= 384.87 + 15.28 * \text{Temperatura máxima}_t - 0.76 * \text{Temperatura máxima}_t^2 \\ &+ 7.62 * \text{Temperatura mínima}_t - 0.24 * \text{Temperatura mínima}_t^2 + 15.91 \\ &* \text{Humedad relativa}_t - 0.18 * \text{Humedad relativa}_t^2 + 0.38 * \text{Precipitaciones}_t \\ &+ 0.28 * \text{Precipitaciones}_t^2 + u_t \end{aligned}$$

El rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en el ámbito de estudio evidenció un crecimiento marginal, en vista que el incremento en 1% de la humedad relativa, entonces el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) incrementa en 15.91 kg/ha, manteniendo constante las otras variables. Además, a un incremento de la temperatura mínima en 1 °C, entonces el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) incrementa en 7.62 Kg/Ha. Las demás variables no se interpretan en vista que no son significativos en el modelo planteado.

Por lo tanto, en contraste de lo realizado mediante el modelo de la función de producción polinómica de segundo grado y la hipótesis propuesta en un inicio, se comprobó que la hipótesis nula fue rechazada y la hipótesis alterna fue aceptada, lo que quiere decir que existe una relación significativa entre la temperaturas máxima y mínima, las precipitaciones y la humedad relativa respecto al rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) en la zona de Lampa; además, el resultado mostro que el signo es el esperado y coherente.

**Discusión**

Con los resultados obtenido en la presente investigación, se confirma lo

determinado sobre el impacto de cada una de variables climáticas sobre el rendimiento de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), toda vez que (6) considera que el incremento de las condiciones climáticas altoandinas es un factor determinante en el sector agrícola e influye directamente en la producción de los cultivos. Sin embargo, estos resultados pueden ser relativos si se considera que diferentes variables pueden determinar al rendimiento de este cultivo, inclusive los efectos del cambio climático en la agricultura son diferentes entre los tipos de cultivos que se producen, así como entre zonas ecológicas, e incluso entre regiones geográficas con especificidades diferentes (6,16).

Los resultados de este estudio son concordantes con lo establecido por (25), ya que dicho autor pudo determinar en Bolivia que la limitante para garantizar el rendimiento de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) es las condiciones ambientales (cambio climático), la pérdida y el deterioro de la calidad de la semilla en tiempos de madurez, en vista que el comportamiento climático afecta en el proceso de producción y consecuentemente en el rendimiento de esta.

De alguna manera los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con (9), en vista que este autor pudo determinar que en América Latina, el cambio climático afecta

al rendimiento de los cereales al igual que a la *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), en vista que dicho efecto en el rendimiento del arroz fue de 0.024%, lo que se traduce en incremento de 10.13kg/ha; pero analizando específicamente en México, de acuerdo a (26), el rendimiento de la producción de maíz en zonas subtropicales y valles altos fue influenciado por las variaciones en el comportamiento de la temperatura y la existencia de las escasas de las precipitaciones.

Finalmente la *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) al ser un cultivo similar a la quinua tiene propiedades particulares, por lo que para garantizar el proceso fenológico de la cañihua es necesario garantizar el comportamiento interno a la cual tenga acceso en productos y considerar otros factores que contribuyen hacia la tolerancia del grano alto andino; es por ello que coincidimos con (13) quien consideró que el tallo y las hojas de este cultivo están cubiertas por vesículas blancas o rosadas al igual que sus flores, contribuyendo de esta manera a su capacidad de soportabilidad hacia cambios bruscos del ambiente como escenarios de bajas temperaturas y enfrentamiento a los periodos de heladas, pero está cada vez está más expuesta, ya que el cambio climático afecta a la zona de estudio al igual que a las zonas altoandinas.

### CONCLUSIONES

Los factores climáticos como las temperaturas máxima y mínima, las precipitaciones y la humedad relativa muestran en el periodo de análisis una tendencia muy variante, donde en algunos periodos fue creciente y en otras muy decreciente y su

efecto en el rendimiento de la producción de la *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) son positivos.

En el caso de la humedad relativa, si incrementa en 1% entonces el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) incrementa en 15.91 kg/ha, manteniendo constante las otras variables.

Con respecto a la temperatura mínima, si esta aumenta en 1 °C entonces el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) incrementa en 7.62 Kg/Ha manteniendo constante las otras variables.

Por lo tanto, las variables climáticas de la humedad relativa y la temperatura mínima influyen en el rendimiento de la producción de *Chenopodium pallidicaule* (cañihua), ya es que estas explican en 53.68%.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ugarte Paguaga FE. Impacto del cambio climático en la producción agrícola en Nicaragua. [Internet]. Vol. 53. 2019. Available from: <https://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/8245/MECOUgarte.pdf?sequence=1>
2. Boonwichai S, Shrestha S, Babel MS, Weesakul S, Datta A. Climate change impacts on irrigation water requirement, crop water productivity and rice yield in the Songkhram River Basin, Thailand. J Clean Prod. 2018 Oct 10;198:1157–64.
3. Sommer R, Glazirina M, Yuldashev T, Otarov A, Ibraeva M, Martynova L, et al. Impact of climate change on wheat productivity in Central Asia. Agric Ecosyst Environ. 2013 Sep 15;178:78–99.
4. Serra-Majem L. Nutrición comunitaria y sostenibilidad: concepto y evidencias. Rev Española Nutr Comunitaria. 2010 Jan 1;16(1):35–40.

5. 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.
6. Tonconi J. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. *Idesia*. 2015;33(2):119–36.
7. Nunes PALD, van den Bergh JCJM, Nijkamp P. Ecological-Economic Analysis and Valuation of Biodiversity. *SSRN Electron J [Internet]*. 2005 Aug 19 [cited 2021 Feb 25]; Available from: <https://papers.ssrn.com/abstract=286832>
8. Olivera EB. Impact of climate change on the performance of cañihua production (*Chenopodium pallidicaule*) in the Region – Puno. *J High Andean Res [Internet]*. 2019;21(2):11. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v21n2/a02v21n2.pdf>
9. López López OH. Efectos del cambio climático en el rendimiento del trigo, el maíz y el arroz en América Latina [Internet]. 2015. Available from: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15753>
10. Camargo García A. Mecanismos de pago por servicios ambientales: estudio de caso Cerro Bravo, Antioquia [Internet]. 2013 [cited 2021 Feb 25]. Available from: <http://eia-dspace.metabiblioteca.com/handle/11190/1926>
11. Cueto RG, Bravo AC. Las ciudades, el cambio climático y un estudio de caso en Mexicali, B. C., México. 2013.
12. Pinzón CIE, Ramírez CLJ. Ecoeficiencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro y su influencia al cambio climático en Shushufindi Ecuador. *La Granja*. 2021;33(1):76–90.
13. Mamani Reynoso F. Cultivo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) para la seguridad alimentaria [Internet]. 2016. Available from: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/23616>
14. De Mendoza MM. Desafíos de la nutrición comunitaria en Latinoamérica. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2010;16(1):41–4.
15. Ortiz-Andrellucchi A, Serra-Majem L. Public health nutrition, preventive nutrition, community nutrition. *Encycl Food Secur Sustain*. 2018 Jan 1;214–22.
16. Galindo LM, Alatorre Bremont JE, Reyes Martínez O. Adaptación al cambio climático a través de la elección de cultivos en Perú. *Trimest Econ [Internet]*. 2015 [cited 2022 Jan 26];82(327):489–519. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2015000300489&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-718X2015000300489&script=sci_arttext)
17. Samaniego J, De Miguel CJ, Galindo LM, Gómez JJ, Martínez K, Cetrángolo O. La economía del cambio climático en Chile: síntesis. 2009; Available from: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/32827>
18. Bisbis MB, Gruda N, Blanke M. Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality – A review. *J Clean Prod*. 2018 Jan 1;170:1602–20.
19. Higinio V. Elaboración de una mezcla instantánea de Arroz (*Oryza sativa*), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y Kiwicha (*Amarantus caudatus*) por el Método de Cocción Extrusión. *Proy Tesis*. 2011;51.
20. Carrasco Choque 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)
21. Bravo R, Valdivia R, Andrade K, Padulosi S, Jager M. Granos Andinos Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú. 2010. 148 p.
22. Gutierrez MIC. Evaluación de calidad a los granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el departamento de Puno. *Rev Cient I+ D aswan Sci [Internet]*. 2020;1(2):11–5. Available from: <https://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe/index.php/sciencie/article/view/2/3>
23. Mendoza Bellido W. Cómo investigan los economistas? Guía para elaborar y desarrollar un proyecto de investigación [Internet]. 2014 [cited 2020 Oct 12]. Available from: <https://files.pucp.edu.pe/departamento/economia/lde-2014-05.pdf>
24. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 2010. 6–8 p.

- 25.** Lombana J, Amashta Y, Correa C, Rodríguez MC. Benchmarking Y Análisis De Competitividad De Las Cadenas Productivas De Quinoa En Colombia, Peru Y Bolivia. FACE Rev la Fac Ciencias Económicas y Empres. 2018;17(2):157.
- 26.** Ruiz Corral JA, Medina García G, Ramírez Díaz JL, Flores López HE, Ramírez Ojeda G, Manríquez Olmos JD, et al. Cambio climático y

sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. Rev Mex ciencias agrícolas [Internet]. 2011;2(spe2):309–23. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2nspe2/v2spe2a11.pdf>[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342011000800011&lang=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000800011&lang=pt)<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2nspe2/v2spe2a11.pdf>