

Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región - Puno

Impact of climate change on the performance of cañihua production (*Chenopodium pallidicaule*) in the Region – Puno

Eusebio Benique Olivera

Facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano –Puno Perú,

Autor para correspondencia: ebenique17@gmail.com

ARTÍCULO ORIGINAL

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido: 07/11/2018

Artículo aceptado: 28/03/2019

En línea: 30/04/2019

PALABRA CLAVE:

Cañihua
Chenopodium pallidicaule Aellen,
temperatura,
precipitación,
humedad y tolerante

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue cuantificar el impacto del cambio climático (temperatura, precipitación y humedad promedios) sobre el rendimiento de la producción de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017. Para ello se trabajó con información estadística de la Dirección Regional Agraria Puno y, las variables agroclimáticas proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Puno. El estudio empleó el método de la función de regresión lineal múltiple basado en mínimos cuadrados ordinarios para explicar el rendimiento de la producción de la cañihua bajo condiciones del cambio climático en la región del altiplano. Los resultados, indican que por cada variación en una unidad de la temperatura máxima el rendimiento de la cañihua aumenta en 3%, y por cada variación en una unidad de la precipitación máxima el rendimiento aumenta 0.34%, por cada variación en una unidad de la precipitación mínima el rendimiento se cae en -2.16%. Mientras la variable humedad máxima por cada variación en una unidad influyo en el rendimiento en 0.70%, y la humedad mínima en 0.93%. En conclusión, la cañihua mantuvo su rendimiento de la producción en estos últimos 20 años; mientras el arroz, maíz, trigo y otros granos alimenticios fueron afectados por el cambio climático en países de América Latina y el mundo. La cañihua toleró anomalías negativas críticas de las variables agroclimáticas de la región a pesar de altibajos no significativos. El grano alto andino es una planta alimenticia adaptable al cambio climático en la región del altiplano de Puno.

ORIGINAL ARTICLE

ARTICLE INFORMATION

Article received: 07/11/2018

Article accepted: 28/03/2019

On line: 30/04/2019

KEYWORD:

Cañihua,
Chenopodium pallidicaule Aellen,
temperature,
humidity,
precipitation and tolerant

ABSTRACT

The objective of this research was to quantify the impact of climate change (temperature, precipitation and average humidity) on the yield of the production of the cañihua, agricultural campaign 1996-1997 to 2016-2017. To do this, we worked with statistical information from the Puno Regional Agrarian Directorate and the agroclimatic variables provided by the National Meteorology and Hydrology Service-Puno. The study used the method of the multiple linear regression function based on ordinary least squares to explain the yield of cañihua production under climate change conditions in the highland region. The results indicate that for each variation in a unit of the maximum temperature the yield of the cañihua increases by 3%, and for each variation in a unit of the maximum precipitation the yield increases 0.34%, for each variation in a unit of the minimum precipitation yield drops by -2.16%. While the variable maximum humidity for each variation in a unit influenced the yield in 0.70%, and the minimum humidity in 0.93%. In conclusion, cañihua maintained its production yield in the last 20 years; while rice, corn, wheat and other food grains were affected by climate change in Latin American countries and the world. The cañihua tolerated critical negative anomalies of the agroclimatic variables of the region. The high Andean grain is a food plant adaptable to climate change in the highland - Puno region.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático implica temperaturas extremas, frecuentes inundaciones y sequías y el aumento de la salinidad del suministro de agua utilizado en la agricultura. La producción de los principales cultivos en el país, como el maní, el arroz, café, cacao y palma han disminuido desde la sequía de 1972/73, que es la primera evidencia real del cambio climático en Nigeria (Ajetomobi, et al, 2011).

El cambio climático ha generado efectos en el rendimiento de los cereales en América Latina. El impacto del cambio climático se da principalmente por el aumento de la temperatura, la cual afecta el rendimiento de todos los cereales evaluados, aunque las precipitaciones igualmente ocasionan efectos negativos sobre el arroz. Los contaminantes presentan efectos variados sobre los rendimientos ya que el metano los disminuye, pero el dióxido de carbono y el óxido nitroso aumenta o disminuye dependiendo del tipo de cereal (López López, 2015).

Como efecto del incremento de temperatura habrá mayor acumulación de grados-día de desarrollo, incremento en temperaturas diurna y nocturna, y evapotranspiración potencial en las cinco zonas productoras de maíz; lo que reducirá el potencial de rendimiento del maíz, especialmente en las zonas tropical y subtropical en México (Ariel et al., 2011). Para recuperar la seguridad alimentaria a lo largo del siglo XXI, México habrá de enfrentar la trilogía: incremento poblacional, cambio climático, y recursos naturales degradados. Lograr con éxito esta tarea solo será posible si el país concede prioridad al campo y desarrolla con urgencia nuevas tecnologías agrícolas para enfrentar los nuevos retos de la producción sustentable de alimentos (Turrent-fernández, Cortés-flores, Espinosa-calderón, & Turrent-thompson, 2016)

El cultivo de trigo en Colombia ha sido afectado por diferentes factores: cambio climático y políticas macroeconómicas que inciden directamente en las

bases de la producción nacional. El área sembrada y la producción que el país reporta, reflejan las consecuencias de las crisis que ha soportado este sector productivo en los últimos años. El área sembrada de trigo en el país desde 1993 presenta una tendencia decreciente que pone en duda la sostenibilidad a futuro. El recorrido histórico en el cual se desarrolló esta revisión muestra un reiterado descuido por parte del Gobierno Nacional en torno a los agricultores que cultivan este cereal (Álvarez Sánchez & Chaves, 2017).

El Altiplano Boliviano es un sitio de producción clave para la quinua. La quinua es el único cultivo que puede crecer en estas duras y áridas condiciones climáticas, debido a la mayor tolerancia del cultivo a los suelos secos y salados. Sin embargo, el Altiplano es altamente susceptible al cambio climático y las crecientes condiciones de sequía proyectadas en la región amenazan la resistencia de este cultivo excepcionalmente tolerante. La quinua proporciona la mayor parte de los medios de subsistencia para los pequeños agricultores rurales en el Altiplano. La pérdida de su producción ha probado tener un profundo efecto sobre el ingreso y el bienestar de los agricultores de la quinua (Liuhto, Mercado, & Aruquipa, 2016).

En Puno la temperatura promedio ha aumentado en 0,8°C durante el periodo 1960-2010, estos cambios tienen efectos negativos altos sobre el rendimiento de los cultivos de papa, habas y maíz, mientras para los cultivos de quinua y cañihua los efectos del cambio climático son positivas. Según las predicciones al 2035, las pérdidas ocasionadas por el cambio climático sobre la agricultura alimentaria ascienden a 0.58% del PIB de Puno 2010. En términos económicos esto equivale aproximadamente a 20 millones de dólares americanos (Tonconi, 2015). La agricultura rural en el Altiplano es vulnerable a los choques relacionados con el clima, que incluyen sequías, heladas e inundaciones. La agricultura de los granos andinos depende de los factores agroclimáticos (Thibeault et al., 2010).

Los principales lugares de cultivo de la 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 cañihua se cultiva en las regiones semiáridas más altas, soporta bien los climas rigurosos con heladas, sequías y bajas temperaturas. Es probablemente el grano que resiste mejor las bajas temperaturas (-3°C), sin afectarse su producción (Repo de Carrasco & Encina, 2008). Este pseudocereal tiene un contenido alto en proteínas 15.3 % y un contenido excepcional de aminoácidos (Calisaya & Alvarado, 2009).

La cañihua es una fuente potencial de compuestos antioxidantes naturales y otros bioactivos importantes para la salud humana (Peñarrieta, J. et al, 2008). Esta planta a causa de su crecimiento en condiciones climáticas extremas, como en el altiplano (4000 m.s.n.m.), probablemente ha desarrollado una protección natural contra la oxidación (Bartolo, 2013). La cañihua es indiferente a la duración de la luz del día y muestra adaptabilidad a diferentes ambientes, requiere de poca humedad, pudiendo tolerar periodos prolongados de sequía, es muy resistente al frío, soportando temperaturas hasta 10°C bajo cero durante la ramificación y,

puede soportar hasta 28°C si cuenta con la humedad necesaria (FAO, 1992).

La cañihua es considerada una “especie olvidada y subutilizada” ya que en la actualidad no existe un total conocimiento de su valor nutricional por parte de la población. Debido a que no se tiene registros de la evaluación de las variedades de cañihua (Huamán Huamán, 2018).

El objetivo de la investigación fue medir el impacto de las variables agroclimáticas: temperaturas máxima y mínima, precipitación máxima y mínima y la humedad relativa sobre el rendimiento de la producción de cañihua en la Provincia de Puno, campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El estudio se realizó en la zona productora de cañihua, en los 14 distritos (Acora, Atuncolla, Amantani, Capachica, Chucuito, Puno, Pichacani, Huata, Tiquillaca, Coata, Platería, Mañazo, Paucarcolla y Vilque) de la Provincia de Puno ubicados en la parte peruana del lago Titicaca; entre 3825 a 4300 msnm.

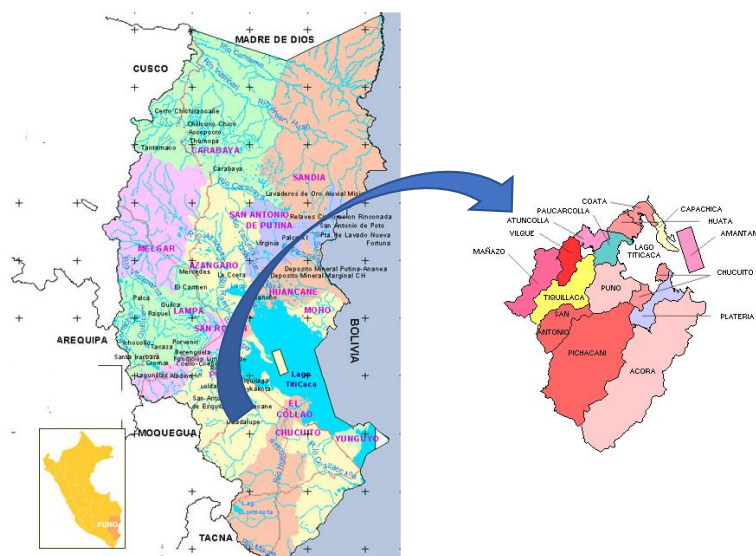


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

Se trabajo con datos estadísticos de la Dirección Regional Agraria Puno, campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017 del rendimiento de la producción de cañihua. La información de las variables como temperaturas máximas y mínimas expresadas en grados Celsius (°C), precipitación en milímetros (mm/mc) y la humedad relativa en porcentajes, han sido proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-Zonal-Puno, 2016). Se trabajo con variables agroclimáticas correspondientes a la campaña agrícola entre los meses de setiembre a mayo de cada año.

En la Tabla 1, se presenta la producción de la cañihua medida en toneladas métricas por hectárea (t/ha); y rendimiento medido en kilogramos por hectárea (kg/ha) de la campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017 en la Región Puno.

Tabla 1:
Producción y rendimiento de cañihua Región Puno campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017

Campaña Agrícola	Producción (Tm)	Rendimiento (kg/ha)
1996-1997	3363.00	644.25
1997-1998	3842.15	682.82
1998-1999	3815.00	696.55
1999-2000	4265.00	701.25
2000-2001	3586.00	653.78
2001-2002	4503.00	708.24
2002-2003	4323.00	704.19
2003-2004	4052.00	684.46
2004-2005	4394.00	737.00
2005-2006	4590.00	782.21
2006-2007	4498.00	778.74
2007-2008	4314.00	768.16
2008-2009	4726.00	778.58
2009-2010	4356.00	776.61
2010-2011	4496.00	799.72
2011-2012	4485.00	795.49
2012-2013	4287.96	766.53
2013-2014	4466.60	779.51
2014-2015	4462.20	795.68
2015-2016	4289.91	776.74
2016-2017	4785.22	838.92

Fuente: Dirección Regional Agraria Puno 2017 (DRA-Puno, 2016).

Mientras en la Tabla 2, se muestra la producción y rendimiento de la cañihua de la Provincia de Puno (área de estudio).

Tabla 2:
Producción y rendimiento de cañihua Provincia de Puno campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017

Campaña Agrícola	Producción (Tm)	Rendimiento (kg/ha)
1996-1997	292.00	648.89
1997-1998	334.00	640.21
1998-1999	260.00	687.83
1999-2000	347.00	694.00
2000-2001	262.00	609.30
2001-2002	334.00	753.95
2002-2003	324.00	739.73
2003-2004	243.00	618.32
2004-2005	344.00	813.24
2005-2006	342.00	802.82
2006-2007	327.00	784.17
2007-2008	360.00	816.33
2008-2009	354.00	799.10
2009-2010	382.00	848.89
2010-2011	389.00	876.13
2011-2012	423.00	901.92
2012-2013	388.00	833.05
2013-2014	419.00	865.70
2014-2015	428.60	904.22
2015-2016	459.70	899.61
2016-2017	398.00	952.15

Fuente: Dirección Regional Agraria Puno,2017 (DRA-Puno, 2016).

Método

La investigación es analítico descriptivo no experimental. El enfoque econométrico utilizado en este estudio se basa en la función de regresión lineal múltiple expresada en la siguiente ecuación:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_7 X_6 + e_i \quad (1)$$

Donde:

Y_T = representa el rendimiento de la producción de la cañihua

β_0 = representa el rendimiento de la cañihua cuando no hay influencia de otros factores

X_1 = representa las temperaturas máximas (medido en grados Celsius)

X_2 = representa las temperaturas mínimas

X_3 = representa las precipitaciones máximas(mm)

X_4 = representa las precipitaciones mínimas

X_5 = representa la humedad máxima (en porcentaje)

X_6 = representa la humedad mínima

e_i = Perturbación aleatoria

Se utilizó el método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para estimar los parámetros del modelo, utilizando el software R Project for Statistical Computing versión 3.5.1 (“R-Project,” 2018).

RESULTADOS

La figura 2, explica el comportamiento de las variables agroclimáticas utilizados para determinar el rendimiento de la producción de la cañihua, las variables: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación máxima, precipitación mínima, humedad máxima y humedad mínima para el periodo 1996-1997 al 2016-2017.

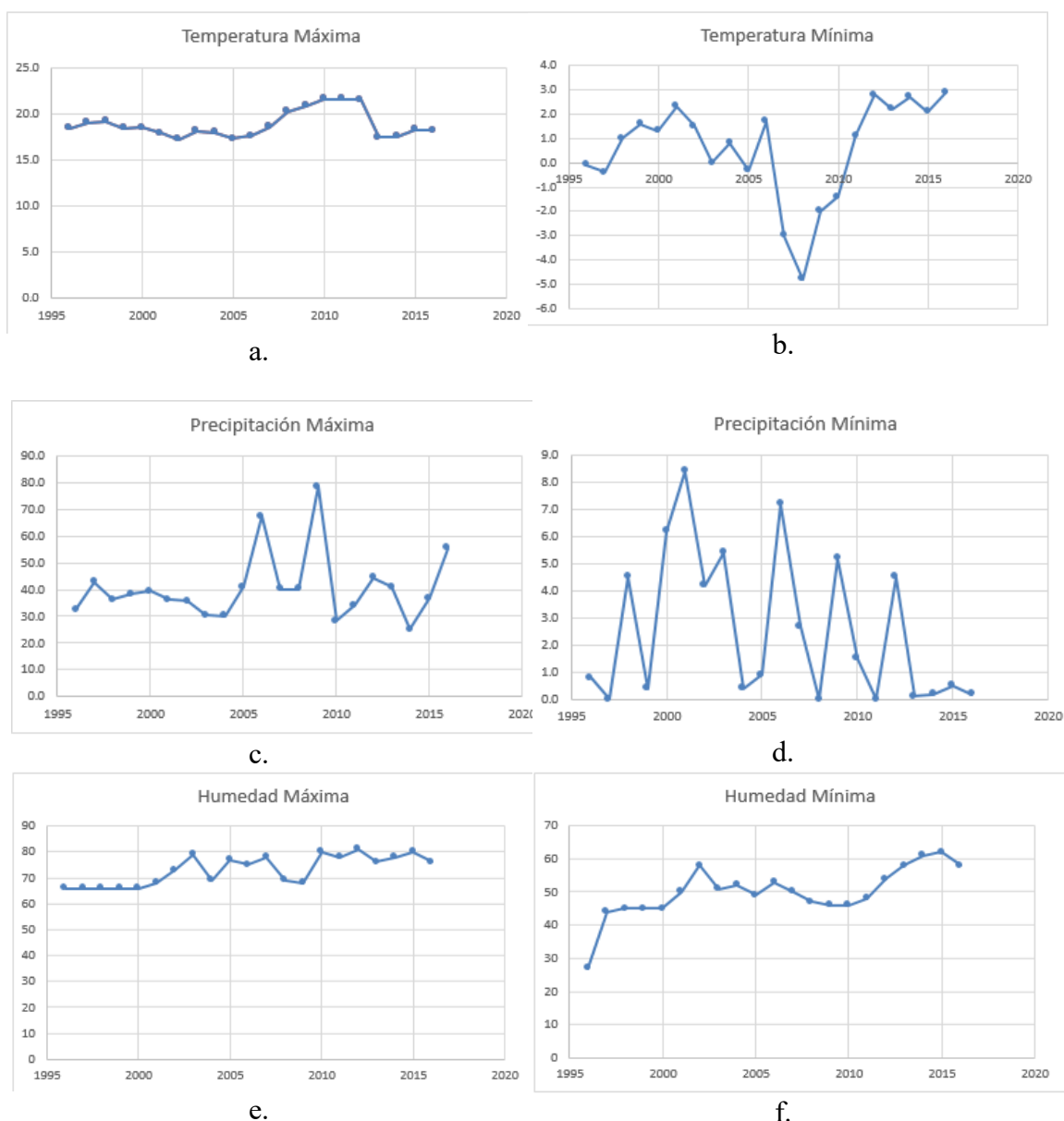


Figura 2. Comportamiento de las variables agroclimáticas

En la figura 3, se presenta el comportamiento de la producción de cañihua en toneladas métricas (t/ha) y el rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha) de la campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017. La

producción tiene una ligera tendencia al crecimiento; mientras que el rendimiento muestra una tendencia de crecimiento casi constante.

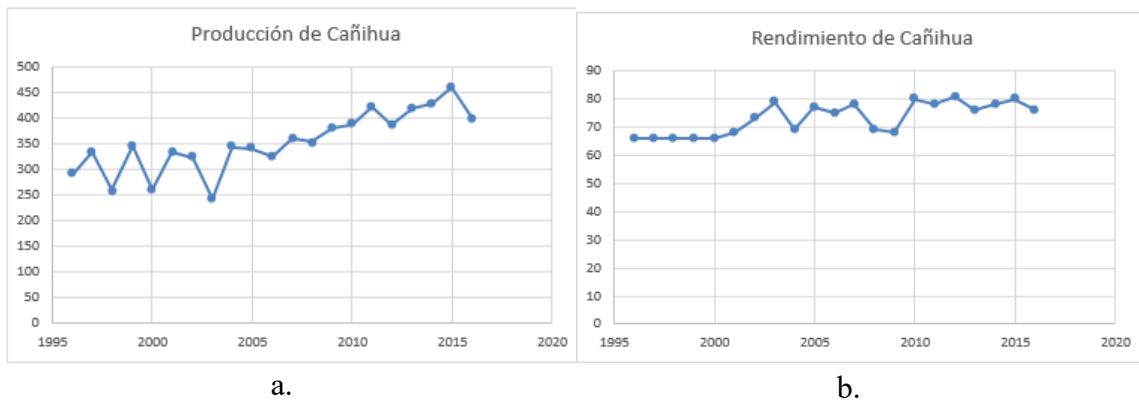


Figura 3. Comportamiento de la producción y rendimiento de la cañihua, campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017.

La figura 4, muestra la matriz de dispersión de las variables agroclimáticas que tienen efecto sobre el

rendimiento de la cañihua.

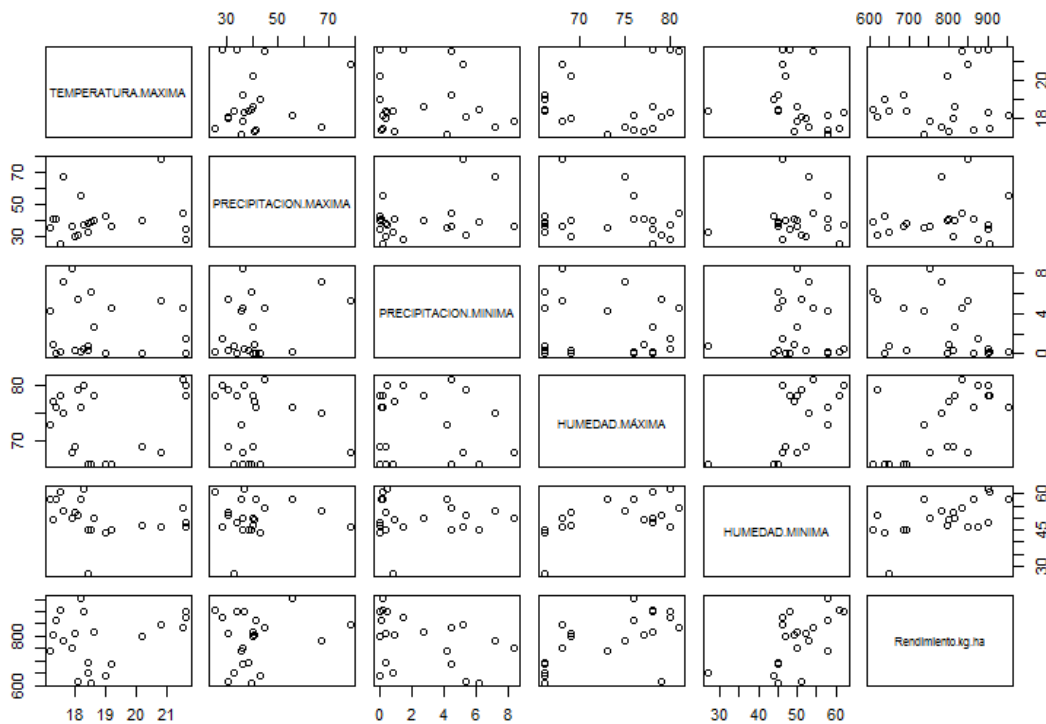


Figura 4. Comportamiento del rendimiento de cañihua y variables agroclimáticas

Elección del mejor modelo:

Se eligió el mejor modelo con el método Stepwise que permite seleccionar el subconjunto de variables

regresoras que deben estar en el modelo de un conjunto mayor de variables, para evitar problemas de multicolinealidad. Los resultados del procedimiento se presentan en la Tabla N° 3

Tabla 3.
Selección del mejor modelo econométrico de rendimiento de cañihua

```

Step: AIC=179.26
Rendimiento.kg.ha ~ HUMEDAD.MÁXIMA + PRECIPITACION.MINIMA + PRECIPITACION.MAXIMA +
HUMEDAD.MINIMA + TEMPERATURA.MAXIMA

              Df Sum of Sq  RSS   AIC
<none>                60419 179.25
- HUMEDAD.MÁXIMA      1   7839.8 68259 179.82
- TEMPERATURA.MAXIMA  1  11215.7 71635 180.83
+ TEMPERATURA.MINIMA  1    635.1 59784 181.03
- PRECIPITACION.MAXIMA 1  14535.5 74955 181.78
- HUMEDAD.MINIMA      1  23849.5 84269 184.24
- PRECIPITACION.MINIMA 1  30616.5 91036 185.86

Call:
lm(formula = Rendimiento.kg.ha ~ HUMEDAD.MÁXIMA + PRECIPITACION.MINIMA +
PRECIPITACION.MAXIMA + HUMEDAD.MINIMA + TEMPERATURA.MAXIMA,
    data = rendimiento)

Coefficients:
      (Intercept)      HUMEDAD.MÁXIMA  PRECIPITACION.MINIMA
      -315.694           4.939          -15.196
PRECIPITACION.MAXIMA  HUMEDAD.MINIMA  TEMPERATURA.MAXIMA
       2.362             6.498           19.017
    
```

Resultados que indican que el rendimiento de la cañihua esta explicada por las variables temperatura máxima, precipitación máxima, precipitación mínima, humedad mínima y humedad máxima, tal como lo confirma el índice de Akaike (AIC) que tiene un valor de 179.26.

La tabla 4, explica el modelo de regresión, donde se percibe que el valor del coeficiente de determinación

R- cuadrado es igual a 0.7141, indicando que el rendimiento de la cañihua está explicada por el modelo en un 71.41% por las variables temperatura máxima, precipitación máxima, precipitación mínima, humedad máxima y humedad mínima. También se aprecia que el ajuste del modelo es altamente significativo puesto que el valor de probabilidad del estadístico F igual a 0.00105 es menor al 1% de significancia.

Tabla 4:
Análisis de Varianza del modelo econométrico de rendimiento de cañihua

```

Call:
lm(formula = Rendimiento.kg.ha ~ ., data = rendimiento2)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-121.478  -29.320   3.165   41.486  110.907

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -315.694    256.318  -1.232  0.2370
TEMPERATURA.MAXIMA  19.017    11.397   1.669  0.1159
PRECIPITACION.MAXIMA  2.362     1.243   1.900  0.0769 .
PRECIPITACION.MINIMA -15.196     5.512  -2.757  0.0147 *
HUMEDAD.MÁXIMA      4.939     3.540   1.395  0.1833
HUMEDAD.MINIMA      6.498     2.670   2.433  0.0279 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 63.47 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7141, Adjusted R-squared:  0.6188
F-statistic: 7.494 on 5 and 15 DF, p-value: 0.00105
    
```

Finalmente, se percibe los coeficientes del modelo, que tienen efectos significativos sobre el rendimiento de la cañihua, las variables precipitación mínima (p-valor igual a 0.0147 < 5% de significancia) y, humedad

mínima (p-valor igual a 0.0279 < 5% de significancia).

El resultado del análisis del rendimiento de la cañihua en relación a las variables agroclimáticas:

$$\begin{aligned} \text{Rend.} = & -315.694 + 19.017(X_1) + 2.362(X_2) - 15.196(X_3) \\ & + 4.939(X_4) + 6.498(X_5) + \hat{\epsilon} \end{aligned} \quad (2)$$

Los resultados indican que el rendimiento de la producción de cañihua en el área de estudio se mantuvo creciente marginalmente. A una variación en una unidad de la temperatura máxima el rendimiento de la cañihua aumentó en 3% manteniendo constante las demás variables. Por otro lado, indica también que por cada variación en una unidad de la precipitación máxima el rendimiento aumentó en 0.34%, asimismo por cada variación en una unidad de la precipitación mínima el rendimiento disminuyó en -2.16%. Finalmente, por cada variación en la humedad máxima el rendimiento de la producción aumentó en 0.70% y, por cada variación en la humedad mínima el rendimiento aumentó en 0.93%. Se observa que la única variable agroclimática que afectó negativamente el rendimiento de la producción de la cañihua, es la precipitación mínima durante la campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017.

DISCUSIÓN

En base a los resultados hallados para la campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017, la cañihua mantuvo su crecimiento a pesar de soportar una temperatura máxima por encima de los 17°C y una temperatura mínima por debajo de los 2°C promedio, una precipitación total 83 mm/mc y, una humedad relativa de 71%. Bajo estas anomalías agroclimáticas, la cañihua por cada variación en una unidad de la temperatura máxima el rendimiento aumentó en 3%, por cada variación en una unidad de la precipitación máxima el rendimiento aumento en 0.34%; la humedad máxima por cada variación en una unidad influyó en 0.70% y, la humedad mínima por cada variación en una unidad contribuyó en 0.93% en el rendimiento de la cañihua. Mientras, la variable precipitación mínima por cada variación en una unidad afecto negativamente el rendimiento de la producción en -2.16%.

En un estudio realizado en Bolivia por (Rodríguez et al., 2017). Una limitación de rendimiento de cañahua es la pérdida de semilla durante las etapas de madurez. En general, los cultivares de cañahua tuvieron un mayor rendimiento en comparación con las variedades locales, pero también una mayor tasa de destrucción de semillas. Las variedades locales pueden usarse en programas de mejoramiento para desarrollar cultivares de alto rendimiento con reducción de la destrucción de semillas. No hubo diferencias significativas entre las plantas de los tipos “lasta” y “saihua”. La raza nativa tuvo significativamente menos pérdida de semillas que los cultivares.

Mientras con otros granos alimenticios como el arroz que fue afectado por el cambio climático, principalmente por el aumento de la temperatura y las precipitaciones en Nigeria (Ajetomobi, J., Abiodun, 2011). En América Latina, el cambio climático ha generado efectos en el rendimiento de los cereales, el impacto fue en el rendimiento del arroz en 0.024% equivalente a 10.13kg/ ha (López López, 2015). En México el rendimiento del cultivo de maíz en zonas subtropicales y valles altos el maíz de temporal es impactado principalmente por alta variación de la temperatura y la escasas de precipitaciones (Ariel et al., 2011). El cultivo de trigo en Colombia ha sido afectado por diferentes factores. Pero principalmente por el cambio climático que incide directamente en el rendimiento de la producción nacional. Con la pérdida del trigo, se disminuye la capacidad de rotación agrícola y la diversidad de productos de la finca. (Álvarez Sánchez & Chaves, 2017).

Sin embargo, en el Altiplano boliviano, la quinua es el único cultivo que puede crecer en estas duras y áridas condiciones climáticas, debido a la mayor tolerancia del cultivo a los suelos secos y salados. El Altiplano es altamente susceptible al cambio climático y las crecientes condiciones de sequía que amenazan la resistencia de este cultivo excepcionalmente tolerante. (Liuhto et al., 2016). Esta afirmación concuerda con los resultados encontrados para la

cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) que es una planta resistente al cambio climático, florece en tierras pobres y rocosas, soportando climas fríos y secos, como los que existen en el altiplano peruano (Repo de Carrasco & Encina, 2008). Estos cultivos tienen una notable adaptabilidad a diferentes regiones agroecológicas. Pueden crecer a humedad relativa de 40 a 80% y, resiste temperaturas de -4°C a 38°C, con precipitaciones de 100 a 200 mm (Gallego, 2014). El amaranto, quinua y cañihua son granos andinos que están ganando interés como alternativas nutritivas sin gluten a los cereales convencionales (Ramos-Díaz, Rinnan, & Jouppila, 2019).

En el proceso fenológico de la cañihua existen otros factores que explican la tolerancia del grano alto andino. Según Mamani, (2016). Los tallos y las hojas, así como las flores están cubiertas por vesículas blancas o rosadas, que protegen a la planta contra las heladas. Las pequeñas flores están cubiertas por las hojas, lo cual les protege contra las bajas temperaturas del altiplano. La cañihua es una planta resistente a plagas y enfermedades posiblemente debido al ambiente donde esta se desarrolla, a más de 4,000 msnm (Carrasco & Acevedo, 2009). Ocasionalmente, puede sufrir síntomas de mildiu o kasawi (hongos) causado por la humedad por exceso de lluvias y, la presencia de khonakhona (insectos) en la etapa de floración y de formación de grano respectivamente, en las hojas de la planta se presentan lesiones con manchas irregulares en el haz y el envés similares al mildiu de la quinua (Apaza, 2010). Cañahua es un pariente semi-domesticado de la quinua (*Chenopodium quinoa*) es tolerante a las heladas, sequías, suelos salinos y plagas (Rodríguez et al., 2017).

Según entrevista a los pequeños productores de la zona de Acora, la cañihua siempre se cultiva después de la cosecha de la papa amarga (variedad ruki), en terrenos denominados huaro-huaros. Esto para defenderse del exceso de lluvias y la humedad de la parcela. La cañihua siempre se cultiva sin pesticidas ni agroquímicos. La cañihua es uno de los

granos andinos poco analizados cuantitativamente. Considerado como una especie olvidada y subutilizada. Esta es una de las conclusiones del VI Congreso Mundial de la Quinua y III simposio Internacional de granos andinos 2017, realizado en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados sobre el rendimiento de la producción de la cañihua, campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017, en relación al cambio climático en la Provincia de Puno; el grano alto andino ha mantenido la tendencia creciente en promedio durante los últimos 20 años, a pesar del cambio climático severo en la región del altiplano, con anomalías positivas (+17°C) y negativas (-2°C) de la temperatura. El rendimiento de la producción de la cañihua por cada variación en una unidad de la temperatura máxima aumentó en 3%, y por cada variación en una unidad de la precipitación máxima promedio influyó en 0.34%. Demanda poca humedad en el ciclo fenológico (40%) por eso que por cada variación en la humedad máxima el rendimiento aumentó en 0.70%. Pero el déficit de precipitación pluvial (16 mm/mc) afecta negativamente el rendimiento de la producción de la cañihua en menos 2.16%. Estos resultados confirman que la cañihua es un grano alto andino que tolera la variación de las variables agroclimáticas en la región. Es una planta alimenticia importante en la seguridad alimentario de la población rural, adaptable al cambio climático de la región del altiplano-Puno.

Finalmente, en el contexto de la Ley Marco del cambio climático en el Perú, se requiere fortalecer las ventajas comparativas que posee la cañihua, grano andino que se cultiva por muchísimo tiempo y, ser el alimento básico en la canasta de consumo de los agricultores del altiplano. La pérdida de su producción, podría tener un impacto negativo en el bienestar de la población rural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajetomobi, J., Abiodun, A. & H. R. (2011). Impactos del cambio climático en la agricultura de arroz en Nigeria. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales*, 14(2).
- Álvarez Sánchez, D., & Chaves, D. M. (2017). El cultivo de trigo en Colombia: Su agonía y posible desaparición. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 125–137. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.77>
- Apaza, V. (2010). *Manejo y mejoramiento de cañihua* (Editorial Altiplano E.I.R.L.Puno,Perú). Puno, Perú.
- Ariel, J., Corral, R., García, G. M., Luis, J., Díaz, R., Ernesto, H., ... Orozco, M. (2011). Redalyc.CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPLICACIONES EN CINCO ZONAS PRODUCTORAS DE MAÍZ EN MÉXICO. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2.
- Bartolo, D. (2013). Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de Investigación Universitaria*, 2, 47–53.
- Calisaya, J., & Alvarado, A. (2009). Aislados proteínicos de granos altiandinos Chenopodiaceas; quinua “*Chenopodium quinoa*” cañahua “*Chenopodium pallidicaule*” por precipitación isoelectrica. *Revista Boliviana de Química*, 26.
- Carrasco, R. de, & Encina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 74(2).
- Carrasco, R., Acevedo, A., & Icochea, J. (2009). Chemical and functional caracterización of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) grain, extrudate and bran. *Plant Foods Hum Nutr*, 64, 94–101. <https://doi.org/doi 10.1007/s11130-009-0109-0>
- DRA-Puno. (2016). Información Estadística *Rev. Investig. Altoandín*. 2019; Vol 21 Nro 2 100 - 110
- Agrícola: Series Históricas del Departamento de Puno.
- FAO. (1992). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cultivos marginados*.
- Gallego, D. (2014). Caracterización química y nutricional de *Chenopodium pallidicaule* (Cañihua) y *Chenopodium quinoa* (quinua) semillas. *Emir.J. Food Agric*, 26(7), 600–615. <https://doi.org/doi:10.9755/ejfa.info/>
- Huamán Huamán, F. de M. (2018). Evaluación del perfil químico - nutricional y actividad antioxidante de tres ecotipos de Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* AELLEN) procedentes de Puno. *Universidad Peruana Cayetano Heredia*. Retrieved from <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/5954>
- Liulto, M., Mercado, G., & Aruquipa, R. (2016). El cambio climático sobre la producción de quinua en el altiplano boliviano y la capacidad de adaptación de los agricultores. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(2), 166–178. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182016000200006
- López López, O. H. (2015). *Efectos del cambio climático en el rendimiento del trigo, el maíz y el arroz en América Latina*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Mamani, F. (2016). *Cultivo de cañahua para la seguridad alimentaria*. UMSA-La Paz, Bolivia.
- Peñarrieta, J. Alvarado, J., Akesson B. & Bergenstahi, B. (2008). Capacidad antioxidante total y contenido de flavonoides y otros compuestos fenólicos en Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): una pseudocereal andino. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700189>
- Pinto, M., & Rojas, W. (2016). Variabilidad genética de la colección del germoplasma de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen de Bolivia). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(2).

- R-Project. (2018). In *Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining*. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7131-2_101010
- Ramos-Diaz, J. M., Rinnan, Å., & Jouppila, K. (2019). Application of NIR imaging to the study of expanded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa. *LWT*, 102, 8–14. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.12.029>
- Rodríguez, J. P., Aro, M., Coarite, M., Jacobsen, S.-E., Ørting, B., Sørensen, M., & Andreasen, C. (2017). Seed Shattering of Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203(3), 254–267. <https://doi.org/10.1111/jac.12192>
- SENAMHI-Zonal-Puno. (2016). Estadísticas variables agroclimáticas de la provincia de Puno, 1990-2017.
- Thibeault, A., Seth, A., & Garcia, M. (2010). Clima cambiante en el Altiplano boliviano: proyecciones CMIP3 para temperaturas extremas y precipitaciones. *Journal of Geophysical Research*, 115(81). <https://doi.org/10.1029/2009JDO.12718.2010>
- Tonconi, J. (2015). Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. *Revista IDESIA*, 33(2), 119–136.
- Turrent-fernández, A., Cortés-flores, J. I., Espinosa-calderón, A., & Turrent-thompson, C. (2016). Cambio climático y algunas estrategias agrícolas para fortalecer la seguridad alimentaria de México * Climate change and some agricultural strategies to strengthen food security in Mexico Resumen Introducción, 7, 1727–1739.