

Impacto del cambio climático en la producción y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la Provincia de Azángaro Región del Altiplano-Puno, Perú

Impacto del cambio climático en la producción y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa WILLD*) en la Provincia de Azángaro Región del Altiplano-Puno, Perú

Eusebio Benique Olivera¹ y Alfonso Ojeda Tito²

Resumen

Este estudio se realizó en la provincia de Azángaro (Región del Altiplano-Puno), con base de datos de la Dirección Regional Agraria Puno, campaña agrícola 1996-1997 a 2016-2017. El propósito fue cuantificar el impacto de las variaciones de la temperatura, precipitación pluvial y la humedad relativa (cambio climático) sobre la producción y rendimiento de la quinua convencional. Los parámetros agroclimáticos fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Puno (Estación Azángaro). Los insumos utilizados como semilla, horas máquina, precio jornal de mano de obra y abono animal fueron recopilados del Censo Nacional Agropecuario 2012. Mediante la función de regresión lineal múltiple se explicó el impacto de las variables, utilizando Software Stata versión 16. Los resultados revelan que la temperatura óptima y la precipitación mínima tuvieron un impacto positivo sobre el rendimiento y producción de la quinua. Otros factores como horas máquina y jornal de la mano obra han contribuido significativamente al rendimiento de la producción del grano andino. Mientras, la semilla y abono animal tuvieron efecto negativo en la producción de la quinua convencional.

Palabras clave: Azángaro, quinua, convencional, temperatura, precipitación, humedad, tolerante.

Abstract

This study was conducted in the province of Azángaro (Altiplano-Puno Region), based on data from the Regional Agrarian Directorate Puno, agricultural campaign 1996-1997 to 2016-2017. The purpose was to quantify the impact of variations in temperature, rainfall and relative humidity (climate change) on the production and yield of conventional quinoa. The agroclimatic parameters were provided by the National Meteorology and Hydrology Service of Puno (Azángaro Station). The inputs used such as seed, machine hours, daily labor price and animal manure were collected from the 2012 National Agricultural Census. A multiple linear regression function was used to explain the impact of the variables, using Stata version 16 software. The results reveal that optimum temperature and minimum rainfall had a positive impact on quinoa yield and production. Other factors such as machine hours and labor wages have contributed significantly to the yield of Andean grain production. Meanwhile, seed and animal manure had a negative effect on the production of conventional quinoa.

Keywords: Azángaro, quinoa, conventional, temperature, precipitation, humidity, tolerant.

Recibido: 19/03/2024

Aceptado: 19/08/2024

Publicado: 29/08/2024

Sección: Artículo Original

***Autor correspondiente:** ebenique17@gmail.com

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), se cultiva desde hace más de 5,000 años atrás en altitudes de más de 4,000 msnm, es una planta de alta montaña, donde el cambio climático está afectando el crecimiento y el rendimiento de los granos andinos. Al respecto, Deepak, K. et al., (2019) descubrieron que los rendimientos de los cultivos en Europa, África Subsariana y Australia habían disminuido en general debido al cambio climático, una variedad de impactos en los rendimientos y la producción de los cultivos en diferentes regiones del mundo. Las trayectorias temporales cambiantes del tiempo. Los impactos y las previsiones de rendimiento de los cultivos asociadas tienen una adaptación clave.

A su vez esto podría afectar la sostenibilidad a largo plazo de la bioeconomía del Medio Oeste de Estados Unidos (McFadden & Miranowski, 2016). En Nigeria el aumento de la temperatura reduciría los ingresos netos para las granjas de arroz de tierras secas, mientras que los ingresos netos aumentan con el aumento de la

¹ Docente de la Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano-Puno-Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2513-3726>

² Docente de la Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano-Puno-Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6662-9464>

Como citar: Benique Olivera, E., & Ojeda Tito, A. (2024). Impacto del cambio climático en la producción y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la Provincia de Azángaro Región del Altiplano-Puno, Perú. *Revista De Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(3), 154-160. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.618>



temperatura para las granjas de riego. La variable precipitación tuvo efectos similares en los ingresos netos del arroz (Ajetomobia et al., 2011). 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 y otros cereales en América Latina (López, 2015). Como resultado de las evaluaciones del impacto del cambio climático en 16 cuencas y 16 cultivos en el Perú: la región andina será afectada negativamente con una disminución del rendimiento de cultivos; se proyecta un aumento de la disponibilidad hídrica en las cuencas del norte del país, con aumentos de la precipitación en las zonas medias y baja de las cuencas y disminución en la zona alta (FAO, 2017).

En el Altiplano se prevé una variación en la estacionalidad de las precipitaciones que puede afectar el cultivo de la quinua, por lo que se requerirá buscar variedades o eco tipos de ciclo corto y promover la adopción de tecnologías de riego más eficientes para paliar los efectos de los escasos hídrica en la época de siembra (Sánchez & Olave, 2019). La pérdida de producción de quinua a causa de la sequía es cada vez más común en el altiplano, y para asegurar la producción sostenible de quinua en el futuro se requiere una fuerte dedicación a los asuntos climáticos en Bolivia (Liuhto, Mercado & Aruquija, 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 (Tonconi, 2015). En la región Puno, son nueve los cultivos más vulnerables al cambio climático, los cuales han reportado mayores pérdidas durante las últimas campañas agrícolas. La quinua no se encuentra entre ellos, más bien tiene flexibilidad y mayor adaptación relativa a los efectos negativos del cambio climático. Puno fue la región con mayor producción nacional de quinua (68%). La provincia de Azángaro, es el primer productor de quinua convencional de la región (MINAGRI, 2013).

Se menciona que la región del altiplano es considerada como una de las zonas más sensibles y perturbadas por la variabilidad climática con implicancias en las actividades del sector agropecuario, hidroeléctrico, minero, etc. En el futuro las condiciones de vida serían afectadas, por el impacto del cambio climático a la actividad agropecuaria que es el principal sustento de la población. Además, afecta a la zona desde la atmósfera, con lluvias, granizadas, heladas; caracterizando un

clima frío y semiseco, con una temperatura promedio anual de 8 °C. (Sanabria, et al., 2009).

El desastre climático no solo afecta los cultivos andinos, sino también los cultivos tropicales como afirma Viguera, et al., (2017) el café es sensible a las condiciones ambientales principalmente, a la temperatura, lluvias y humedad en todas las etapas de su crecimiento y producción de grano. El cambio climático en su extremo genera virus, plagas, enfermedades, la degradación de suelos. El desastre climático, afecta a las poblaciones más necesitadas. Las personas que registran mayores pérdidas relacionadas con el cambio climático pertenecen, mayoritariamente, a los agricultores de bajos ingresos (Acosta & Viale, 2017).

El objetivo del estudio fue cuantificar el impacto de las variables agroclimáticas y, de los insumos productivos empleados en el rendimiento de la producción de quinua convencional en la provincia de Azángaro-Puno, zona productora de quinua.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la provincia de Azángaro, situada a 14°54'24" de latitud sur y 70°11'36" de longitud oeste, sobre una altitud de 3863 msnm. Azángaro, tiene una extensión de 4900 Km², cuenta con 110,392 habitantes, de los cuales 76, 823 población rural (INEI, Censo Nacional de Población y Vivienda, 2017).

Métodos

Los datos recopilados sobre la producción de quinua t/año y rendimiento de quinua kg/ha., en la provincia de Azángaro han sido sometidos a una función de regresión lineal múltiple método econométrico de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO), con variables causales temperatura en Grados Celsius (°C), precipitación pluvial en milímetros (mm) y la humedad relativa en porcentaje. Los factores como pago de jornal/diario, semilla, horas máquina y estiércol, fueron acopiados del Censo Nacional Agropecuario (2012). Para la regresión se utilizó Software Stata versión 16.

Resultados

En la tabla 1, se muestra la producción y rendimiento de quinua a nivel de la provincia de Azángaro, campaña agrícola 1996-1997 a 1997-2018. Se observa una tendencia creciente de la producción y, rendimiento. La producción en promedio fue 5663 TM y, el rendimiento fue 1033 kg/ha promedio. Este incremento continuo durante los 22 años tiene relación con las variables agroclimáticas.

Tabla 1. Producción y rendimiento de Quinua Provincia de Azangaro (1996-2018)

Campaña	Producción (TM)	Rendimiento (Kg/Ha)
1996-1997	2899	824.99
1997-1998	3529	856.55
1998-1999	3594	912.88
1999-2000	3940	936.76
2000-2001	3138	916.74
2001-2002	4858	1092.91
2002-2003	4792	1073.72
2003-2004	4346	1025.24
2004-2005	5150	1178.22
2005-2006	4591	992.65
2006-2007	5047	1027.69
2007-2008	4436	919.19
2008-2009	6908	1219.42
2009-2010	5902	1084.33
2010-2011	5966	1124.86
2011-2012	5881	1035.39
2012-2013	6267	996.66
2013-2014	7630	1095.56
2014-2015	8680	1130.10
2015-2016	8157	1009.60
2016-2017	9501	1168.64
2017-2018	9370	1099.77

Fuente: Dirección Regional Agraria Puno 2018

Tabla 2. Información del SENAMI sistema hidrometeorológico Estación Meteorológica de la Provincia de Azángaro Latitud 14°54'51,7", Longitud: 70°11'26,7", Altitud: 3863 m.s.n.m.

Temp. Máx °C	Temp. Mín °C	Precip. Máx. MM	Precip. Mín. MM	Humedad (%)
17	4	82	17	68
17	5	119	22	66
18	5	66	18	66
17	4	71	19	69
16	4	78	11	66
16	4	119	27	67
16	5	146	33	72
18	4	91	24	75
18	4	86	16	74
18	4	79	15	78
18	4	82	17	80
18	4	80	18	76
17	4	85	20	78
18	4	83	20	77
18	4	74	21	74
17	4	82	14	76
17	4	80	17	72
17	4	115	26	74
17	3	86	19	71
17	3	97	21	68
18	3	88	22	64
18	4	59	19	65

Fuente: Estación Meteorología del distrito de Azángaro.

La tabla 2, muestra las variables agroclimáticas del área de estudio, donde se percibe que la temperatura máxima tiene una tendencia promedio de 16°C, la temperatura mínima un promedio de 4°C, precipitación máxima fluctúa en promedio 108.5 mm, precipitación mínima en 23.5mm y la humedad relativa en 72% promedio. La temperatura óptima para la quinua en

la región del altiplano fluctúa entre 18°C y 3°C y, puede soportar hasta -10°C en determinadas etapas fisiológicas, siendo más tolerante en la ramificación y más susceptible en la etapa de floración y llenado de grano (Torres López, 2014).

Tabla 3. Variables utilizadas en la producción de la quinua, durante la campaña agrícola

Jornal M. de O. (S/.)	Horas/m aq (día)	Semilla kg/Ha	Estiér col/Ha	Comp us/Ha	Biol /Ltr
52	7	12	1500	5000	208
67	7	12	1500	5000	208
64	5	12	1500	5000	200
12	2	6	375	1250	50
65	8	12	1500	5000	208
105	1	18	2250	7500	312
14	5	7	375	1250	55
56	7	14	1500	5000	207
32	3	8	750	2500	55
13	3	3	300	1000	41
108	10	22	2250	7500	312
130	2	25	3000	10000	416
13	1	3	375	1250	502
12	3	4	375	1250	502
65	8	12	1500	5000	208
58	5	13	1500	5000	208
34	4	7	750	2500	96
32	5	8	750	2500	104
120	44	50	6750	22500	936
65	8	12	1500	5000	208
66	8	12	1500	5000	208
110	16	24	3000	10000	416

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario - INEI - 2012

La Tabla 3, muestra los factores o insumos productivos que se emplearon en el proceso de la producción de la quinua: jornal de la mano de obra, horas máquina, semilla, estiércol, compus y, biol que son las variables explicativas de la producción de la quinua.

La función de producción que se presenta, es una función de regresión lineal múltiple, donde la producción de quinua (Y_t) está en función de las variables agroclimáticas: temperatura, precipitación, humedad relativa y las variables productivas. Tal como se muestra en la siguiente función:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + e_t \quad \text{(ecuación 1)}$$

Donde:

- Y_t = Rendimiento de la producción de la quinua en los años de estudio
- β_0 = Rendimiento autónomo de la quinua, cuando no hay influencia de otros factores
- X_1 = Temperatura máxima durante la campaña agrícola
- X_2 = Temperatura mínima durante la campaña agrícola
- X_3 = Precipitación máxima durante la campaña agrícola

X_4 = Precipitación mínima durante la campaña agrícola
 X_6 = Jornal mano de obra
 X_7 = Horas maquina
 X_8 = Semilla kg por hectárea
 X_9 = Estiércol por hectárea
 X_{10} = Compus por hectárea
 X_{11} = Biol por litro
 e_t = Término del error.

Tabla 4. Estimación del modelo para la producción de quinua

```

. regress prod tmax tmin pmax pmin hume jornal_mo horas_maq sem_kg_ha comp_ha biol_lt, r
> obust

Linear regression                               Number of obs   =          22
                                                F(10, 11)      =          36.36
                                                Prob > F       =          0.0000
                                                R-squared      =          0.6290
                                                Root MSE     =          1663.3
  
```

prod	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tmax	394.2459	578.3383	0.68	0.510	-878.6682	1667.16
tmin	-2158.75	402.9808	-5.36	0.000	-3045.705	-1271.795
pmax	4.766529	13.15355	0.36	0.724	-24.18424	33.71729
pmin	91.97765	96.16581	0.96	0.359	-119.6819	303.6372
hume	-27.7445	94.45849	-0.29	0.774	-235.6462	180.1572
jornal_mo	32.46146	29.2114	1.11	0.290	-31.8324	96.75532
horas_maq	206.9474	140.5484	1.47	0.169	-102.3975	516.2924
sem_kg_ha	-93.39254	283.658	-0.33	0.748	-717.7195	530.9345
comp_ha	-.4139184	.8969884	-0.46	0.653	-2.388177	1.56034
biol_lt	3.053737	2.953467	1.03	0.323	-3.4468	9.554274
_cons	6512.069	11530.09	0.56	0.584	-18865.5	31889.63

Fuente: elaborado con base de datos de la DRA-Puno y SENAMHI-2018.

La Tabla 4, revela los resultados de la producción de la quinua convencional donde las variables: temperatura optima, precipitación optima, precipitación mínima y, la humedad relativa tuvo un impacto positivo sobre la producción de quinua. La variable más significativa fue la temperatura optima que por cada incremento en 1°C la producción de quinua aumento en 394%, la precipitación máxima (año lluvioso) por cada mm de precipitación pluvial, la producción de quinua se incrementó en 4.7%. Pero, cuando registró una mínima precipitación (escases de lluvias) la producción aumento en 92% eso implica que por cada mm menos de precipitación la producción aumenta; en cambio el incremento de 1% de la humedad relativa afecto negativamente la producción en -28%. Mientras el uso de insumos explico que por cada hora maquina/día que se incrementó la producción aumento en 206% y, por cada jornal de mano de obra/día la producción de quinua se incrementó en 32%. En cambio, el aumento de kg/ha de semilla tuvo un efecto negativo de -93% en la producción. Igualmente, con el uso de compus, por cada kg/ha incrementado la producción de quinua disminuyo en -0.4%. El incremento de un litro de biol tuvo un efecto positivo en la producción de la quinua en 3%. De manera global, se afirma que,

en estos últimos 22 años, campaña agrícola 1996-2018, las variables exógenas contribuyeron en un 63% en la producción de la quinua.

Según el estadístico F, su valor de probabilidad es 0.0000 es menor al 1% de su significancia.

De manera análoga (Tabla 5) los resultados de las estimaciones donde la variable que mejor explica o influye en el rendimiento de la quinua es la temperatura optima, dado que la quinua es un grano que tiene la propiedad de adaptabilidad a condiciones adversas. El rendimiento de la quinua aumento en 5.657 kg/ha, cuando la temperatura máxima aumento en 1°C y, cuando la temperatura mínima aumento en 1°C el rendimiento disminuyo 70 kg/ha. La precipitación optima también afecto el rendimiento de la quinua; mientras el déficit de precipitación (escases de lluvias) afecto positivamente el rendimiento en 10 kg/ha. La variable humedad relativa también afecto positivamente el rendimiento en 8 kg/ha. Mientras, los parámetros horas máquina, el rendimiento de la quinua aumento en 11 kg/ha. Es la variable que tuvo más impacto en el rendimiento de la quinua.

Tabla 5. Comportamiento de los factores climatológicos y rendimiento de quinua

```
. regress rend tmax tmin pmax pmin hume jornal_mo horas_maq sem_kg_ha comp_ha biol_lt, r
> obust
```

```
Linear regression                Number of obs   =      22
                                F(10, 11)      =      8.28
                                Prob > F          =     0.0008
                                R-squared         =     0.5206
                                Root MSE      =    101.53
```

rend	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tmax	5.657563	30.36521	0.19	0.856	-61.17582	72.49094
tmin	-70.95029	42.57167	-1.67	0.124	-164.6499	22.74931
pmax	-1.489011	.8466889	-1.76	0.106	-3.352561	.3745383
pmin	9.801151	3.495925	2.80	0.017	2.106673	17.49563
hume	7.592054	6.598481	1.15	0.274	-6.931104	22.11521
jornal_mo	.7479139	2.125762	0.35	0.732	-3.930857	5.426685
horas_maq	11.14561	7.425064	1.50	0.161	-5.196841	27.48807
sem_kg_ha	-3.71077	23.60403	-0.16	0.878	-55.66289	48.24135
comp_ha	-.021208	.0498122	-0.43	0.678	-.130844	.088428
biol_lt	.1192519	.2328732	0.51	0.619	-.3932986	.6318023
_cons	615.8599	575.6113	1.07	0.308	-651.0521	1882.772

Fuente: Elaborado con base de datos de la DRA-Puno y SENAMHI-2018.

En suma, los resultados de las estimaciones tanto del crecimiento y rendimiento de la quinua (tabla 4 y 5) se afirma que las variables climáticas y, variables productivas en su conjunto determinan la producción y rendimiento de la quinua en 63% y 53% respectivamente.

Discusión

Los resultados logrados en la presente investigación coinciden con los hallazgos logrados por Apaza et al., (2013) quien destaca la importancia del cultivo de la quinua, por su extraordinaria versatilidad para adaptarse a diferentes pisos agroecológicos. Se adapta a climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -8°C hasta 38°C. Es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm. Por su parte, Tonconi (2015) afirma que las temperaturas máximas y mínimas actuales (16,4°C y 4°C) para los cultivos de quinua y cañihua los efectos del cambio climático son positivos. En relación con las precipitaciones promedio, en épocas de florecimiento, se observa que la producción agrícola alimentaria en todos los cultivos considerados aún no ha alcanzado su requerimiento optimo; es decir, los niveles de precipitación ligeramente inferiores aun no son perjudiciales para los cultivos mencionados en la región Puno. En la misma línea, la investigación de Mamani., (2015) considera que el cultivo de la quinua en la zona alta de Ilave (3880 msnm), soporta una temperatura promedio mínima de 7.6°C y una máxima de 10°C, lo cual indica que el cultivo de quinua es uno de los

cultivos que tolera esta variación de la temperatura y es una buena opción para fomentar la producción.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2013) menciona que son nueve los cultivos más vulnerables a estos fenómenos, los cuales han reportado mayores pérdidas durante las últimas campañas agrícolas. La quinua no se encuentra entre ellos, más bien tiene flexibilidad y mayor adaptación relativa a los efectos negativos del cambio climático.

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). La fuerza de la quinua radica en su gran capacidad de adaptación a la variabilidad climática. El Instituto Nacional Boliviano de Innovación Agropecuario y Forestal (INIAF) clasifico a la quinua entre las 21 semillas más resistentes al cambio climático y una excelente alternativa de cultivo frente al cambio climático (FAO, 2014). Diversos estudios han demostrado que la quinua es tolerante a las heladas, sequías, suelos salinos y plagas (Rodríguez, et al., 2017). La cañihua, grano andino similar a la quinua, toleró anomalías negativas críticas de las variables agroclimáticas de la región. La cañihua es una planta adaptable al cambio climático en la región del altiplano-Puno (Benique, E., 2019).

Con respecto, a las variedades la quinua criolla ha tenido un rendimiento alto y una sensibilidad alta, por lo que el posible efecto del cambio climático no ha sido un

factor preponderante en su rendimiento, ya que la quinua depende mayormente de características genéticas de la variedad. La variedad criolla tiene una mejor adaptación a las condiciones del cambio climático y, estaría respondiendo mejor a las variaciones de los patrones de precipitación. Entre 2013-2014, el rendimiento de la quinua criolla es alta en comparación a las variedades real y negra (Conde, E., 2016).

Conclusiones

Se concluye que la combinación de factores como la temperatura óptima, precipitaciones mínimas, uso de máquina agrícola y jornal de mano de obra tuvieron un impacto positivo en el rendimiento de la producción de quinua convencional en la provincia de Azángaro, campaña agrícola 1996-2018. Otros insumos productivos como la semilla y abono orgánico han influido negativamente en la producción. Esta información es relevante para los pequeños productores de quinua de la zona de Azángaro, para una mejor asignación de recursos frente al cambio climático.

Referencias

- Acosta, A. & Viale, E. (2017). Una verdad incómoda: el cambio climático y el mal desarrollo. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. Vol.19 N° 3, Julio-setiembre
- Ajetomobi, J., Abiodun, A. & Hassan R. (2011). Impacts of climate change on rice agriculture in Nigeria. *Journal Tropical and Subtropical Agroecosystems* Vol 14 N° 2, versión en línea ISSN 1870-0462
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, T. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. www.inia.gob.pe/
- Deepak, K., West, P., Clark, M., Gerber, J., Prishchepov, A. & Chatterjee, S. (2019). El cambio climático probablemente ya afecta la producción mundial de alimentos. Institute on the Environment (IEnE) University of Minnesota, USA. <http://aquaculturealliance.org/advocate/cambio>
- Dirección Regional Agraria-Puno, (2016). Información Estadística Agrícola: Series Históricas del Departamento de Puno.
- Benique-Olivera, E. (2019). Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la región Puno. *Revista de investigaciones altoandinas* 21(2),100-110. <http://dx.doi.org/10.18271/ria2019.454>
- Fairlie, A. (2016). La quinua en el Perú: cadena exportadora y políticas de gestión ambiental. Instituto de Ciencias de la Naturaleza Territorio y Energías Renovables (INTE)-Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).
- FAO, (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Mensaje del presidente de la FAO.
- FAO, (2017). Recomendaciones de políticas públicas para enfrentar el cambio climático y la vulnerabilidad de la seguridad alimentaria.
- Instituto Nacional de Informática e Estadística (2012). Encuesta Nacional de Programas Estratégicos 2012 <http://inei.inei.gob.pe/microdatos>
- Instituto Nacional de Informática e Estadística (2012). IV Censo Nacional Agropecuario.
- Mamani, R (2015). Efectos de cambio climático en la producción del cultivo de quinua en la zona alta del Distrito de Ilave-El Collao. Repositorio Institucional UNA-Puno.
- McFadden, J., & Miranowski, J., (2016). Climate change: challenge and opportunity to maintain sustainable productivity growth and environment in a corn-soybean bioeconomy. *AgBioForum*, 19(2):92-111@2016AgBioForum. Iowa State University
- Sanabria, Y., Marengo, J. & Valverde, M. (2009). Escenarios del cambio climático con modelos regionales sobre el altiplano peruano (Departamento de Puno). *Revista Peruana Geofísica Atmosférica* RPGA, 134-149.
- Sanchez, M., & Olave, J. (2019) ¿Puede el cambio climático afectar la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el altiplano chileno? *Revista IDESIA* vol. 37. Arica mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.4067/50718-34292019005000202>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) 2018. Resumen Técnico del Cambio Climático. Lima-Peru.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-Zonal-Puno (2016). Estadísticas variables agroclimáticas Estación Azángaro, 1990-2017. <https://www.senamhi.gob.pe/>
- Rodríguez, J., Aro, M., Coarite, M., Jacobsen, S. Orting, B., Sorensen, M. & Andreasen, C. (2017).

Destrucción de semillas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Revista de agronomía y ciencia de cultivos, 203(3). <http://doi.org/10.1111/jac.12192>

- Liuhto, 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 (RIIARn) Vol.3(2),166-178. Julio-diciembre. ISSN:25186868
- López, O. H. (2015). Efectos del cambio climático en el rendimiento del trigo, el maíz y el arroz en América Latina. Pontificia Universidad Javeriana.
- Tonconi, J (2015). Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. Revista IDESIA, Vol.33, (2),119-136.Universidad Arturo Prat, Chile. https://scielo.concytec.cl/scielo.php?script=sci_abstrat&pid=S0718-34292015000200014&Ing=en&nrm=iso&tlng=es
- Viguera, B. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. CATIEC, 50.