

Efecto del cambio climático en la producción de papa en la región Puno, 2000-2022

Effect of climate change on potato production in the Puno region, 2000-2022

Wilber Antonio Figueroa Quispe ^{1,*} 

¹ Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca, Perú.

Resumen

El cambio climático es un asunto de importancia que enfrenta el sector agrícola, en particular su influencia en la producción de papa en la región, el objetivo planteado fue: Evaluar la variabilidad de las condiciones climáticas en la Región de Puno durante el período 2000–2022. El estudio aborda el impacto del cambio climático en la producción de papa en la región de Puno, utilizando datos proporcionados por el SENAMHI Puno. Se empleó un muestreo no probabilístico y se aplicó la prueba de correlación de Spearman para investigar las variables climáticas. Los resultados muestran que, existe variabilidad de las temperaturas máximas, temperaturas mínimas y precipitación en la región de Puno en el periodo de estudio; presentando la temperatura mínima más baja de 1,10 °C en el año 2011 y la temperatura mínima más alta de 2,78 en el año 2002; por otro lado, la temperatura máxima más baja fue de 15,81°C en el año 2001 y la temperatura máxima más alta fue de 17,20 °C en el 2021; por otro lado el año con menor precipitación fue el 2006 con 685,64 mm y el año más lluvioso fue el año 2001 con 997,26. Por tanto, del análisis en la variabilidad climática en la región de Puno se concluye que las variables climáticas influyen en el rendimiento de la producción de papa, los resultados indican un aumento gradual en la temperatura máxima a una tasa de 0,02 °C por año, una relativa estabilidad en la temperatura mínima, y una alta variabilidad en la precipitación, sin una tendencia definida.

Palabras clave: climatología, fenología, precipitación, rendimiento, temperatura.

Abstract

Climate change is an important issue facing the agricultural sector, particularly its influence on potato production in the region, the objective set was: Evaluate the variability of climatic conditions in the Puno Region during the period 2000–2022 This study addresses the impact of climate change on potato production in the Puno region, using data provided by the SENAMHI Puno. Non-probabilistic sampling was used and the Spearman correlation test was applied to investigate the climatic variables. The results show that there is variability in maximum temperatures, minimum temperatures and precipitation in the Puno region in the study period; presenting the lowest minimum temperature of 1.10 °C in 2011 and the highest minimum temperature of 2.78 in 2002; On the other hand, the lowest maximum temperature was 15.81°C in 2001 and the highest maximum temperature was 17.20°C in 2021; On the other hand, the year with the least precipitation was 2006 with 685.64 mm and the rainiest year was 2001 with 997.26. Therefore, from the analysis of climate variability in the Puno region, it is concluded that climate variables influence performance. of potato production, the results indicate a gradual increase in the maximum temperature at a rate of 0.02°C per year, a relative stability in the minimum temperature, and a high variability in precipitation, without a defined trend.

Keywords: climatology, phenology, precipitation, yield, temperature.

Recibido: 12 dic. 2024

Aceptado: 08 my. 2024

Publicado: 30 jun. 2024

*Autor para correspondencia: wilberfig@gmail.com

Cómo citar:

Figueroa Quispe, W. A. (2024). Efecto del cambio climático en la producción de papa en la región Puno, 2000-2022. *Revista de Investigaciones*, 13(2), 68-76. <https://doi.org/10.26788/ri.v13i2.6231>

Introducción

El cambio climático, un fenómeno global causado principalmente por actividades humanas, ha transformado profundamente los patrones climáticos en todo el mundo (IPCC, 2013). La variabilidad en la temperatura, la precipitación y otros factores climáticos ha tenido impactos significativos en la agricultura, especialmente en regiones vulnerables como el altiplano andino, donde la producción de papa es crucial tanto para la seguridad alimentaria como para la economía local (Aliaga et al., 2017; Arrieta y Arpi, 2021).

La papa (*Solanum tuberosum*), un cultivo originario de los Andes, es particularmente sensible a las variaciones climáticas (Bradshaw, 2009). En la región de Puno, el cambio en los patrones de temperatura y precipitación ha alterado significativamente el calendario agrícola, aumentando la incidencia de fenómenos extremos como heladas y sequías (Quispe, 2015; MINAGRI, 2019). Estos cambios no solo afectan el rendimiento de los cultivos, sino también su calidad, lo que podría tener implicaciones graves para la seguridad alimentaria a nivel global (Fischer et al., 2007; Mendelsohn y Schlesinger, 2017).

Las alteraciones en la temperatura pueden llevar a un aumento en la prevalencia de enfermedades y plagas, como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), que prospera en condiciones de alta humedad (Hijmans, 2003; Kirk et al., 2013). Además, los cambios en la precipitación pueden afectar la disponibilidad de agua para riego, un factor crítico en la agricultura de subsistencia que predomina en la región (FAO, 2010; CEPAL, 2017).

En el contexto de las regiones andinas, donde la altitud juega un papel crucial en la determinación de las condiciones climáticas, los impactos del cambio climático son aún más complejos (Vuille et al., 2008). Las áreas montañosas, como el altiplano peruano, experimentan una variabilidad climática extrema, lo que agrava los desafíos para la producción agrícola (Sosa, 2015; Useros, 2013). Según Bradley et al. (2006), los glaciares andinos han disminuido drásticamente en las últimas

décadas, lo que afecta la disponibilidad de agua para el riego y, por ende, la producción de cultivos.

La papa, un cultivo de gran importancia económica y cultural en los Andes, enfrenta un futuro incierto bajo las condiciones climáticas cambiantes (Lutaladio y Castaldi, 2009; Zuñiga et al., 2017). Investigaciones sugieren que el aumento de las temperaturas podría desplazar las áreas aptas para el cultivo de papa hacia altitudes más altas, lo que podría limitar la extensión de las tierras agrícolas disponibles (Caldiz 2004; Fischer et al., 2007).

Por otro lado, la comunidad científica ha señalado la importancia de desarrollar variedades de papa más resistentes a las condiciones climáticas adversas y de implementar prácticas agrícolas sostenibles (Devaux et al., 2014; Hijmans, 2003). Estas estrategias son fundamentales para mitigar los efectos del cambio climático en la producción de papa y garantizar la seguridad alimentaria en la región de Puno (Mansilla, 2012; Martinez-Baron et al., 2018).

Además, el manejo del suelo y el uso eficiente del agua son aspectos clave para la adaptación al cambio climático en la agricultura andina (PROCISUR, 2011; SENMAHI, 2011). Según Pabón (2003), la adopción de tecnologías agrícolas adecuadas y la conservación de los recursos naturales serán cruciales para enfrentar los desafíos que plantea el cambio climático en esta región.

Finalmente, la adaptación al cambio climático no solo debe centrarse en aspectos técnicos, sino también en la mejora de las capacidades locales para gestionar los riesgos climáticos (Flores, 2018; Galindo, 2010). Esto incluye la educación y capacitación de los agricultores, así como el fortalecimiento de las políticas públicas orientadas a la agricultura sostenible (Helwig et al., 2002; Aldana, 2017). Investigaciones recientes sugieren que la diversificación de cultivos y la implementación de sistemas agroforestales también podrían ser estrategias efectivas para aumentar la resiliencia de la agricultura andina frente al cambio climático (Lobell et al., 2008; Morales et al., 2021).

Métodos

La Región Puno se encuentra en la zona montañosa del sur del país, situada a una altitud de 3817 metros sobre el nivel del mar (Gobierno regional de Puno, 2021). Esta región consta de 13 provincias: Puno, Azángaro, Carabaya, Chucuito, El Collao, Huancané, Lampa, Melgar, Moho, San Antonio de Putina, San Román, Sandía y Yunguyo. La topografía es accidentada, con la mayoría de las ciudades ubicadas en zonas elevadas de la sierra (Helwig et al., 2002).

La extensión territorial de la región es de aproximadamente 75,627.65 km², representando el 5,6 % de la superficie total del país. Dentro de esta área se incluyen 14,50 km² de lagos e islas, así como 4,996.28 km² correspondientes al Lago Titicaca en la parte peruana. La población de la región supera el millón de habitantes.

Figura 1

Zona de estudio 1 Zona de estudio



Nota. Extraído de Google

Los límites geográficos de la Región Puno son los siguientes:

Al norte: Limita con el departamento de Madre de Dios.

Al sur: Limita con el departamento de Tacna.

Al este: Limita con la República de Bolivia.

Al oeste: Limita con los departamentos de Cusco, Arequipa y Moquegua.

La ubicación geográfica se especifica entre las coordenadas 13°00'00" y 17°17'30" de latitud sur, y entre los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich (INEI, 2023).

Descripción de Métodos

La investigación realizada corresponde al tipo cuantitativo experimental, se emplea el muestreo no probabilístico que se basa en criterios específicos relacionados con los registros de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación desde el año 2000 hasta el año 2022 de la región de Puno (Vignola et al., 2017).

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, este enfoque implica la recopilación y evaluación de datos numéricos para explorar las relaciones entre las variables estudiadas, permitiendo la extracción de conclusiones mediante el uso de técnicas estadísticas (Hernández et al., 2014). Con el propósito de evaluar la variabilidad de las condiciones climáticas en la Región de Puno durante el período 2000–2022, se adopta un enfoque cuantitativo centrado en el análisis de datos numéricos. La investigación se fundamenta en la recopilación de información climática proporcionada por SENAMHI para el periodo de 2000 a 2022.

Variables Analizadas

La temperatura máxima, se refiere al valor más alto de la temperatura del aire registrado en un día determinado, generalmente expresado en grados Celsius (°C).

La temperatura mínima, por su parte, indica el valor más bajo registrado de la temperatura del aire durante un día específico, también medido en grados Celsius (°C).

La precipitación, corresponde a la cantidad de agua que cae en forma de lluvia, nieve, granizo u otras formas sobre una superficie durante un período definido, y usualmente se mide en milímetros (mm) (SENAMHI, 2017).

Prueba Estadística Aplicada

El método empleado en la investigación fue de naturaleza descriptiva y aplicada, empleando el uso de gráficos, promedios, valores máximos y mínimos de las variables de analizadas y esta encuentra en cada etapa del proceso de construcción de los modelos. A través del paquete estadístico *R studio* versión 4,3 y Python.

Hipótesis Nula (H_0): No hay correlación entre la producción de papa y las temperaturas en la región de Puno.

Matemáticamente, esto se expresa como $\rho=0$, donde ρ es el coeficiente de correlación de Spearman.

Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una correlación (positiva o negativa) entre la producción de papa y las temperaturas en la región de Puno.

Esto implica que $\rho \neq 0$, es decir, el coeficiente de correlación de Spearman no es igual a cero.

Nivel de significancia: 5 % = 0,05

Estadístico de Prueba

Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar la relación entre dos variables no paramétricas (temperatura máxima, temperatura mínima y precipitaciones). Dado que estamos interesados en la correlación entre dos variables no paramétricas, el coeficiente de correlación de Spearman evalúa la asociación monotónica entre dos variables ordinales o de intervalo (Ñaupas et al., 2018).

Resultados y Discusión

Determinación del Cambio Climático de la Región Puno

Para realizar el análisis, discusión e interpretación de las condiciones climáticas de la región de Puno, se tiene datos necesarios proveídos por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), con estos datos se tiene una visión

completa de las condiciones climáticas en la región de Puno conformada por sus 13 provincias el cual se detalla en la siguiente (Tabla 1).

El análisis de los datos de la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación para la región de Puno durante el período 2000–2022, revela fluctuaciones significativas en las temperaturas máximas, mínimas y en la precipitación, lo que concuerda con las tendencias globales del cambio climático (Tabla 1).

Del análisis de temperatura de la región Puno, periodo 2000 – 2022, se aprecia fluctuaciones. Durante este período, la temperatura mínima más baja registrada fue de 1,10 °C en 2011, mientras que la más alta fue de 2,78 °C en 2002. Por otro lado, la temperatura máxima más baja se registró en 2011 con 15,81 °C, y la más alta en 2021, alcanzando los 17,20 °C. En cuanto a la precipitación, el año con menor registro fue 2006 con 685,64 mm, mientras que el más lluvioso fue 2001 con 997.26 mm. (Tabla 2).

Los resultados indican un aumento gradual en la temperatura máxima a una tasa de 0,02 °C por año, una relativa estabilidad en la temperatura mínima, y una alta variabilidad en la precipitación, sin una tendencia definida (Figura 2).

Durante el período analizado, la temperatura máxima de los años 2000 a 2022, muestra una oscilación entre aproximadamente 15,81 °C (en 2001) y 17,20 °C (en 2021). Esto muestra cierta variabilidad, pero en general se observa una tendencia leve al aumento desde principios de la década de 2000 hasta mediados de la década de 2010, seguido por fluctuaciones menores. Por otro lado, la temperatura mínima es ligeramente estable lo cual implica un menor cambio, pero aún en línea con las proyecciones de cambio climático. Mientras que la temperatura máxima posee un aumento gradual (0,02 °C/año), lo cual refleja un posible calentamiento global a largo plazo y por otro lado la precipitación posee tendencia variable lo cual implica que no refleja una tendencia (Figura 2).

Tabla 1

Datos históricos de la Temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación de la región de Puno periodo 2000–2022

Años	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)
2000	16,11	1,80	758,54
2001	15,81	2,32	997,26
2002	15,89	2,78	968,44
2003	16,31	1,77	820,74
2004	16,23	1,87	750,20
2005	16,72	1,60	724,64
2006	16,57	2,07	762,73
2007	16,75	2,44	720,22
2008	16,76	1,25	712,85
2009	17,08	1,77	685,64
2010	16,87	1,46	733,28
2011	16,40	1,10	970,35
2012	16,25	2,26	859,65
2013	16,58	2,16	802,83
2014	16,83	2,33	737,32
2015	16,86	2,35	733,25
2016	16,71	2,32	775,99
2017	16,89	2,48	732,51
2018	16,80	2,10	728,15
2019	16,89	2,04	712,48
2020	17,15	2,19	734,36
2021	17,20	2,53	817,22
2022	17,18	2,37	808,02

Fuente: SENAMHI (2020)

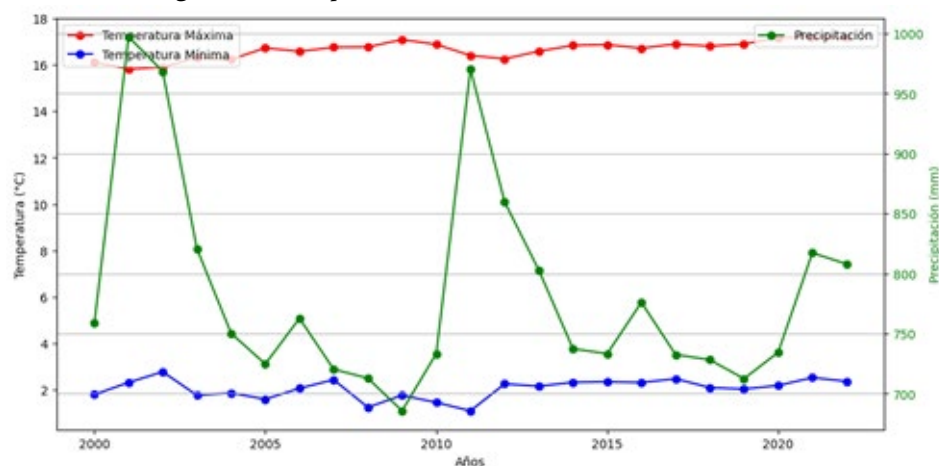
Tabla 2

Análisis de la Temperatura de la región de Puno, periodo 2000–2022

Análisis	Año	valor
Temperatura mínima más baja	2011	1,10 °C
Temperatura mínima más alta	2002	2,78 °C
Promedio de temperatura mínima	\bar{X}	2,06
Temperatura máxima más baja	2001	15,81 °C
Temperatura máxima más alta	\bar{X}	17,20 °C
Promedio de temperatura máxima	\bar{X}	16,64
El año más seco o menor precipitación	2009	685,64 mm
el año más lluvioso	2001	997,26 mm
Promedio de precipitaciones	\bar{X}	784,64

Figura 2

Serie histórica de la temperatura máxima, temperatura mínima en °C y precipitaciones en mm de la región de Puno periodo 2000–2022



Discusión

La variabilidad climática en la región de Puno, evidenciada por un aumento gradual en las temperaturas máximas y fluctuaciones en las precipitaciones, refleja patrones observados en otros estudios. Quispe (2015) reporta un incremento anual en las temperaturas máximas de 0,04 °C, mientras que las temperaturas mínimas permanecen sin cambios significativos, aunque las temperaturas medias muestran un ligero aumento de 0,025 °C por año. De manera similar, Caira et al. (2021) encontraron que las temperaturas máximas aumentan en promedio 0,05 °C por año, con un aumento leve de 0,028 °C en las temperaturas medias anualmente, y sin variaciones notables en las mínimas. Errero y César (2015), al analizar datos de precipitación en la provincia de Pichincha, Ecuador, proyectó un aumento de la temperatura de 0,4 °C para el periodo 2020–2049, lo que subraya la tendencia al calentamiento en distintas regiones. Sovero Molero et al. (2019) advirtió que, a partir de 2025, los impactos climáticos podrían ser comparables o más intensos que en décadas anteriores, con proyecciones para Perú que indican un aumento de más de 3 °C en la temperatura promedio para 2099. Estos incrementos podrían llevar a cambios significativos en la demanda hídrica de los cultivos debido a la mayor evapotranspiración. Además, Früh et al. (2016) señalaron que el cambio climático ha provocado un aumento de 0,5 °C en la temperatura global hacia finales del siglo XX,

afectando los patrones regionales de humedad y precipitación. Maccracken (2009) destaca un aumento promedio de 0,1 a 0,2 °C por década en la temperatura global debido al cambio climático, mientras que Manole y Bazgă (2011) proyectan un incremento de 1,5 a 4,5 °C para 2050 debido al efecto invernadero. Finalmente, Hijmans (2003) estima que la temperatura global podría aumentar entre 2,1 y 3,2 °C para 2040–2069, lo que podría reducir los rendimientos de papa en un 18 – 32 % sin adaptación, subrayando la necesidad de implementar medidas de adaptación para mitigar los efectos del cambio climático en la producción agrícola en Puno y otras regiones. Por otro lado, (Chowdhuri y Gupta, 2023) resaltan en su estudio que el incremento de las temperaturas globales es una consecuencia directa y significativa del cambio climático. Según sus proyecciones, se espera que las temperaturas globales aumenten en aproximadamente 1,5 °C para finales del siglo XXI. Este pronóstico subraya la urgencia de abordar los efectos del cambio climático, ya que un incremento de esta magnitud podría tener repercusiones sustanciales en los sistemas ecológicos y en la agricultura, exacerbando los desafíos relacionados con la producción de alimentos y la estabilidad climática global.

Conclusiones

El análisis de la variabilidad climática en la región de Puno revela cambios significativos en las temperaturas máximas y mínimas, así como en

la precipitación durante el periodo de estudio. La temperatura mínima más baja registrada fue de 1,10 °C en 2011, mientras que la más alta fue de 2,78 °C en 2002. En cuanto a las temperaturas máximas, el rango fue de 15,81°C en su punto más bajo y de 17,20 °C en su punto más alto en 2021. Las precipitaciones también mostraron una marcada variabilidad, con un mínimo de 685,64 mm en 2006 y un máximo de 997,26 mm en 2001. Estos datos reflejan una tendencia general de aumento gradual en las temperaturas máximas, con una tasa de incremento de aproximadamente 0,02 °C por año, mientras que las temperaturas mínimas se mantienen relativamente estables.

La región de Puno está experimentando un cambio climático significativo, caracterizado por un aumento gradual en las temperaturas máximas y una notable variabilidad en las precipitaciones. Estos cambios, aunque sutiles, están afectando la producción agrícola, especialmente el cultivo de la papa. Las temperaturas mínimas, aunque estables, también juegan un papel crucial en este contexto.

Las tendencias observadas en Puno son consistentes con patrones similares reportados en otras regiones, lo que sugiere una posible aceleración en el calentamiento global. Este fenómeno global anticipa un futuro en el que la agricultura se enfrentará a desafíos cada vez mayores, con impactos potenciales en la demanda hídrica debido a una mayor evapotranspiración. Proyecciones a largo plazo indican que, sin medidas de adaptación adecuadas, los rendimientos de papa podrían disminuir considerablemente.

Es crucial desarrollar y aplicar estrategias efectivas que mitiguen los efectos negativos del cambio climático en la producción de papa. La implementación de medidas basadas en la ciencia es esencial para asegurar la sostenibilidad de la agricultura en Puno y garantizar que pueda adaptarse a las nuevas realidades ambientales. La resiliencia de la producción de papa frente al cambio climático dependerá de la capacidad de la región para adoptar estas medidas, asegurando así la seguridad alimentaria y el bienestar económico a largo plazo.

Agradecimientos

A la Dirección Agraria Puno – DRAP, INIA, SENAMHI Puno, por brindarme la información respectiva que ha coadyubado en la realización de la investigación.

Referencias

- Aliaga, S., Terrazas, F., & Ortuño, N. (2017). Estrategias ecológicas para el manejo del tizón tardío de la papa. *21*(1), 1–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6121419>
- Arrieta, Y.-C., & Arpi, R. (2021). Efecto del cambio climático sobre el rendimiento agrícola de los principales productos en la región Puno: periodo 1964-2019. *Semestre Económico*, *10*(2), 59–71. <https://doi.org/10.26867/se.2021.v10i2.120>
- Belizario Quispe, G. (2015). Impactos del cambio climático en la agricultura, *Puno*. 051, 144.
- Caira, C. M., Lopez, C., & Carhuarupay, Y. F. (2021). Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata-Puno, Perú. *Revista Alfa*, *5*(14), 285–296. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.118>
- Caldiz, D. O., & Gaspari, F. J. (1997). Análisis de los factores determinantes del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*) con especial referencia a la situación Argentina. *Revista de La Facultad de Agronomía*, *102*, 203–229.
- CEPAL. (2017). Estadísticas e indicadores de cambio climático: una perspectiva latinoamericana y caribeña. https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/2017-12-brasil_rayen-quirola_pablo-merino-cepal_10_2.pdf
- Chowdhuri, A., & Gupta, C. K. (2023). Gauging the Assessment of Some Anthropogenic Factors Driving Climate- Change. *Current World Environment*, *18*(2), 614–636. <https://doi.org/10.12944/cwe.18.2.16>

- Errero, H., & César, J. (2015). *Graficas P'y U' de Laney*. 20(1), 16.
- Fischer, G., Tubiello, F. N., van Velthuis, H., & Wiberg, D. A. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990-2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1083-1107. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.05.021>
- Flores, R. C. (2018). El cambio climático en las representaciones sociales de los estudiantes universitarios. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 20(1), 122-132. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1443>
- Früh, B., Wirth, V., Egger, J., Pfeiffer, A., & Schipper, J. W. (2016). Precipitation and temperature. In *Regional Assessment of Global Change Impacts: The Project GLOWA-Danube* (pp. 251-260). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16751-0_32
- Galindo, L. M. (2010). La Economía del Cambio Climático en México.
- Gobierno regional de Puno. (2021). Plan De Desarrollo Regional Concertado Puno Al 2021 Región. In *Plan De Desarrollo Regional Concertado Puno Al 2021 Región*.
- Helwig, N. E., Hong, S., & Hsiao-wecksler, E. T. (2002). Variedades Nativas y mejoradas de papas nativa en Puno. 120.
- Hernández, R. H., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (McGRAW-HILL, Ed.; 6ta edición).
- Hijmans, R. J. (2003). The Effect of Climate Change on Global Potato Production. In *J of Potato Res* (Vol. 80).
- INEI. (2023). Compendio estadístico. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/5373689-compendio-estadistico-puno-2023>
- IPCC. (2013). Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf
- Lutaladio, N. B., & Castaldi, L. (2009). Potato: The hidden treasure. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 491-493. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.05.002>
- Maccracken, M. C. (2009). The Increasing Pace of Climate Change. 28(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10485230909509197>
- Manole, V., & Bazgă, B. (2011). The impact of climate changes on agriculture and food security. *Quality-Access to Success*, 12(SUPPL.1), 93-99. <https://doi.org/10.48047/intjcesse/v14i1.485>
- Mansilla, E. (2012). Plan de gestión de riesgos climáticos en la margen derecha del rio Mapacho. 39 p. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000225966>
- Martinez-Baron, D., Orjuela, G., Renzoni, G., Loboguerrero Rodríguez, A. M., & Prager, S. D. (2018). Small-scale farmers in a 1.5°C future: The importance of local social dynamics as an enabling factor for implementation and scaling of climate-smart agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 31(March), 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.013>
- Mendelsohn, R., & Schlesinger, M. (2017). Climate response functions. June. <https://www.researchgate.net/publication/285027177>
- Ñaupas, H., Marcelino, P., Valdivia, R., Jesús, D., Palacios, J., Hugo, V., & Delgado, E. R. (2018). Bogotá-México, DF 5ta.Edición Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis.
- Pabón, J. D. (2003). El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 0(12), 111-119. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/10277>

- PROCISUR. (2011). Agricultura familiar y cambio climático en el MERCOSUR ampliado. 69. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/E2266CE4A9B691C805257C01007C1425/\\$FILE/PROCISUR-COPROFAM.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/E2266CE4A9B691C805257C01007C1425/$FILE/PROCISUR-COPROFAM.pdf)
- SENAMHI. (2017). Ficha técnica agroclimática. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/272>.
- SENMAHI. (2019). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de la papa. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419894/ficha-tecnica-01-cultivo-de-la-papa.pdf>
- Sosa, F. (2015). Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. *Revista Internacional De Estadística Y Geografía*, 6(2), 4–23. https://rde.inegi.org.mx/rde_15/doctos/rde_15_art1.pdf
- Sovero Molero, G., Dueñas Peña, E., Vidal Castillo, L. H., & Zavaleta Gibaja, T. L. (2019). Investigación Formativa. *El Antoniano*, 131(1), 139–144. <https://doi.org/10.51343/anto.v13i1.71>
- Useros, J. (2013). El Cambio Climático: sus causas y efectos medioambientales. *Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, 50, 71–98.
- Vignola, R., Watler, W., Vargas, A., & Morales, M. (2017). Ficha técnica cultivo de papa. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>
- Zuñiga, S., Morales, C., & Estrada, M. (2017). Cultivo de la papa y sus condiciones climáticas. *Gestión Ingenio y Sociedad*, 2(2), 140–152. <http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/60>

