

INCERTIDUMBRE EN ACCIONES PARA MITIGAR LOS IMPACTOS DE LAS SEQUÍAS ASOCIADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN PUNO

Ricardo Zubieta ¹, Wilber Laqui ², Yerson Ccanchi ¹, Jose Sinticala ^{1,2}

¹ Instituto Geofísico del Perú

² Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano

Palabras clave: Sequías, Medidas de adaptación, Cambio climático, El Niño, Impacto.

Citar como: Zubieta, R., Laqui, W., Ccanchi, Y, Sinticala, J.M. (2025). Incertidumbre en acciones para mitigar los impactos de las sequías asociadas al cambio climático en la región Puno. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, vol. 12 n.o 04, págs. 12-17.

¿Cuál es la **contribución** de esta investigación para los tomadores de decisiones?*

El artículo ofrece una discusión de las principales iniciativas de entidades gubernamentales en la región Puno para incrementar la capacidad de almacenamiento hídrico con fines de uso poblacional y agrícola. Ante posibles sequías futuras en contexto de cambio climático, la construcción de reservorios representan intervenciones clave, para el desarrollo de la región Puno. Las intervenciones de proyectos de siembra y cosecha de agua también podrían ser valiosas para la adaptación al cambio climático, pero es importante reducir las incertidumbres sobre su efectividad. En este contexto, se resalta la importancia de estudios hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, exploración geofísica que reduzca la incertidumbre acerca de los impactos de estas intervenciones en los ecosistemas.

Resumen

Los cambios en la intensidad, duración y frecuencia de las sequías en contexto al cambio climático implica llevar a cabo una serie de estrategias para reducir los impactos a la población e incrementar su resiliencia.

Este artículo analiza una serie de documentos e investigaciones para caracterizar las posibles incertidumbres que acarrearán el implementar medidas de adaptación vinculadas al almacenamiento hídrico en zonas del Altiplano. El artículo brinda una discusión preliminar de las ventajas y posibles necesidades de información para contribuir con mejorar la gestión de los recursos hídricos.

1. Introducción

A diferencia de la costa norte del Perú, donde El Niño implica condiciones propicias para intensas lluvias, el sur del Perú puede presentar sequías (Lavado and Espinoza, 2014). Una sequía meteorológica puede ser definida como una reducción de la cantidad de lluvia que precipita en niveles por debajo de lo normal en un periodo de tiempo prolongado (Duan et al., 2014). En las últimas décadas, Sudamérica ha sido frecuentemente afectada por eventos de sequías debido a complejas características topográficas y la alta variabilidad hidroclimática (Marengo and Espinoza, 2015), el cual también ha sido el caso del Altiplano Peruano Boliviano (Vicente-Serrano et al.,

2014). La sequía en el Altiplano está asociada a eventos cálidos de El Niño (Garreaud y Aceituno, 2001; Gutierrez et al., 2024), ya que durante El Niño, las lluvias tienden a reducirse en el Altiplano (Lavado and Espinoza, 2014). Las sequías de 1940/41, 1956/57, 1965/67, 1982/83 pueden ser consideradas las más severas y prolongadas (Caviedes, 2001; SENAMHI, 2021) y sus impactos fueron diversos. Por ejemplo, afectó a 460,000 agricultores durante el periodo 1982/1983 (Rocha 2007). Estas sequías produjeron pérdida de cultivos, muerte de ganado, incremento de enfermedades que afectaron principalmente a pequeños productores agrícolas, necesidad de ayuda extranjera, desabastecimiento de alimentos en mercados, migración a otras regiones, entre otros (Noticias de El Comercio, La Prensa de la época).

Ante escenarios de cambio climático se proyectan cambios en la intensidad, duración y frecuencia de las sequías, para el periodo 2034-2064 en el Altiplano, se recomienda que la región adopte estrategias para incrementar la resiliencia de la población para contrarrestar los efectos durante el periodo de sequías o sin lluvias (Zubieta et al., 2021). En este artículo, la resiliencia es referida a la capacidad de los sistemas socio-económicos y ambientales para poder afrontar un suceso, tendencia o perturbación de clima (Ley 30754). Asimismo, el retroceso glaciar de alrededor del 51% estimado en la cordillera Apolobamba en los últimos 30 años en Puno (Laqui et al., 2023), evidencia aún más la importancia de estas estrategias de adaptación en las próximas décadas para reducir los impactos de las sequías en el Altiplano peruano.

En el Perú, la adaptación al cambio climático es referido al proceso de ajuste ante el clima real o proyectado y sus efectos en sistemas humanos o naturales, a fin de limitar los daños con finalidad de garantizar un territorio resiliente y sostenible (Ley, 30754). Conforme a lo establecido en 2020 ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El Ministerio del Ambiente ha propuesto 84 medidas de adaptación en las áreas prioritizadas como agua; agricultura; bosques; pesca y acuicultura; y salud (MINAM, 2023). En ese contexto, el área temática Agua, describe una serie de medidas prioritarias, tales como: (a) Mejoramiento y construcción de reservorios para la provisión del servicio de agua de uso agrario, y la (b) Implementación de intervenciones para la siembra y cosecha de agua, entre otros. La siembra y cosecha de agua se refiere a las intervenciones locales para retener, infiltrar, almacenar y regular aguas

provenientes directamente de la lluvia durante el periodo de lluvias y sean aprovechadas durante el periodo sin lluvias (MIDAGRI, 2022). El objetivo de este artículo es brindar una discusión preliminar acerca de acciones prioritarias propuestas como medidas de adaptación y su incertidumbre.

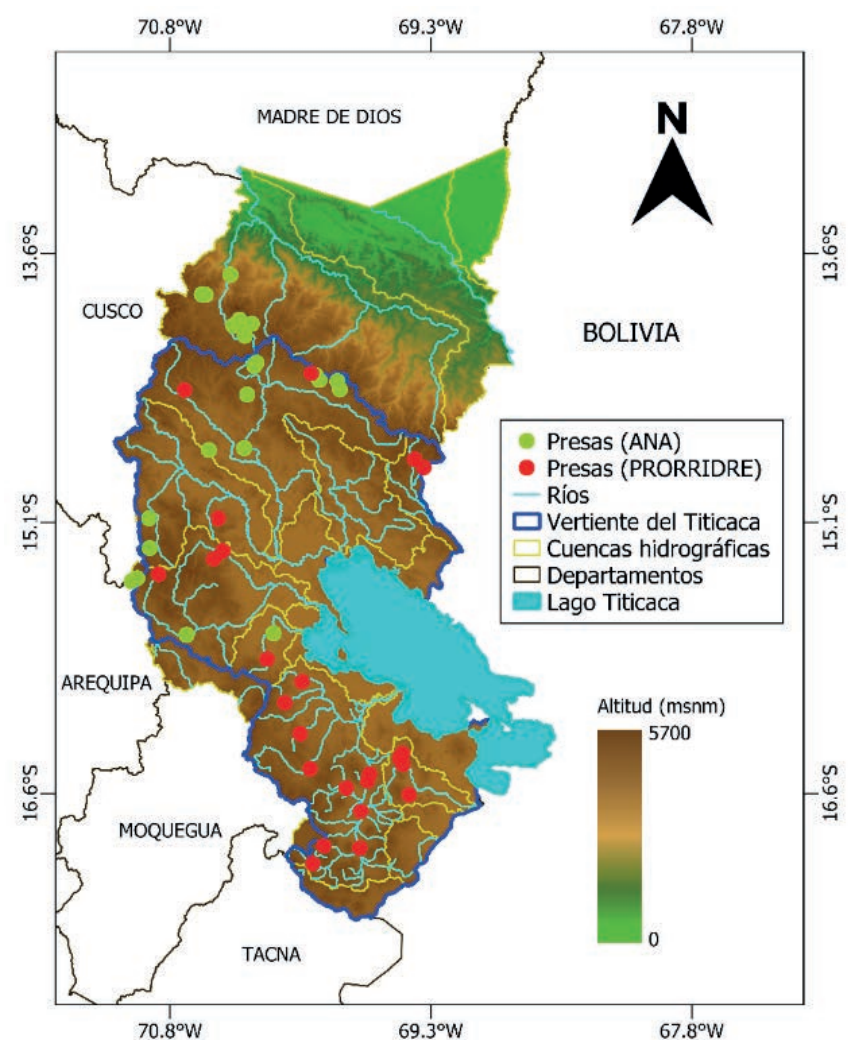


Figura 1. Ubicación de presas en Puno.

2. Área de estudio

El Departamento de Puno tiene una superficie aproximada de 71 949.00 km², que representa el 5.6% del territorio peruano, en el que habitan 1 172 697 (4% del total de la población) (INEI, 2018). Limita al norte con la región Madre de Dios, por el este con Bolivia, por el sur con la región Tacna, y por el oeste con las regiones de Moquegua, Arequipa y Cusco (13.0°–17.29° S; 71.11° – 68.81° O). La cuenca binacional del Lago Titicaca ubicada en Puno abarca territorios de Perú y Bolivia. Está constituida por aproximadamente 13 ríos principales que drenan al Lago Titicaca, el cual es considerado el más alto del mundo (Figura 1). Parte de la región Puno se localiza en el sistema TDPS (Titicaca, Desaguadero, Poopó, Salar de Coipasa) ubicada entre Perú y Bolivia. El sistema TDPS se caracteriza por un clima semiárido, con precipitación media anual que varía desde 1000 mm en el norte hasta 200 mm en la parte suroeste (Satgé et al., 2017). La lluvia en la cuenca del Titicaca

en Puno describe máximos valores entre diciembre y marzo, y mínimas entre mayo y agosto (Metzger, 2017). La evaporación media anual del Lago Titicaca es de aproximadamente 1700 mm/año (Pillco et al., 2019). Las principales actividades económicas que inciden en la producción de la región Puno son la agricultura y ganadería (17.5%) que implica una población económicamente activa del 42% en Puno (MINTRA, 2022). Del total de superficie cultivada en Puno (164 187 Ha) solo el 6,8 % es destinado a agricultura bajo sistema de riego (INEI, 2012).

Cabe resaltar que en la Convención Preliminar para el estudio del aprovechamiento de las aguas del Lago Titicaca, suscrito en 1955, y el Convenio Perú – Bolivia para el estudio económico preliminar de aprovechamiento de las aguas del Lago Titicaca, suscrito en 1957, que entraron en vigencia en 1987. Precisan que para mantener los recursos hidrobiológicos del lago Titicaca dentro de límites aceptables, no se puede extraer del lago Titicaca (o de sus afluentes) y río Desaguadero un caudal total superior a 20 y 5 m³/s , respectivamente.

Tabla 1. Principales proyectos relacionados a la siembra y cosecha de agua, e infraestructura para abastecimiento de agua para riego.

Proyecto/Programa	Institución Ejecutora	Actividades Clave	Ámbito de acción
Construcción de Qochas y Zanjas de Infiltración	Sierra Azul (MIDAGRI)	Construcción de qochas y zanjas de infiltración	Puno (diversas provincias)
Mejoramiento del Servicio de Recarga Hídrica	Agro Rural (MIDAGRI)	Almacenamiento de agua para uso agrícola	Comunidades rurales de Puno
Restauración de ecosistemas altoandinos en cabeceras de cuenca para la seguridad hídrica y servicios ecosistémicos multiuso	SERFOR (MIDAGRI)	Gestión sostenible de la flora y fauna silvestre	Comunidad Picotani, de San Antonio de Putina
Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PELT)	MIDAGRI	Proyectos productivos, infraestructura de riego y medio ambiente	Cuenca del Lago Titicaca
Programa regional de riego y drenaje (PRORRIDRE)	Gobierno Regional de Puno	Infraestructura hidráulica para riego	Región Puno
Conservación del agua, canales y bofedales en Puno	Gobierno Regional de Puno	Optimización y rehabilitación de infraestructura hídrica	Comunidades campesinas Puno

3. Discusión

La Figura 1 muestra la distribución espacial de represas en la región de Puno, aquellas inventariadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como las propuestas por el Programa Regional de Riego y Drenaje (PRORRIDRE). Mientras que las presas de ANA corresponden a infraestructura existente (Gamarrá and Gil, 2015), las de PRORRIDRE buscan ampliar la capacidad de almacenamiento hídrico en la región. La ubicación de estas represas refleja una adecuada iniciativa gubernamental por mejorar la gestión del agua en distintas cuencas. No obstante, su implementación depende de factores como la disponibilidad hídrica, las condiciones geológicas, la demanda del recurso y la aceptación final de la población.

No obstante, Puno (41.6%), en conjunto con Cajamarca (44,5%), Loreto (43,5%) y Pasco (41,7%)

representan las regiones con mayor incidencia de pobreza en el Perú (INEI, 2024). La pobreza es uno de los principales impulsores del incremento de vulnerabilidad de la población a los desastres naturales, ya que los pobres se ven afectados desproporcionadamente por los peligros y desastres naturales (Hallegate et al., 2020). Este es el caso del peligro que puede implicar las posibles sequías futuras ante el cambio climático en el Altiplano (Zubieta et al., 2021). Dado el prolongado periodo sin lluvias o de mínimas cantidades de lluvia, el aprovechamiento limitado de las aguas del lago Titicaca por el tratado Perú-Bolivia y altas tasas de evaporación en la región del altiplano durante gran parte del año, la región Puno presenta también una alta demanda del recurso hídrico para la población y sectores económicos (agricultura y ganadería) durante gran parte del año (TDPS, 2022). Asimismo, el incremento de la actividad agrícola puede ejercer mayor demanda y por lo tanto escasez del recurso hídrico (Satgé et al., 2019).

Ante esto, muchas investigaciones sugieren que el almacenamiento de recurso hídrico es clave para la adaptación ante la sequía en contexto al cambio climático (De Loe and Kreutzwiser, 2000; Ciampittiello et al., 2024).

La Tabla 1. muestra que una parte importante de los proyectos relacionados con la gestión hídrica y la adaptación a la sequía en Puno son promovidos por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) mediante entidades ejecutoras como Agro Rural, Sierra Azul y PEBLT, mientras que PRORRIDRE es promovida por el Gobierno Regional de Puno. Estas instituciones desempeñan un rol central en la ejecución de medidas como la construcción de reservorios, zanjas de infiltración y la restauración de ecosistemas altoandinos. Esto es congruente con las medidas de adaptación priorizadas por MINAM (2023) y los proyectos de infraestructura, siembra y cosecha del agua liderados por diversos programas de desarrollo del MIDAGRI. La construcción de reservorios contribuyen directamente a incrementar la frontera agropecuaria bajo riego aplicando una mejor tecnología de producción, que les permite incrementar la intensidad del uso del suelo y fortalecer su producción durante el periodo sin lluvias (Shabanzadeh et al., 2016).

Ante un posible escenario extremo de sequía severa, intensa y prolongada (meses u años), similar a lo acontecido en 1982-83 en el Altiplano durante El Niño, resulta de alta importancia asegurar la disponibilidad hídrica para la población y el requerimiento hídrico para la agricultura y ganadería. No obstante, existe incertidumbre acerca de la potencial representatividad técnica ante sequías extremas de los principales embalses en Puno, este es el caso del embalse Lagunillas con un volumen superior a 500 MMC y la necesidad de la construcción de nuevos grandes embalses en Puno.

En comparación a la iniciativa incrementar la disponibilidad hídrica mediante grandes reservorios, la siembra y cosecha de agua acarrea incertidumbre acerca del flujo hidrogeológico, capacidad de infiltración, conservación de nutrientes en el suelo, beneficios a cuenca vecinas (Abu-Zreig et al., 2020; Wang et al., 2020). Por lo tanto, se resalta la importancia de análisis hidrológicos, geológicos y geomorfológicos, exploración geofísica y la consecuente definición de estrategias de gestión hídrica para generar conocimiento de los efectos de estas medidas (Carrión-Mero et al., 2023). Reconocer cuantitativamente y cualitativamente cuáles son y dónde están (espacial y temporalmente) los efectos

locales y/o regionales de la siembra y cosecha del agua, como la recarga de acuíferos, contribuirá a reducir las barreras de políticas de adaptación. La clave para una política de adaptación eficiente, es ser consciente de las limitaciones de las barreras para la adaptación en la toma de decisiones (Knittel, 2016). Una barrera a superar implica, el concepto de licencia social la cual es una herramienta cada vez más popular para que las entidades gestionen adecuadas relaciones con las comunidades locales (Lehtonen et al., 2020). Debido a que las intervenciones gubernamentales en Puno y otras regiones no son necesariamente del todo aceptadas por la población.

Para reducir la incertidumbre, una alternativa es el monitoreo constante de los beneficios alcanzados de la cosecha y siembra de agua. Por ejemplo, el monitoreo de la posible aparición de cuerpos de agua y/o analizar el posible reverdecimiento de algunas zonas en microcuencas y/o subcuencas vecinas en las que llevan siendo implementadas las medidas de siembra y cosecha de agua en las últimas décadas. En contraste, identificar también zonas que pudieran estar recibiendo menos humedad que antes debido a estas intervenciones. Para ello, como primera aproximación el uso de imágenes de satélite con resolución espacial y temporal adecuada puede ser considerado una alternativa factible de fuente de datos para generar conocimiento a corto plazo que pueda ser verificado en campo. Por otro lado, resulta altamente relevante la reducción de incertidumbre a partir de nuevas investigaciones que mejoren el entendimiento de barreras identificadas tales como recursos insuficientes, fragmentación local, falta de conciencia y comunicación en la población en la adaptación al cambio climático (Lee et al., 2022).

Referencias

- Abu-Zreig, M., Fujimaki, H., & Abd Elbasit, M. A. (2020). Enhancing Water Infiltration through Heavy Soils with Sand-Ditch Technique. *Water*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/w12051312>
- Ciampittiello, M., Marchetto, A., & Boggero, A. (2024). Water Resources Management under Climate Change: A Review. *Sustainability*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/su16093590>
- Carrión-Mero, P., Tiviano, I., Hervas, E., Jaya-Montalvo, M., Malavé-Hernández, J., Solórzano, J., Berrezueta, E., & Morante-Carballo, F. (2023). Water Sowing and harvesting application for water management on the slopes of a volcano. *Heliyon*, 9(5), e16029. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16029>

Caviedes, C. (2001). *El Niño in history : storming through the ages*. University of Florida Press.

De Loe, R.C.; Kreutzwiser, R.D. (2000) Climate variability, climate change and water resource management in the Great Lakes. *Clim. Chang.* 45, 163–179

Duan, K., & Mei, Y. (2014). Comparison of Meteorological, Hydrological and Agricultural Drought Responses to Climate Change and Uncertainty Assessment. *Water Resources Management*, 28(14), 5039–5054.

<https://doi.org/10.1007/s11269-014-0789-6>

Gamarra and Gil (2015). *Inventario de presas en el Perú. "Revista Aguas y Más"*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12543/2424>

Garreaud, R; Aceituno P. (2001) Interannual rainfall variability over the South American Altiplano. *J. Clim.* 14(12): 2779–2789.

Gutierrez-Villarreal, R. A., Espinoza, J.-C., Lavado-Casimiro, W., Junquas, C., Molina-Carpio, J., Condom, T., & Marengo, J. A. (2024). The 2022-23 drought in the South American Altiplano: ENSO effects on moisture flux in the western Amazon during the pre-wet season. *Weather and Climate Extremes*, 45, 100710.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wace.2024.100710>

Hallegatte S, Vogt-Schilb A, Rozenberg J, Bangalore M, Beaudet C (2020) From Poverty to Disaster and Back: a Review of the Literature. *Economics of Disasters and Climate Change*, 4(1), 223–247.

<https://doi.org/10.1007/s41885-020-00060-5>

INEI (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1185/cap03.pdf

INEI (2018). *Resultados definitivos*. Instituto Nacional de Estadística e informática.

<https://censo2017.inei.gov.pe/censos-2017-departamento-de-puno-tiene-1-172-697-habitantes/>

INEI (2024). *Peru: Evolución de pobreza monetaria 2014-2023*. Instituto Nacional de Estadística e informática.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6469130/5558432-peru-evolucion-de-la-pobreza-monetaria-2014-2023.pdf?v=1718204242>

Knittel M. (2016) "Climate Change Adaptation: Needs, Barriers and Limits". *Climate Policy Info Hub*, 10 February 2016. Online available at: [http://climatepolicyinfohub.eu/climate-change-adaptatio](http://climatepolicyinfohub.eu/climate-change-adaptation-needs-barriers-and-limits)

n-needs-barriers-and-limits

Laqui, W., Zubieta, R., Laqui-Vilca, Y., Calizaya, E., & Laqui-Vilca, C. (2023). Temporal dynamics of glacier retreat and its relationship with local climate in Cordillera Apolobamba, Peru. *Modeling Earth Systems and Environment*.

<https://doi.org/10.1007/s40808-023-01865-5>

Lavado, W. and Espinoza, J.C. (2014) Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v.29, 171-182.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>

Lee, S., Paavola, J., & Dessai, S. (2022). Towards a deeper understanding of barriers to national climate change adaptation policy: A systematic review. *Climate Risk Management*, 35, 100414.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100414>

Lehtonen, M., Kojo, M., Jartti, T., Litmanen, T., & Kari, M. (2020). The roles of the state and social licence to operate? Lessons from nuclear waste management in Finland, France, and Sweden. *Energy Research & Social Science*, 61, 101353.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101353>

Ley 30754. *Ley Marco sobre cambio climático*. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1638161-1>

Marengo, J.A.; and Espinoza, J.C. (2015) Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*. 36,3,1033-1050.

<https://doi.org/10.1002/joc.4420>

Metzger, J. (2017). *Modelamiento Hidrológico para Pronóstico estacional de caudales del río Ramis*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología. Diciembre.

https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/115/Estudio_Ramis.pdf?sequence=6&isAllowed=y

MIDAGRI (2022). *Lineamientos para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de la tipología de siembra y cosecha de agua*. Elaborado en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Ministerio de Desarrollo Agrario.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3143796/Lineamientos%20para%20la%20formulaci%C3%B3n%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20proyectos%20de%20inversi%C3%B3n%20de%20la%20tipolog%C3%ADa%20de%20Siembra%20y%20Cosecha%20de%20Agua.pdf>

MINAM (2023). Catálogo de Medidas de Adaptación. Ministerio del Ambiente Perú.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571780/462585-241202_catologo-de-adaptacion-2024_vf.pdf?v=1733863639

MINTRA (2022). Estudio de la dinámica económico-laboral actual y tendencia en Puno. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4043168/Diagn%C3%B3stico%20de%20Puno.pdf>

Pillco Zolá, R., Bengtsson, L., Berndtsson, R., Martí-Carbona, B., Satgé, F., Timouk, F., Bonnet, M.-P., Mollericon, L., Gamarra, C., & Pasapera, J. (2019). Modelling Lake Titicaca's daily and monthly evaporation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(2), 657–668.
<https://doi.org/10.5194/hess-23-657-2019>

Rocha, A. El Mega-Niño 1982-83. (2007). La Madre de todos los niños". Presentation at the Second International Congress on "Obras de Saneamiento, Hidráulica, Hidrología y Medio Ambiente." HIDRO 2007- ICG. Lima, June 2007.

Satgé, F.; Espinoza, R.; Zolá, R.; Roig, H.; Timouk, F.; Molina, J.; Garnier, J.; Calmant, S.; Seyler, F.; and Bonnet, M.P. Role of Climate Variability and Human Activity on Poopó Lake Droughts between 1990 and 2015 Assessed Using Remote Sensing Data, *Remote Sens.* 2017, 9(3), 218,
<https://doi.org/10.3390/rs9030218>

Satgé, F., Hussain, Y., Xavier, A., Zolá, R. P., Salles, L., Timouk, F., Seyler, F., Garnier, J., Frappart, F., & Bonnet, M.-P. (2019). Unraveling the impacts of droughts and agricultural intensification on the Altiplano water resources. *Agricultural and Forest Meteorology*, 279, 107710.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107710>

SENAMHI. (2021). Caracterización de las sequías meteorológicas en el departamento de Puno. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Proyecto Pachayatiña/Pachayachay. SENAMHI - HELVETAS - PREDES.

Shabanzadeh-Khoshrody, M., Azadi, H., Khajooeipour, A., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2016). Analytical investigation of the effects of dam construction on the productivity and efficiency of farmers. *Journal of Cleaner Production*, 135, 549–557.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.145>

TDPS (2022). Estimación de demanda hídrica multisectorial del sistema del Lago Titicaca, Río desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa (TDPS) - Sector Peruano. Proyecto: Gestión integrada de los recursos hídricos en el sistema Titicaca-Desaguadero –Poopó – salar de Coipasa (TDPS).
<https://observatorio.alt-perubolivia.org/storage/multi/skUAwjD1bhQGG0rEvlr1dl18uSqrBAPbJWlURiqD.pdf>

Wang, K., Zhang, X., Ma, J., Ma, Z., Li, G., & Zheng, J. (2020). Combining infiltration holes and level ditches to enhance the soil water and nutrient pools for semi-arid slope shrubland revegetation. *Science of The Total Environment*, 729, 138796.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138796>

Vicente-Serrano, S.; Chura, O.; López-Moreno, J.; Azorin-Molina, C.; Sanchez-Lorenzo, A.; Aguilar, E.; Moran-Tejeda, E.; Trujillo, F.; Martínez, R.; Nieto, J. (2014). Spatio-temporal variability of droughts in Bolivia: 1955–2012. *Int. J. Climatol.* 35, 3024–3040.
<https://doi.org/10.1002/joc.4190>

Zubieta, R., Molina-Carpio, J., Laqui, W., Sulca, J., & Ilbay, M. (2021). Comparative Analysis of Climate Change Impacts on Meteorological, Hydrological, and Agricultural Droughts in the Lake Titicaca Basin. *Water*, 13(2), 175.
<https://doi.org/10.3390/w13020175>