

UN ENFOQUE SOCIO-HIDROLÓGICO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LAS ORGANIZACIONES CAMPESINAS. CASO PALCA, TARMA, PERÚ.

Domenica Daniela Villena Delgado¹, Pedro Rau², Yulissa Estrada Terrel³, Nicolas Castro²

¹Universidad Andina Simón Bolívar-Sede Ecuador

²Universidad de Ingeniería y Tecnología. Centro de Investigación y Tecnología del Agua. UTEC-CITA. Lima, Perú

³CUIDAR. Perú

domecavdd@gmail.com / prau@utec.edu.pe

Introducción

La presente investigación se sitúa en la intercuenca del río Tarma y en el contexto hidro-social de la comunidad campesina de Palca, provincia de Tarma, Junín, Perú. El objetivo es conocer las percepciones de la comunidad sobre los impactos del cambio climático en torno a la disponibilidad hídrica para la agricultura, así como indagar sobre el planteamiento de posibles soluciones adaptativas frente a un escenario paradójico de las variables climáticas.

Metodología

La comunidad campesina de Palca se sitúa en la sierra central altoandina del Perú. Según datos del INEI tiene una extensión territorial de 37 808 ha, una población de 6 415 habitantes, con altitudes en la parte del valle que van desde los 850 msnm hasta los de 4 200 msnm. El área de estudio se focaliza en la microcuenca del río Chalhuyayoc y alrededores con un área de 8.6 km² (ver Figura 1a). De acuerdo con investigaciones in situ, el sistema económico que sustenta a las familias campesinas es la agricultura, actividad donde predomina el manejo asociativo o comunitario del territorio. De manera que, los actores están estrechamente vinculados y co-evolucionan combinando funciones económicas, sociales, ecológicas, políticas y culturales que giran en torno al agua -elemento central de preocupación- dada la crisis climática que impacta negativamente por las variaciones de temperaturas y precipitaciones (sequías e inundaciones) cada vez más intensas. Para conocer las percepciones de la comunidad campesina en relación al cambio climático e impacto en la disponibilidad hídrica para la agricultura, se planteó el enfoque hidro-social que integra metodologías bajo enfoques combinados (técnico y social).

Enfoque técnico-cuantitativo: Tuvo como objetivo el estudio de las tendencias de las series de tiempo y la determinación de un balance hídrico en la microcuenca. Las variables hidroclimáticas fueron obtenidas de repositorios de acceso libre de SENAMHI y el empleo del análisis oficial PISCO. Los datos de precipitaciones diarias provienen de las estaciones meteorológicas Huasahuasi, Ricran y Tarma, de 1963 a 2018. Las temperaturas medias de la grilla de cada estación de 1981 a 2016 fueron estimadas a partir de PISCO. Los datos de caudales mensuales provienen de la estación hidrométrica Tulumayo, de 1965 a 2017. A su vez se empleó el producto ARNOVIC-PISCO (Llauca et al., 2023) para diferentes afluentes en la intercuenca Tarma (Tulumayo ID 9069836, Tarma-Palca ID 9070434 y Yaroca ID 9071084), de 1981 a 2022. Los datos se analizaron en cinco períodos de tiempo: diario, mensual, medio anual, húmedo (diciembre a febrero) y seco (junio a agosto). Para las 3 variables hidrometeorológicas, se aplicó la prueba del estimador de pendiente de Mann-Kendall, la pendiente de Sen y pendiente

con ajuste lineal, con un nivel de significación del 5% en los períodos definidos.

La prueba de Mann-Kendall es un método no paramétrico ampliamente utilizada para analizar tendencias monotónicas en datos que no siguen una distribución normal. Esta prueba compara los valores para determinar si hay una tendencia creciente o decreciente a lo largo del tiempo. Se calcula la diferencia entre el valor medido más reciente y todos los valores medidos previamente, $(y_j - y_i)$, donde $j > i$, y se asignan valores de +1, 0 o -1 a las diferencias positivas, nulas y negativas, respectivamente. El test estadístico, S, se calcula como la suma de estos enteros.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(y_j - y_i) \quad [1]$$

Además, se calcula el estadístico τ , el cual es un análogo al coeficiente de correlación en el análisis de regresión y varía de -1 a +1. Si tanto S como τ son significativamente diferentes de cero, se rechaza la hipótesis nula de ausencia de tendencia.

$$\tau = \frac{S}{n(n-1)/2} \quad [2]$$

El estimador de la pendiente de Sen (Sen's slope) es un método no paramétrico para anticipar el valor real de la pendiente en datos de series temporales hidrológicas y meteorológicas (Han et al., 2023). La pendiente de todos los N pares de datos se calcula mediante:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad [3]$$

Donde $i = 1, 2, 3, \dots, N$, x_j y x_k son valores de datos en el tiempo j y k ($j > k$) por separado. La mediana de los N valores se expresa como:

$$Q_{med} = \begin{cases} Q \left[\frac{N+1}{2} \right], & \text{si } N \text{ es impar} \\ \frac{Q \left[\frac{N}{2} \right] + Q \left[\frac{(N+2)}{2} \right]}{2}, & \text{si } N \text{ es par} \end{cases} \quad [4]$$

Para el balance hídrico, la evapotranspiración potencial fue estimada con el método de Penman-Monteith y con el software CROPWAT. Así también se emplearon productos satelitales para el mapeo de la variabilidad del área de cultivo, a través del algoritmo Dynamic World derivado del SENTINEL-2 a una resolución de 10-m, capaz de detectar estos cambios en microcuencas.

Enfoque cualitativo: Tuvo como enfoque la Investigación Acción Participativa (IAP) pues se conoció la percepción de los comuneros en torno a los impactos del cambio climático en la zona, interpretando las tendencias históricas obtenidas previamente. Con ello se construyó y articuló distintas técnicas y herramientas con unos sentidos éticos y epistemológicos. Se realizaron entrevistas acción-participante para conocer la valoración de percepciones sobre el impacto del cambio climático en la agricultura y el vivir diario de los campesinos, dada la flexibilidad de la metodología. Asimismo, la cartografía hidro-social permitió la identificación colectiva del territorio dentro de la comunidad, reconociéndose las fuentes hídricas que contribuyen a la agricultura y problemáticas (conflictos) en torno a la disponibilidad del agua.

Resultados

La actividad agrícola rural campesina en Palca se desenvuelve en un entorno condicionado por los eventos agroclimáticos, y los métodos de cultivo son por secano y/o riego por aspersión, este último implementado gradualmente desde los años 2000s y consolidado en los últimos 5 años. En ese entendido, una problemática que se reitera es la poca disponibilidad del agua que retrasa la época de siembra y de cosecha, lo cual coincide con las reiteradas declaraciones de emergencia por déficit hídrico emitidas por el gobierno central para la sierra central

del país, donde centran a la agricultura como principal actividad económica con impactos negativos. Esta percepción se corrobora con el balance hídrico obtenido y el cambio a partir del año 2000 (Figura 1bc). Solo se cuenta con un superávit pluviométrico evidente en el mes de febrero, con una cercanía al déficit en enero y marzo; y un déficit en el resto del año donde la evapotranspiración potencial es mayor a la precipitación. La precipitación a partir del 2000 presenta un incremento en la época húmeda de diciembre a febrero en comparación con el régimen anterior al año 2000. Sin embargo, el escenario paradójico se aprecia con los caudales, donde inversamente, los caudales sintéticos disminuyen a partir del año 2000 en febrero, marzo, mayo y junio.

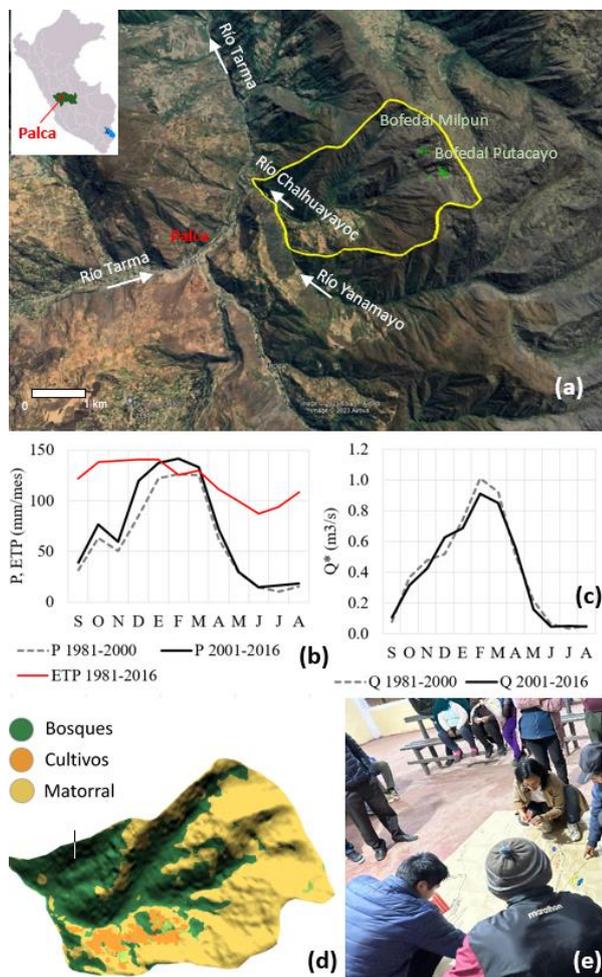


Figura 1. (a) Ubicación; (b,c) régimen hidroclimático de precipitación (P), evapotranspiración potencial (ETP) y caudal sintético (Q*); (d) imagen Sentinel-2 procesada del 2022; (e) Taller comunitario de cartografía hidro-social agosto 2023.

Se obtuvo una tendencia positiva significativa para la temperatura máxima y mínima anual de $0.2^{\circ}\text{C}/\text{década}$ al 5% de significancia; una tendencia positiva significativa de la precipitación anual de $68\text{mm}/\text{década}$ al 5% de significancia, una tendencia positiva no significativa de las precipitaciones en la época seca de junio a agosto; y una tendencia negativa significativa de los caudales mensuales de Tulumayo al 5% y caudales diarios del caudal sintético con ARNOVIC para Chahuayayoc al 5% de significancia. Dentro del territorio comunal de la microcuenca en estudio, las principales fuentes hídricas provienen de los humedales altoandinos Milpun y Putacayo con una extensión de 1.91 (INAIGEM, 2023) y manantiales que proveen de agua sin una medición y manejo. Las fuentes hídricas no están inventariadas, sin embargo, la

población dedicada a la agricultura reconoce su importancia como fuentes que sostienen la vida. Sin embargo, estas fuentes se van reduciendo según la percepción de la población campesina y las evidencias en territorio. La desaparición de cochas, menos lluvias y mayor captación de agua por entubados/mangueras desde los puntos altos de la microcuenca de Palca están generando cambios y transformaciones en las dinámicas territoriales de la comunidad. Según el mapeo la microcuenca ha alcanzado un área de cultivo de 46 has en el 2020 y un mínimo de 34 has el 2019. Estas fluctuaciones año a año responden al régimen de lluvias (secano) y de captaciones de las fuentes. La nula información de monitoreo del agua en territorio por los comuneros y por instituciones gubernamentales es uno de los vacíos que impiden el manejo adecuado del territorio comunal para conocer la disponibilidad del agua en la agricultura. Lo cual acentúa la importancia del control y seguimiento sistemático del estado del recurso en cantidad y calidad con base en indicadores reales de oferta, demanda e impacto por la actividad antrópica (uso de agua para agricultura y doméstico) así como del impacto de la crisis climática.

Sobre las encuestas, el 31% de personas encuestadas estuvieron en el grupo de 18 a 35 años, el 44% en el grupo de 36 a 55 años y un 20% de 56 años a más. El nivel de preocupación por los posibles impactos (negativos) del cambio climático genera incertidumbre, especialmente en los agricultores campesinos y sus formas de vida para las presentes y futuras generaciones. Asimismo, fue necesario considerar el nivel de preocupación (individual y colectiva) sobre las consecuencias del cambio climático en su territorio/localidad para la agricultura. El 87% señaló mucho, el 9% algo y el 3% poco. El 1% dejó en blanco. Dado que la agricultura es la principal fuente económica de las familias campesinas y los productos agrícolas son altamente demandados por el mercado local, regional y nacional dada su cercanía a grandes urbes como Huancayo y Lima. Al no poner como prioridad la problemática del agua, cambio climático y la agricultura en este territorio, desde los propios actores locales y tomadores de decisiones, se pone en riesgo la seguridad alimentaria y la particular vulnerabilidad de los sistemas de producción de alimentos y sustento económico de las familias campesinas.

Conclusiones y recomendaciones

Ante esta paradoja de incremento en las precipitaciones y disminución en los caudales y tal como concluyen diversos estudios científicos y sociales, el ciclo hidrológico del agua está cambiando, y el factor que contribuye a dicha problemática es la crisis climática. La idea de manejar el agua para la agricultura como un elemento único/independiente es insostenible, dado que las dimensiones sociales y culturales cobran especial relevancia en territorios donde habitan las comunidades campesinas como la de Palca. La idea de integrar lo técnico-científico, social y análisis político en virtud al contexto nos otorga un enfoque integrador, un enfoque hidro social que permite explorar la conexión entre sociedad y naturaleza- o mejor especificado- sociedad y agua, como elemento esencial para la actividad agrícola. Las siguientes etapas de esta investigación es la instalación de una red de monitoreo hidrológico con fines de evaluación de servicios ecosistémicos, ante el interés creciente en el aprovechamiento urgente de los bofedales existentes.

Referencias

- Han J, Fikiru T, et al. (2023). Application of MK trend and test of Sen's slope estimator. *Journal of Water and Climate Change*. 14,3.
 INAIGEM. (2023). Inventario Nacional de Bofedales.
 Llauca H, et al. (2023). Construction of a daily streamflow dataset for Peru. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 47.