



Potencial de riego de aguas de microcuenca en áreas productivas en Andes Centrales de Perú

Irrigation potential of micro-watershed water in productive areas in the Central Andes of Peru

ARTÍCULO ORIGINAL



Potencial de irrigação de águas de microbacias hidrográficas em áreas produtivas nos Andes Centrais do Peru

Juan Quispe Rodríguez
jquispe@unah.edu.pe

Tulio Celestino Paytan Montañez
tpaytan@unah.edu.pe

Uriel Rigoberto Quispe Quezada
uquispe@unah.edu.pe

Isaac Aliaga Barrera
inaliaga@unah.edu.pe

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.210>

Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Ayacucho, Perú

Artículo recibido el 10 de noviembre 2022 / Arbitrado el 19 de diciembre 2022 / Publicado el 28 de abril 2023

RESUMEN

Perú en la actualidad vienen sufriendo problemas de estiaje, sequías, y la desaparición de los manantiales que es un problema grave para la agricultura; la falta de lluvia, disminución de los manantiales de agua y consecuencia de ello es la baja producción de la agricultura y otras actividades del campo. La supervivencia de la población depende de la producción agrícola, de la estación lluviosa durante los 12 meses del año existe la demanda de los cultivos en áreas productivas de palta. Por ello, el estudio tuvo como objetivo determinar el caudal hídrico disponible del río Luricocha. En cuanto al procesamiento metodológico las mediciones de caudal se realizaron 2 veces por semana con equipos "correntómetro" aguas arriba del río, se encontró en los meses de noviembre 2020 a octubre 2021. En cuanto a los resultados se obtuvo que los caudales determinados fueron de 0.0047 a 1.3038 m³/s sin embargo, relacionando el caudal disponible frente a la demanda de los cultivos, existe déficit de agua para los 6 meses del año, los meses de producción y cosechas de los cultivos en -0.08227 a -0.17845 m³/s con clara deficiencia de agua para riego, el análisis estadístico de la disponibilidad hídrica y las áreas agrícolas consideradas tuvo un coeficiente R de Pearson de 0.8250 y un valor de P = 0.006 indicando una relación estadística altamente significativa. Conclusiones se pudo determinar que al incrementar el volumen de embalse de la microcuenca con la construcción de represamiento aguas arriba a fin de satisfacer la demanda de agua de los cultivos, así como implementar sistemas de riego tecnificado para un uso más eficiente de los recursos hídricos.

Palabras clave: Microcuenca; Recurso hídrico; Áreas productivas; Caudales; Riego tecnificado

ABSTRACT

Peru is currently suffering from problems of low rainfall, droughts, and the disappearance of springs, which is a serious problem for agriculture; the lack of rain, decrease of water springs and the consequence of this is the low production of agriculture and other rural activities. The survival of the population depends on agricultural production, from the rainy season during the 12 months of the year there is demand for crops in productive areas of avocado. Therefore, the study aimed to determine the available water flow of the Luricocha River. As for the methodological processing, flow measurements were taken twice a week with "current meter" equipment upstream of the river, and were found in the months of November 2020 to October 2021. As for the results, it was obtained that the determined flows were from 0.0047 to 1.3038 m³/s; however, relating the available flow versus crop demand, there is a water deficit for the 6 months of the year, the months of production and crop harvests in -0.08227 to -0.17845 m³/s with clear water deficiency for irrigation, the statistical analysis of water availability and the agricultural areas considered had a Pearson's R coefficient of 0.8250 and a P value = 0.006 indicating a highly significant statistical relationship. Conclusions it was possible to determine that by increasing the volume of the micro-watershed reservoir with the construction of upstream dams in order to satisfy the water demand of the crops, as well as implementing technified irrigation systems for a more efficient use of water resources.

Key words: Micro-watershed; Water resource; Productive areas; Flows; Technified irrigation

RESUMO

O Peru sofre atualmente com problemas de baixos níveis de água, secas e o desaparecimento de nascentes, o que é um grave problema para a agricultura; a falta de chuva, a diminuição das nascentes de água e a consequência disso é a baixa produção da agricultura e de outras atividades no campo. A sobrevivência da população depende da produção agrícola, a partir da estação chuvosa durante os 12 meses do ano há uma demanda de cultivos em áreas produtivas de abacate. Portanto, o estudo teve como objetivo determinar o fluxo de água disponível do rio Luricocha. Quanto ao processamento metodológico, as medições de vazão foram realizadas duas vezes por semana com equipamentos de "medidores de corrente" à montante do rio, e foram encontradas nos meses de novembro de 2020 a outubro de 2021. Quanto aos resultados, foi obtido que as vazões determinadas foram de 0,0047 a 1,3038 m³/s, porém, relacionando a vazão disponível com a demanda das culturas, há um déficit de água para os 6 meses do ano, os meses de produção e colheita das culturas em -0,08227 a -0,17845 m³/s com déficit de água clara para irrigação, a análise estatística da disponibilidade de água e as áreas agrícolas consideradas tinham um coeficiente R de Pearson de 0,8250 e um valor P = 0,006 indicando uma relação estatística altamente significativa. Conclusões, foi possível determinar que, aumentando o volume do reservatório da microbacia hidrográfica com a construção de represas a montante para atender a demanda de água das culturas, bem como implementando sistemas tecnológicos de irrigação para um uso mais eficiente dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Micro-bacia; Recurso hídrico; Áreas produtivas; Caudais; Irrigação tecnificada

INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los veinte países más ricos del mundo en agua, sin embargo este recurso se encuentra distribuido de manera heterogénea en el territorio y no tiene una ubicación necesariamente en los lugares donde existe una mayor demanda; en nuestro país, la costa peruana concentra más del 70% de la población, pero solo cuenta con el 1.8 % del total de agua que se produce esto siendo un elemento vital para la vida del total en el humano, para su alimentación higiene y diferentes actividades económicas como la agricultura y la industria. (1) El estudio pretende determinar el caudal hídrico disponible del río Luricocha durante los 12 meses del año en relación a la demanda de los cultivos en las áreas productivas de la zona de estudio conformada por los productores de palta, con el desarrollo de la investigación en el distrito de Luricocha se mejoró la producción con el uso de los riegos de las aguas para su protección y conservación con uso y aprovechamiento de ese preciado recurso, sin embargo, el crecimiento demográfico, los cambios de uso territorial que priorizan el uso urbano, las desiguales distribuciones espaciales del agua determinan diferencias en la disponibilidad del recurso hídrico. El agua como elemento para riego en la agricultura es de vital importancia para la producción de alimentos a fin de satisfacer la demanda poblacional en creciente aumento tanto a nivel global a nivel de regiones el proceso de abastecimiento de agua a los cultivos conocido de manera general

como, cuando y cuanto regar, con base en los parámetros de los requerimientos de los cultivos universalmente evaporación máxima, consumos máximos de humedad aprovechable, profundidad de las raíces. (2) Requerimientos de riego, entre otras. Las plantas son el mejor indicador de su estado hídrico ya que integran tanto los efectos del suministro de agua desde el suelo como de las condiciones del clima y es un indicador directamente relacionado con la productividad de los cultivos el recurso hídrico agua es un recurso cada vez más escaso en el mundo que proteger y preservar, desde el comienzo de la industrialización no se tuvo en cuenta el desgaste del medio ambiente debido a las actividades humanas, la gestión del agua no seguiría criterios de eficiencia frente a la escasez de agua a nivel global, el deterioro de la calidad de los recursos hídricos y las incertidumbres del cambio climático; la eficiencia y productividad del uso del agua en los cultivos al tiempo que se reduzca el impacto negativo sobre el medio ambiente es de suma importancia para responder a la creciente demanda de alimentos de la población mundial; el objetivo, la agricultura de secano y de regadío debe adoptar soluciones de gestión que se basen más en el conocimiento el impacto del crecimiento mismo de la población. (3) El consumo de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial y agrícola por lo que la demanda creciente de la población. se ha triplicado, de esa manera la extracción del agua se ha visto sobreexplotada; Además,

el suministro de agua dulce del que dispone la humanidad se está reduciendo a raíz de una constante contaminación de los recursos hídricos. Resultados del periodo de estudio (12 meses) en la determinación del caudal hídrico de la microcuenca del río Luricocha se utilizó una ficha registral en el mismo cauce del río un día programado de la semana y a la misma hora con anotación de los caudales determinados en l/s y luego transformado en m³/s para su procesamiento estadístico, en la determinación de la demanda de agua de las áreas productivas del distrito de Luricocha en base a 138.82 has, de producción y en forma permanente, siendo el recurso hídrico el factor determinante en la actividad agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, se realizó en la microcuenca del río Luricocha durante los meses de noviembre 2020 a octubre del 2021, en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, Ayacucho Perú con una extensión de 14,000 hectáreas ubicada a una altura promedio de 2628 msnm con una población aproximada de 5490 habitantes (12° 53' 57" Sur y de longitud: 74° 16' 27") con precipitación anual promedio de 600mm, temperatura promedio de 21°C y humedad relativa de 65%, organizativamente

cuentan con una comisión de usuarios de riego agrupados en 7 comités de regantes. Siendo el distrito primordialmente agrícola, por lo que la supervivencia de la población depende de la producción agrícola y que a su vez depende de la estación lluviosa (4).

El diseño utilizado fue experimental descriptivo, con recopilación de datos de caudal hídrico del río Luricocha. Con el registro del equipo de ingeniería denominado "Correntómetro" en el ámbito de la microcuenca del mismo nombre y la demanda hídrica calculado en base a una cedula de cultivos con utilización de datos de precipitación, evapotranspiración potencial y coeficientes de uso consuntivo (Kc) calculados para la zona de la región Ayacucho.

RESULTADOS

Registro del caudal hídrico del río Luricocha durante el tiempo de estudio, (noviembre 2020 a octubre 2021), donde se muestran en los litros y metros cúbicos por segundo del caudal hídrico. De acuerdo con el registro de datos del caudal hídrico del río Luricocha durante el tiempo de estudio, (noviembre 20 a octubre 21) se pudo obtener como resultado en la Tabla 1. los Caudales determinados la misma que se reporta en l/s y en m³/s.

Tabla 1. Registro hídrico de los meses Noviembre del 2020 a octubre 2021 en el distrito de Luricocha.

Mes	Caudal disponible en rio luricocha	
	Q = l/s.	Q = m ³ /s.
Noviembre	4.700	0.00470
Diciembre	27.250	0.02725
Enero	40.900	0.04090
Febrero	399.100	0.39910
Marzo	798.200	0.79820
Abril	1303.800	1.30380
Mayo	278.600	0.27860
Junio	175.200	0.17520
Julio	71.800	0.07180
Agosto	629.000	0.62900
Setiembre	54.000	0.05400
Octubre	43.480	0.04348

La masa y disponibilidad hídrica el caudal disponible para el uso de 1.85 m³/s a 0.1 M m³/, con una variación de 1.75 Mm³ entre noviembre y marzo, mientras el caudal que se debe almacenar varía desde 7.35 Mm³ a 4.86 Mm³ con una variación de 2.49 Mm³ de caudal disponible entre los meses de abril a octubre para riego, el déficit de agua en el suelo. Es un factor principal que impide que los cultivos alcancen su potencial de productividad (5) el agua afecta la forma química de los nutrientes se encuentran en el suelo y cuando ocurre un déficit de humedad disminuye la disponibilidad

de aquellos a pesar que se encuentran en las cantidades suficientes, para ser absorbidos por la raíz y ser transportados a través de la planta hacia los lugares donde van a ser metabolizados, los nutrientes deben estar disueltos en el agua presente en los poros que se forman entre las partículas del suelo, la solución del suelo, el agua actúa como solvente y los nutrientes actúan como soluto, uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura en varias partes del mundo es la pérdida del agua durante su conducción y aplicación.

Tabla 2. Áreas de principales cultivos agrícolas en el distrito de Luricocha.



La demanda hídrica de los cultivos bajo riego en Luricocha, esta es crítica en los meses de julio a enero del año en curso, toda vez que las plantas se encuentran en su máxima demanda por la época de maduración de frutos por lo que la exigencia en dotar de agua se hace imprescindible. Las áreas productivas del distrito, los cultivos prioritarios en las 138.82 hectárea y según la cedula de

cultivos en porcentaje es de: cultivo de la palta (62.65%), maíz (19.23%) Tara (4.88%), lúcuuma (3.93%), hortalizas (3.46%), pacaes (2.03%), chirimoya (1.29%), granadilla (1.27%) y alfalfa (1.26). Se obtuvo el resultado que la demanda hídrica de los cultivos en las áreas productivas del distrito Luricocha es: 0.12629 m³/s. a 0.20508 m³/s

Tabla 3. Demanda de agua de las áreas agrícolas del distrito de Luricocha en l/s y m³/s. de la demanda hídrica de los cultivos bajo riego en los meses de Julio a enero.

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET
Demanda l/s	205.08	183.15	170.00	181.73	162.82	134.67	134.53	126.29	125.27	154.50	171.03	184.31
Demanda m ³ /s	0.20508	0.18315	0.1700	0.18173	0.16282	0.13467	0.13453	0.12629	0.12527	0.1545	0.17103	0.18431
Demanda /mes	0.3662	0.3165	0.3036	0.3245	0.2626	0.2405	0.2325	0.2255	0.2165	0.2759	0.3054	0.3185

La relación que existe entre el caudal hídrico disponible de la microcuenca del río Luricocha con la demanda de las áreas bajo riego del distrito de Luricocha y de acuerdo con la cedula de cultivo se observa que la demanda hídrica está relacionado a los cultivos de frutales, por ello existe una relación significativa entre estas, toda vez que existe déficit de agua para satisfacer la demanda en la mayoría de los meses, que se muestran en la Tabla 2. donde se aprecia que solo en los 6 meses del año, es decir de Febrero a Junio y mes de Agosto satisface la demanda hídrica de los cultivos y en los meses de Noviembre a Febrero Marzo y de Julio, setiembre y octubre existe déficit del recurso hídrico para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos, es decir hay 6 meses de déficit hídrico, coincidiendo con otros estudios

realizados sobre la disponibilidad hídrica y las áreas agrícolas desarrollados y pérdida de agua por evapotranspiración (entre otras). Desde la segunda semana de octubre hasta Enero (6) por lo mismo no podrá abastecer la demanda hídrica de los cultivos con los caudales actuales del río Luricocha, ocasionando el estrés hídrico de los cultivos, con graves reducciones sobre la magnitud de la evapotranspiración real lo que con llevará a una baja en rendimiento y la calidad del producto, finalmente podemos también tomar en cuenta lo que menciona en que se requiere por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivos, convertidos a m^3 se estaría hablando de una necesidad de 5000 a 7000 m^3/ha para satisfacer dicha demanda por el cultivo.

Tabla 4. Relación del caudal disponible en el río Luricocha, demanda hídrica y la diferencia de estas.

Mes Diferencia	caudal disponible en río Luricocha		Demanda hídrica de cultivos
	$Q = m^3/s$	$Q = m^3/s$	$Q = m^3/s$
Noviembre 0.17845	0,00470	0.18315 0.1700	
Diciembre 0.14275	0.02725		
Enero 0.14083			
Febrero	039910	0.16282	0.23628
Marzo	0.79820	0.13467	0.66353
Abril	1.30380	0.13453	1.16927
Mayo	0.27860	0.12629	0.15231
Junio			
Julio 0.08270	0.07180	0.15450	
Agosto	0.62900	0.17103	0.45797

Mes Diferencia	caudal disponible en río Luricocha	Demanda hídrica de cultivos
Setiembre 0.13031	0.05400	0.18431
Octubre 0.16160	0.04348	0.20508

Los resultados del análisis de varianza utilizando la aplicación del SPSS y Excel con fin de determinar la influencia de la relación de dependencia entre las variables en estudio, Contrastación de esta investigación se realizó con la prueba del ANOVA al 95% de confianza estadística, resultando un índice de correlación $R = ,825$ que es significativamente alta a nivel muestral entre ambas variables y su nivel de significación en este caso es de $P \text{ valor} = .006$ siendo menor que $\alpha = .05$ por lo tanto, nos indica una relación estadística alta y significativa, pudiendo manifestar que si existen evidencias suficientes para afirmar que las variables de la disponibilidad de agua de la microcuenca del río Luricocha y las áreas agrícolas del distrito según la cedula de cultivo tienen una relación de dependencia alta, coincidiendo con otros estudios relacionados en que indican que la disponibilidad hídrica y el área agrícola desarrollada tuvo un coeficiente R de Pearson de $0,7957$ y un valor de $P = 0.002$.

DISCUSIÓN

El principal aporte al trabajo Potencial de Riego de aguas de Microcuenca en áreas Productivas en Andes Centrales de Perú, los resultados obtenidos nos indica el déficit de

irrigación y su incidencia en el rendimiento y calidad en los cultivos indican que a mayor superficie de suelos mojado corresponden mayores rendimientos, la demanda hídrica de los cultivos en las áreas productivas del distrito de Luricocha, La cedula planteada con los cultivos principales como la palta, tara, lúcuma, pacay, granadilla, chirimoya, alfalfa, maíz y hortalizas cultivados por los productores pertenecientes a los comités de regantes (7) la cantidad de lluvia no es suficiente y si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a la poca profundidad del suelo del escurrimiento si la demanda de evaporación es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa la gran importancia del uso de programa de simulación CROPWAT u otros medios para una buena programación del sistema de riego teniendo en cuenta la disponibilidad hídrica en relación a las áreas agrícolas. indicando una relación estadística altamente significativa por lo que la disponibilidad del recurso hídrico en las áreas productivas si influyen en la determinación de un manejo eficiente del recurso hídrico, mejora de la producción y productividad (8) resultado que confirma la importancia del agua de riego en la producción y calidad del cultivo, así como en

el nivel de gestión de la microcuenca en las áreas productivas del distrito, provincia de Huanta y región Ayacucho.

CONCLUSIONES

Se observa que existe déficit en la mayoría de los meses para cubrir la demanda de agua para los cultivos considerados bajo riego, existiendo un déficit muy significativo de abastecimiento de agua, precisamente en los meses de mayor demanda hídrica de los cultivos, periodos de producción y cosecha, lo que hace más crítica aun el resultado en los rendimientos finales de los cultivos, al margen que de acuerdo al piso ecológico y altura (2670msnm) es una zona muy aparente para la doble campaña de producción y en forma permanente, siendo el recurso hídrico el factor determinante en la actividad agrícola, ganadera y forestal de la zona, que se tendría que tener en cuenta dentro de las políticas de desarrollo planteados por los gobiernos locales, regional y nacional (9) La campaña agrícola, los aforos realizados de disponibilidad del recurso hídrico en el río Luricocha difícilmente se podrá abastecer en la cantidad requerida, con lo que se cuenten con represamientos aguas arriba de la microcuenca a fin de incrementar cuerpos de agua en época de lluvias, para abastecer en su oportunidad y cantidad necesaria los requerimientos de los cultivos mencionados arriba.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores agradecen a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta por el apoyo tanto académico como financiero a través de los fondos del

FOCAM. No existe ningún conflicto de interés académico, y otros en el desarrollo del trabajo de investigación donde los todos los autores y coautores autorizamos la publicación del artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anaya O. Problemática del agua en el mundo, manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. 2021; (3): 1-13
2. Allen, L.; Brakke M.; Baker J.; Jones J. Gas exchange and biomass responses of young citrus trees to partial rooting volume irrigation. *Proceedings of Soil and Crop Science Society of Florida*.2000 (59): 37- 45. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013019189>
3. Consejo Nacional del Medio Ambiente - CONAM. Estrategia Nacional del Cambio Climático. Lima: CONAM. 2005 (39):67-35
4. Dong, G. F.; Cheng, Z. Y.; Zhang, Z. H.; Wang, X. J.; Liu, X. R.; y Zhang, R. Effects of RDI on water use efficiency and quality of alfalfa *Trans CSAE*.2006-22 (5):201 – 203
5. FAO. Respuesta del Rendimiento de los cultivos al agua. Estudio de la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, Riego y Drenaje. Roma - Italia 2012. 2012. (66): ISSN 0254 -5284
6. Gil Mora, J. E. Retroceso glaciar y cambio climático en los andes peruanos, principales impactos. Cuzco. Cambio Climático y Dinámica de Los Ecosistemas Forestales. Artículo Revisión *Rev Fitotec Mex [Internet]*. 2021;44(4):673–82. Available from: <https://www.revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/891/847>
7. Gispert, J. Evaluación del volumen de suelo húmedo en micro irrigación. Influencia del porcentaje de este volumen sobre el comportamiento del olivo (*Olea Europea L. cult. "Arbequina"*). *Estudios de la Zona no Saturada del Suelo* (2003) (6): 51-57. https://abe.ufl.edu/Faculty/carpaena/files/pdf/zona_no_saturada/estudios_de_la_zona_v6/p051-058.pdf

8. María Cristina Arenas-Bautista, Javier Enrique Vélez-Sánchez y Jesús Hernán Camacho-Tamayo. Evaluación de dos sistemas de riego por goteo en la producción y la calidad del fruto de la pera (*Pyrus communis* L.) variedad Triunfo de Viena, Colombia. 2021(34):504-8. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000100001

9. Morales, P.; García Petillo, M; Hayashi, R.; Puppo, L. (2010) Respuesta del duraznero a diferentes patrones de aplicación del agua. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2010 (141): 17 – 24. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100003>