

Efectos de la variación meteorológica en el balance hídrico de la ciudad de Huancavelica

Jorge Luis Huere-Peña

jorge.huere@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3114-8134>

Docente, Universidad Nacional de Huancavelica - Perú

Fernando Martín Toribio-Roman

fernando.toribio@unh.edu.pe

<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-1139-9232>

Docente, Universidad Nacional de Huancavelica - Perú

Julio Daniel Enríquez-Quispe

daniel.enriquez@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-1933-0221>

Laboratorista, Universidad Nacional de Huancavelica - Perú

Russbelt Yaulilahua-Huacho

russbeltyauli24@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7007-3059>

Ingeniero, Universidad Nacional de Huancavelica - Perú

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de evaluar el efecto de la variación meteorológica en el balance hídrico de la ciudad de Huancavelica en el periodo 2018-2019. Se utilizó la siguiente metodología: tipo de investigación básica, nivel descriptivo, método científico hipotético- deductivo con diseño no experimental, longitudinal. El instrumento utilizado fue estación meteorológica automatizada de la compañía Weather Link, Marca Davis Instruments, Modelo Vantage Pro y fichas documentadas. La muestra a estudiar fue no probabilística con muestreo por conveniencia. El procesamiento de datos fue mediante software Statistical Analysis System (SAS) 9,4. Los resultados fueron analizados con la estadística descriptiva e inferencial con significancia de 95% de confiabilidad mediante la prueba Anderson-Darling. Se concluye que, las variables meteorológicas del presente estudio siguen un comportamiento esperado para la ciudad de Huancavelica de acuerdo a las estaciones del año. Así también el balance hídrico en el periodo estudiado los meses en que se tiene reposición es decir acumulación de agua en el lugar de estudio corresponde a los meses de agosto, octubre y enero así también los meses de utilización son los meses de setiembre, noviembre, diciembre, abril, mayo, junio y julio.

Palabras clave: meteorología; clima; variables meteorológicas; balance hídrico

Meteorological variation's effects on the water balance of Huancavelica city

ABSTRACT

The purpose of this research work is to evaluate the meteorological variation's effects on the water balance of Huancavelica city in the period 2018-2019. The following approach was used: type of basic research, descriptive level, hypothetical-deductive scientific method with non-experimental, longitudinal design. The used instrument was an automated weather station from the Weather Link company, Davis Instruments brand, Vantage Pro model and documented records. The sample to be studied was non-probabilistic with convenience sampling. Data processing was using Statistical Analysis System (SAS) 9.4 software. The results were analyzed with descriptive and inferential statistics with significance of 95% reliability using the Anderson-Darling test. It is concluded that the meteorological variables of this study follow an expected behavior for Huancavelica city according the seasons of the year. Likewise, the water balance in the period studied, the months in which there is replacement, that is, accumulation of water in the place of study corresponds to the months of August, October and January, as well as the months of use are the months of September, November, December, April, May, June and July.

Keywords: meteorology; climate; meteorological variables; hydric balance

Artículo recibido: 10 Setiembre. 2021

Aceptado para publicación: 15 Octubre. 2021

Correspondencia: jorge.huere@unh.edu.pe

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

INTRODUCCIÓN

El cambio del clima se ha convertido en un factor a tener en cuenta por los países para adoptar medidas de adaptación que reduzcan los efectos negativos al ambiente, infraestructura, salud, economía entre otros (Magaña & Gay, 2014), es por eso que el estudio de los meteoros de la atmósfera es importante para lograr estos resultados debido a eso se realizan estudios a nivel mundial para predecir los fenómenos meteorológicos y con el ello los cambio del clima a nivel nacional y mundial (Zúñiga & Crespo, 2010).

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la variación meteorológica como son: la temperatura ambiental, presión atmosférica, humedad atmosférica, velocidad del viento, radiación solar, radiación ultra violeta y precipitación pluvial en el balance hídrico de la ciudad de Huancavelica en el periodo 2018 y 2019.

Es así que el estudio de la variación de los meteoros que se presentan en la atmósfera terrestre en periodos determinados es de utilidad para los estudios del clima a nivel regional y local (Páez et al., 2013), como lo han sido desde tiempos pasados en los que su importancia radica en la aplicación que se le encuentra en diversas temáticas como el de la agricultura, la salud, etc. (Alberola, 2015) además de que los estudios son realizados a nivel rural y urbano, siendo necesario los datos meteorológicos para los estudios de la variación meteorológica que en cada región es característica (De Schiller et al., 2001).

La variación meteorológica es una característica que depende de factores como los meteoros atmosféricos, factores geográficos, temporalidad así también las actividades antropogénicas las que en el último siglo se han convertido en aspectos que han intensificado el cambio climático, las investigaciones se centran en el estudio de la variación en periodos de tiempo de cada uno de los meteoros y la interpretación de la variación presente en periodos determinados de tiempo aunque la limitada cantidad de estaciones meteorológicas y el periodo de registro es muchas veces una limitante (Pezoa, 2003), también es de interés por el efecto que tienen en el comportamiento de factores biológicos (Galán et al., 1988).

La estimación del peligro de incendios a partir de la teledetección y las variables meteorológicas que han resultado útiles en muchos países (Yevra et al., 2005), Las investigaciones de la variación de la precipitación también son de vital importancia por la problemática de disponibilidad de agua en el planeta, es así que estudiar la variación

de las lluvias es considerado como estudios indispensables en los países (Campo et al, n.d.)

El estudio de la disponibilidad de agua es necesario para cuantificar el ingreso y salida de agua de los ecosistemas y su uso de acuerdo a las actividades humanas y las necesidades de los componentes de estos espacios territoriales conocidos como cuencas hidrográficas, a este tipo de estudios se le conoce como el balance hídrico de una cuenca, por eso este tipo de investigaciones son realizadas en muchos países para afrontar la disponibilidad de agua de acuerdo a la demanda de este recurso (Marini & Piccolo, 2000).

Para realizar estos estudios, se requieren los datos de precipitación pluvial y temperatura ambiental, con el que se calcula la evapotranspiración con el cual se tiene los elementos necesarios para realizar el balance hídrico el que es realizado de un año o periodo determinado en el que se realiza el balance del agua que se produce en una cuenca la que en diversas áreas del territorio es diferente, así como en periodos diferentes (Echeverría et al., 2007), con esta información se planifica las diversas actividades de una cuenca hidrográfica en función a la demanda de agua y el balance hídrico, así también el uso de las imágenes satelitales es actualmente una herramienta para investigar el balance hídrico y su rendimiento, en diferentes escenarios de vegetación (Jobbagy et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los instrumentos y equipos para la medición de variables meteorológicas convencionales y automáticos son cada día más precisos, y esa precisión es la que día a día permite realizar predicciones cada vez más rápidas y con mayor exactitud, para ello se utilizan a diario una amplia variedad de instrumentos meteorológicos para controlar los cambios de la atmósfera. El equipo utilizado en la presente investigación es una estación meteorológica automatizada marca Davis, la cual almacena los datos meteorológicos en la memoria interna de la consola Vantage Pro.

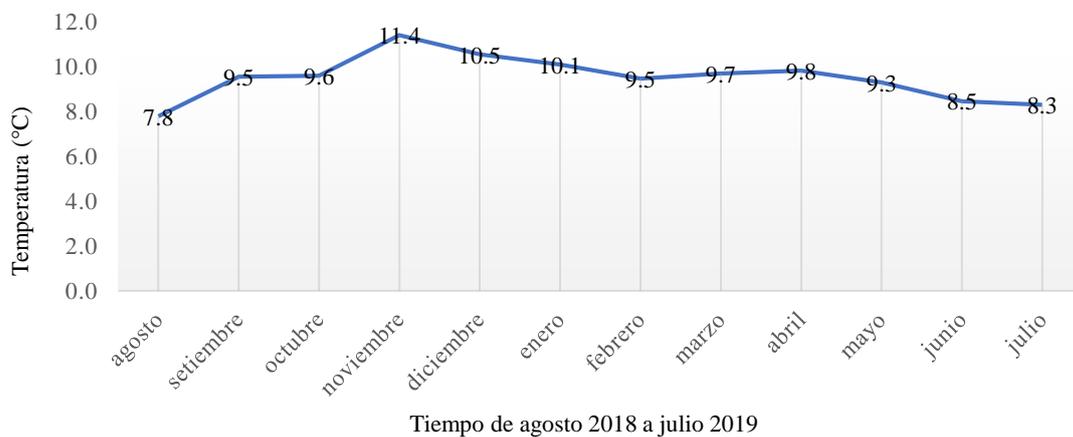
Se usó una estación automatizada para tener mayor precisión con datos registrados, esta estación meteorológica automatizada proporcionó datos sobre la temperatura ambiental, presión atmosférica, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, radiación ultravioleta y precipitación pluvial; las mismas fueron registradas con intervalo de una hora y posteriormente se realiza la descarga de datos como texto plano a una microcomputadora personal mensualmente a una hoja de cálculo electrónico y el software Statistical Analysis System (SAS) para el análisis y procesamiento de los datos.

Para los casos de la velocidad del viento fue considerada a las 7, 13 y 19 horas de acuerdo a las especificaciones dadas por SENAMHI, la precipitación pluvial se consideró el acumulado diario y mensual, la radiación ultravioleta (UV) se consideró a las 13 horas por ser el mayor valor del día de radiación UV.

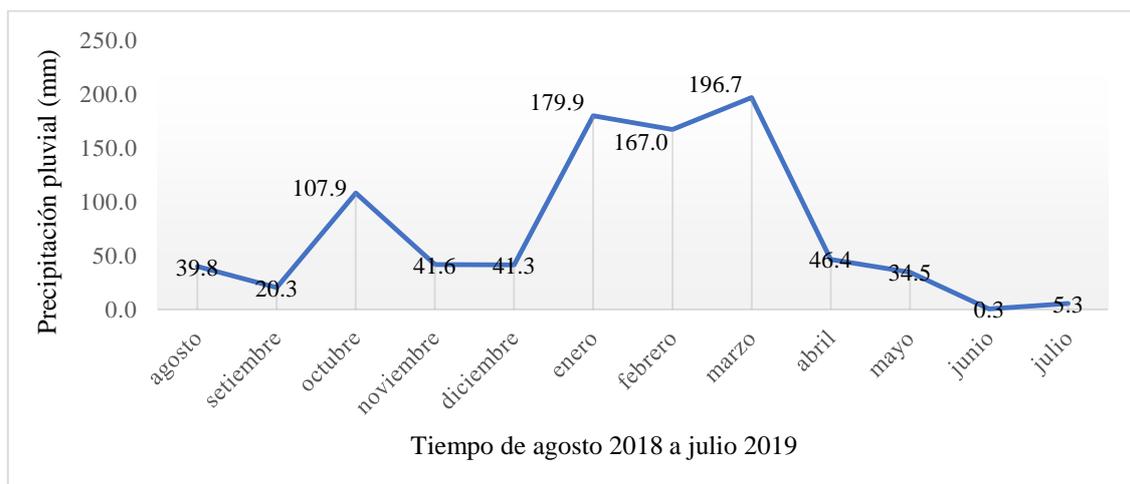
RESULTADOS

El resultado de la investigación muestra, la variación de la temperatura media mensual sigue un comportamiento esperado en el cual para la ciudad de Huancavelica los menores registros corresponden a los meses de invierno y a partir del mes de agosto se observa un incremento la que corresponde a los meses de inicio de primavera. Como se observa en la Figura 1, algunos patrones irregulares como meses con temperaturas mayores en aquellos meses donde se espera que las temperaturas medias sean menores.

Figura 1 *Temperatura Ambiental de la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.*



El resultado de la investigación muestra, la precipitación pluvial calculado de las observaciones de cada hora del día, de estos el acumulado del mes, las mismas como se observa en la Figura 2, presentan los mayores valores para la época de verano y los menores registros para el caso de los meses de invierno. Así también se aprecia la irregularidad de su comportamiento en el periodo de estudio como una evidencia y alerta de lo que se produce en el acumulado de lluvias.

Figura 2 Precipitación Pluvial de la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

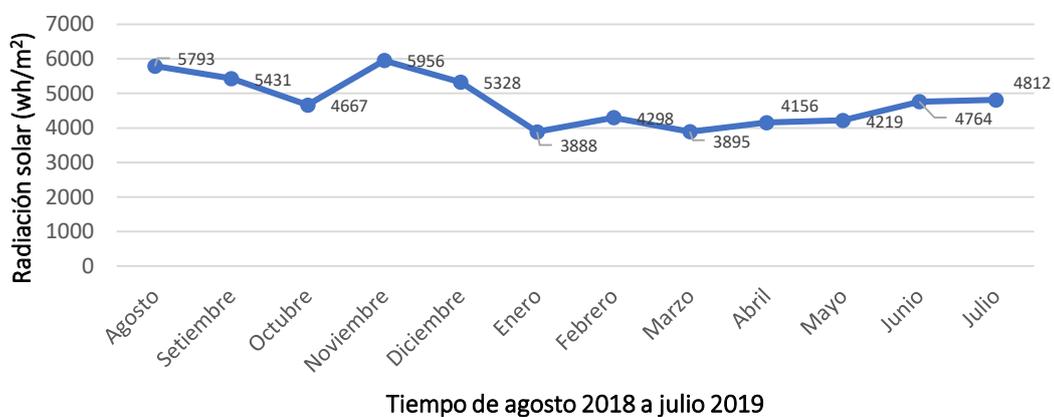
El resultado de la investigación muestra, las humedades relativas medias mensuales corresponden a los meses de verano (enero, febrero y marzo) tal como se muestra en la Figura 3, que siguen un patrón esperado de los últimos años, descendiendo de manera no tan considerable en las otras estaciones del año.

Figura 3 Humedad de la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

El resultado de la investigación muestra, la presión atmosférica media mensual, el comportamiento de esta variable muestra un descenso a partir de septiembre hasta abril, posteriormente se presenta un cambio de comportamiento a partir de mayo cuando termina la estación de verano tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4 Presión atmosférica de la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

El resultado de la investigación muestra, la radiación solar total del día, se consideró los registros acumulados en cada hora durante el día, mostrándose que el comportamiento es también el esperado, observándose que los menores registros se presentan en la época de verano tal como se muestra en la Figura 5, en el cual presenta alta nubosidad predominante de esta época de lluvia por el cual la radiación es menor que en los otros meses del periodo de estudio.

Figura 5 Radiación Solar de la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

El resultado de la investigación muestra, la radiación ultravioleta (UV) se ha considerado como punto de recolección de datos el mayor valor encontrado en el día, los valores encontrados mantienen una tendencia respecto a un índice de 16 y menores valores ante la presencia de nubosidad en los meses registrados como se muestra en la Figura 6.

Figura 6 Radiación Ultravioleta de la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

El resultado de la investigación muestra, la variable velocidad del viento, los datos de los registros considerados corresponden a los valores promedios durante un mes en las siguientes horas: 7, 13 y 19 horas del día, tal como se muestra en las Figuras 7, 8 y 9 correspondientemente, la velocidad promedio mensual del viento en la ciudad de Huancavelica se muestra en la Figura 7, los mayores registros corresponden a los meses de la época de invierno y durante el día las velocidades promedio mayores corresponden a las 19 horas y los menores a las 7 horas.

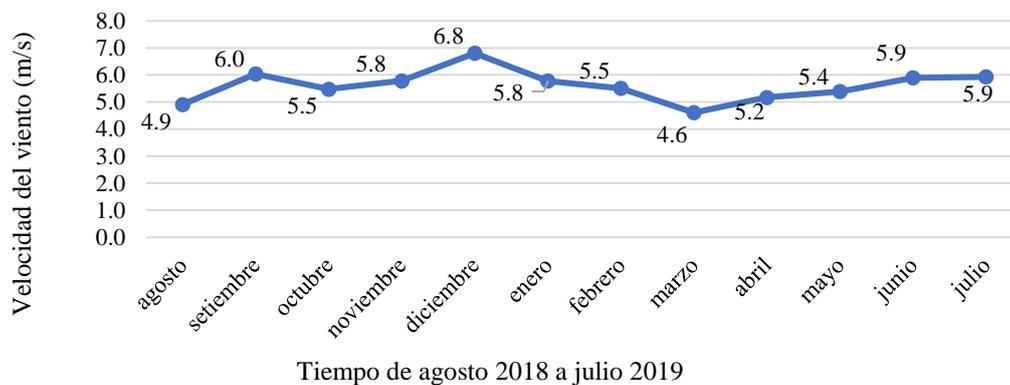
Figura 7 Velocidad del viento a las 7 horas en la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

Figura 8 Velocidad del viento a las 13 horas en la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

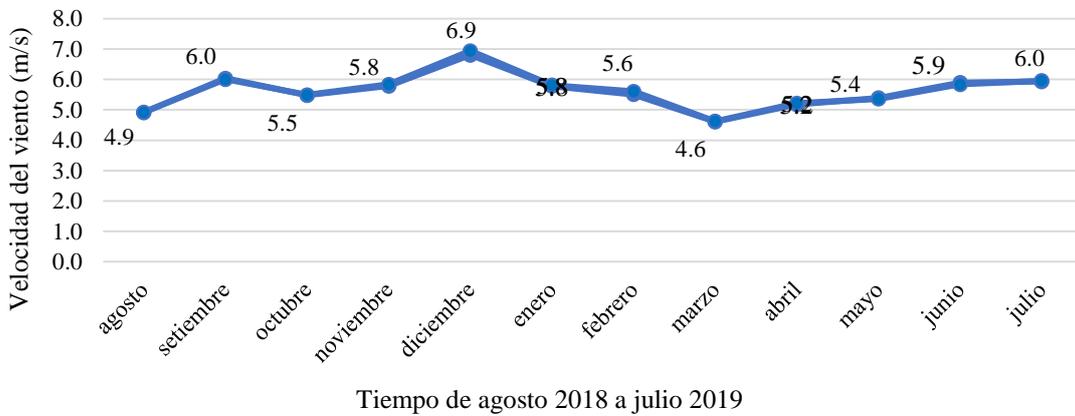


Figura 9 Velocidad del viento a las 19 horas en la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.

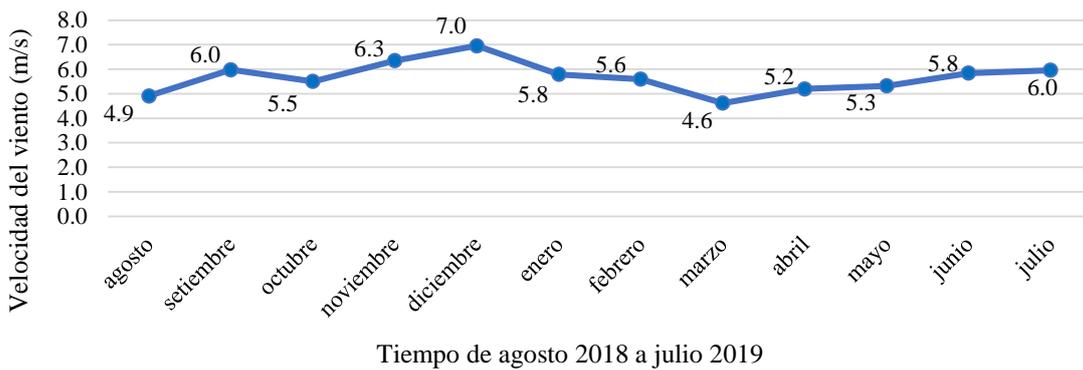
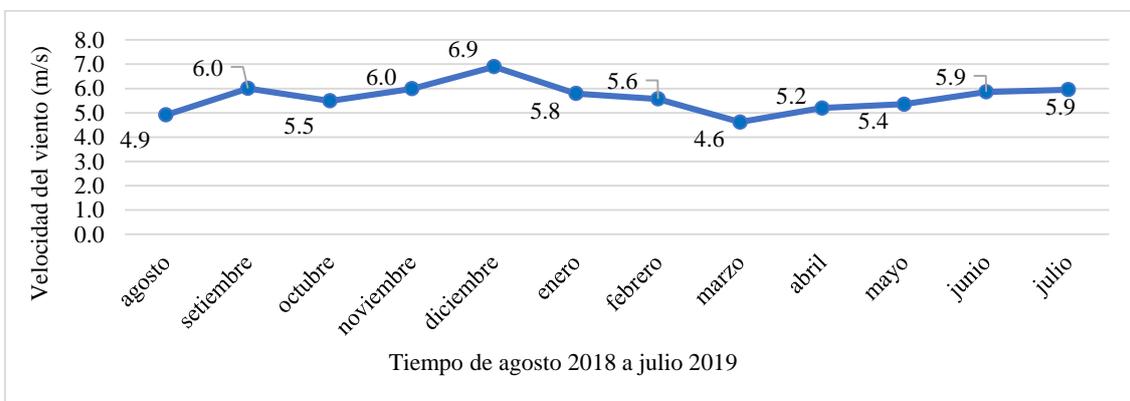
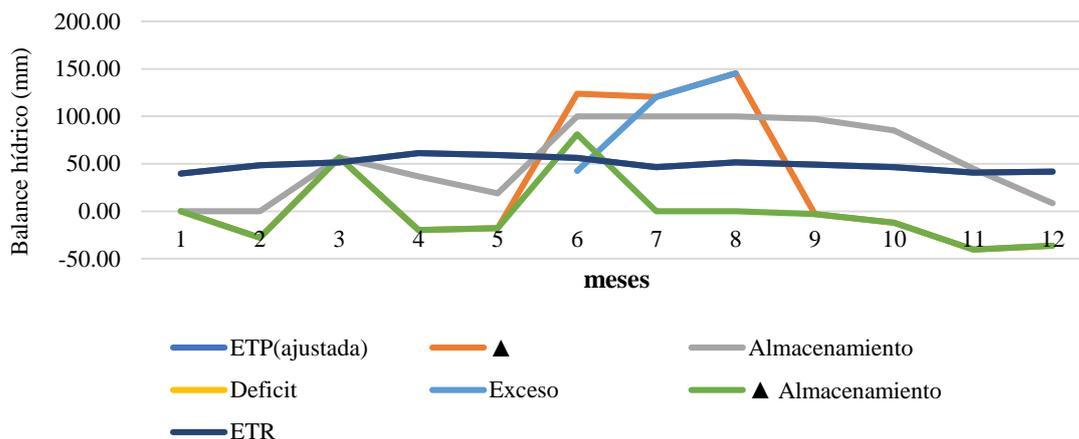


Figura 10 Velocidad promedio mensual del viento en la ciudad de Huancavelica, periodo 2018-2019.



De acuerdo a los resultados de la investigación de los periodos analizados 2018-2019, los meses en que se tiene reposición, es decir, acumulación de agua en el lugar en estudio corresponde a los meses de agosto, octubre y enero, así también los meses de utilización son los meses de setiembre, noviembre, diciembre, abril, mayo, junio y julio. Analizando este periodo podemos concluir que fue un periodo con mayor utilización que reposición de agua, tal como se muestra en la Figura 11.

Figura 11 Balance hídrico periodo 2018-2019 en la ciudad de Huancavelica.



Correlación y regresión

De acuerdo a los coeficientes de correlación entre el balance hídrico y los parámetros analizados, los que presentan mayor correlación es con la variable precipitación pluvial con un valor de 0.68, seguido de la humedad relativa con un valor de 0.66 y finalmente la temperatura ambiental con un valor de 0.49. El modelo predictivo tal como se muestra en la Ecuación 1, del balance hídrico mensual está en función a la precipitación.

$$Y = -27.47 + 0.35 (X5) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- Y = Variación de almacenamiento en mm
 X5 = Precipitación mensual en mm

DISCUSIÓN

A partir de los resultados encontrados, en la investigación realizada de los parámetros meteorológicos, muestran comportamientos esperados, pero en otros casos se presentan anomalías que ocasionan desastres naturales cuando no se toman las medidas de prevención (Acosta & Viale, 2017). Esos cambios son evidencias del cambio climático que se presenta (Alvarez et al., 2017). Los datos de precipitación y temperatura son

aquellos en que la variación determina otros datos importantes como el caso de la determinación de balance hídrico además de ser datos básicos para la comprensión de la variabilidad meteorológica (Primo, 2015).

El estudio de la variación meteorológica es importante para dar una interpretación de la realidad que se presenta en una localidad (Norabuena, 2014). La variación climática se presenta en cualquier periodo que se analice siendo la precipitación y la temperatura las de mayor irregularidad como en la investigación realizada y están asociadas al crecimiento de las áreas urbanas como indica De Oliveira et al., (2007). Otros estudios que han correlacionado las variables climáticas indican que estos modelos son importantes para predecir el comportamiento de las variables meteorológicas como también concluye la investigación de Carvajal al., (1999).

El sistema climático está integrado por cinco grandes componentes: la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la superficie terrestre y la biosfera, y las interacciones entre ellos (Chavez, 2010), es por eso que se hace necesario investigaciones que estudien estas variaciones que se dan en el tiempo para un mejor entendimiento del funcionamiento del clima. Y las variaciones que muestran mayor irregularidad tiene que ver con el crecimiento de las zonas urbanas respecto a las zonas rurales como también reporta Primo (2015).

El balance hídrico para estimar la cantidad de agua que recibe un territorio actualmente es de prioridad para afrontar los problemas de deficiencia de agua que año a año se incrementa, así también en el periodo analizado se ha encontrado meses de mayor utilización del agua en comparación a los meses de reposición lo que en otros estudios se buscan métodos para validarlos y para estimar la precipitación (Lujano Laura al., 2015). Los parámetros como la precipitación y temperatura son irregulares de ellas depende la escasez o abundancia de agua en el planeta como indican Villegas al., (2014) como también indica la investigación de Riquelme (2010). Los estudios para determinar el comportamiento del ciclo hidrológico sirven para realizar pronósticos de la oferta y demanda de agua en las que se encontraran periodos de mayor y menor disponibilidad de agua como también muestran otras investigaciones por ejemplo la investigación de Lujano al., (2016).

Así también las precipitaciones en periodos cortos muestran comportamientos de alta intensidad y de periodos cortos (Ramírez-Cerpa al., 2017). En cada área los componentes

como el suelo, la vegetación y el uso que se da al territorio también alteran el balance hídrico por ejemplo en la zona en estudio el área urbana es la que se incrementa y esta contribuye a la disminución de las reservas de agua que se dan en el territorio (Echeverría al.,2007). Las actividades agrícolas son también factores que influyen directamente en el balance hídrico por el uso que se da al agua mientras que otras actividades reducen la disponibilidad del agua (Del Toro-Guerrero al., 2014).

CONCLUSIONES

La variación de los parámetros meteorológicos (temperatura ambiental, precipitación pluvial, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento, radiación solar y radiación ultravioleta) influyeron en el balance hídrico de la ciudad de Huancavelica en el periodo estudiado 2018-2019.

El balance hídrico depende de los parámetros temperatura ambiental y precipitación pluvial de acuerdo al método de Thornthwaite usado en la investigación, así como en análisis de regresión indica que depende principalmente de la precipitación pluvial.

La radiación solar presenta un comportamiento que está en función a las estaciones del año y la radiación ultravioleta en la zona presenta valores considerados dentro del rango de alto a muy alto siendo la radiación solar el factor que incide directamente en el balance hídrico, además la variación de la humedad relativa y la presión atmosférica también muestran comportamientos irregulares que indirectamente inciden en el balance hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberola A. 2015. *Tiempo, clima y enfermedad en la prensa española de la segunda mitad del siglo XVIII. Diarios meteorológicos y crónicas de desastres en el Memorial Literario*. <https://doi.org/10.4000/argonauta.2142>
- Campo A. M., Ramos M. B., Zapperi P. A. n.d. *Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, Argentina*. Buenos Aires. Retrieved from <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Climatologia/16.pdf>
- Carvajal Y., Grisales C., & Mateus J. 1999. *Correlación de variables macroclimáticas del Océano Pacífico con los caudales en los ríos interandinos del Valle del Cauca (Colombia)*. *Revista Peruana de Biología*, 6(3), 009–017. <https://doi.org/10.15381/rpb.v6i3.8426>
- Chavez T. J. 2010. *Cambios climáticos en la Tierra por perturbaciones astronómicas*.

- Universidad nacional de Ingeniería. Retrieved from http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2910/4/chavez_ct.pdf
- De Oliveira J. C., Dos Santos L., & Alvez De Souza C. 2007. *Comportamento dos elementos climáticos seleccionados no período de 1971 a 2003 na cidade de Cáceres-MT/Brasil*. Espacio y Desarrollo, 0(19), 21–36. Retrieved from <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/10632>
- Del Toro-Guerrero F. J., Kretschmar T., & Hinojosa-Corona A. 2014. *Estimación del balance hídrico en una cuenca semiárida, El Mogor, Baja California, México*. Tecnología y Ciencias Del Agua, 5(6), 69–81. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000600005&script=sci_arttext
- De Schiller S., Evans J. M., & Katzschner L. 2001. *Isla de calor, microclima urbano y variables de diseño estudios en Buenos Aires y río gallegos. Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 5, 45–50. Retrieved from <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2001/2001-t001-a009.pdf>
- Echeverría C., Huber A., & Taberlet F. 2007. *Estudio comparativo de los componentes del balance hídrico en un bosque nativo y una pradera en el sur de Chile*. Bosque, 28, 271–280. Retrieved from <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v28n3/art13.pdf>
- Galán C., Infante F., Ruiz de Clavijo E., & Domínguez E. 1988. *Variación estacional y diaria del polen de Olea europaea L. en la atmósfera de Cordova en relación con los parámetros meteorológicos*. An. Asoc. Palinci, 46–53. Retrieved from <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/8670/aple4.5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jobbagy E. G., Acosta A. M., & Noretto M. D. 2016. *Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina)*. Ecología Austral, 23, 87–96. Retrieved from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/5813>
- Lujano E., Felipe O. G., Lujano, A., & Quispe J. 2015. *Validación de la precipitación estimada por satélite TRMM y su aplicación en la modelación hidrológica del río Ramis Puno Perú*. Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation, 17(2), 221–228. <https://doi.org/10.18271/ria.2015.116>
- Lujano E., Sosa J. D., Lujano A., & Lujano R. 2016. *Modelación hidrológica*

- semidistribuida en la región hidrográfica del Titicaca: caso de estudio cuenca del río Ramis, Perú.* Rev. Investig. Altoandin., 18(4), 431–438. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.235>
- Magaña V. O., & Gay C. 2014. *Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México.* Researchgate.Net, 9–26. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Gay_Garcia/publication/267721218_EVALUACION_DE_ESCENARIOS_REGIONALES_DE_CLIMA_ACTUAL_Y_DE_CAMBIO_CLIMATICO_FUTURO_PARA_MEXICO/links/54938e860cf22d7925da3200.pdf
- Norabuena A. M. 2014. *Modelo empírico para pronóstico de temperaturas mínimas en periodos de inicio y fin de campaña agrícola [Universidad Nacional Agraria La Molina].* http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1908/P40_N6_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marini M. F., & Piccolo M. C. 2000. *El balance hídrico en la cuenca del río Quequén Salado, Argentina.* Papeles de Geografía, 31, 39–53. Retrieved from <https://revistas.um.es/geografia/article/view/47411/45431>
- Páez A., Espitia J. E., & Cárdenas E. 2013. *Análisis de datos meteorológicos para identificar y definir el clima en Yopal, Casanare.* Revista de Medicina Veterinaria, ISSN 0122-9354, N°. 25, 2013, Págs. 85-92, (25), 85–92. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4943816>
- Pezoa L. S. 2003. *Recopilación y análisis de la variación de las temperaturas (período 1965-2001) y las precipitaciones (período 1931-2001) a partir de la información de estaciones meteorológicas de Chile entre los 33° y 53° de latitud Sur.* Universidad Austral de Chile. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fifp521r/sources/fifp521r.pdf>
- Primo A. 2015. *Variabilidad de la temperatura y de la precipitación, en la ciudad de Toluca, estado de México. Periodo: 1970-2013.* Toluca. Retrieved from <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49235/UAEM-FAPUR-THESIS-PRIMO%20CALBERTO.pdf?sequence=1>
- Ramírez-Cerpa E., Acosta-Coll M., & Vélez-Zapata J. 2017. *Análisis de condiciones climatológicas de precipitaciones de corto plazo en zonas urbanas: caso de*

- estudio Barranquilla, Colombia.* Idesia (Arica), 35(ahead), 0–0.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292017005000023>
- Riquelme J. P. 2010. *Incertidumbre de las variables meteorológicas en la estimación de los recursos hídricos futuros en la cuenca del río Pangal.* Universidad de Chile. Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-riquelme_js/pdfAmont/cf-riquelme_js.pdf
- Villegas I., Méndez J., Reyes D., Barrios B., & Torres C. D. 2014. *Variación de la precipitación y temperatura en el municipio de Teziutlán, Puebla.* Biológico Agropecuaria, 588–598.
- Yevra M., De Santis A., & Chuvieco E. 2005. *Estimación del peligro de incendios a partir de teledetección y variables meteorológicas: variación temporal del contenido de humedad del combustible.* Dialnet.Unirioja.Es, 1, 9–19. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3178816.pdf>
- Zúñiga I., & Crespo del Arco E. 2010. *Meteorología y climatología.* (UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, Ed.). Madrid. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliounhsp/reader.action?docID=3202072>