



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,
Volumen 8, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3

**PRONÓSTICO DEL CAUDAL DE LA CUENCA
DEL RIO HUAURA MEDIANTE UN SISTEMA DE
INFERENCIA DIFUSO, BASADO EN
PRECIPITACIONES**

**FLOW FORECAST OF THE HUAURA RIVER BASIN USING A
FUZZY INFERENCE SYSTEM, BASED ON PRECIPITATION**

Johnny Gregorio Cipriano Bautista
Universidad Nacional del Santa, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11929

Pronóstico del Caudal de La Cuenca del Rio Huaura Mediante un Sistema de Inferencia Difuso, Basado en Precipitaciones

Johnny Gregorio Cipriano Bautista¹jcipriano@unjfsc.edu.pe<https://orcid.org/0000-0002-7239-4665>

Universidad Nacional del Santa

Perú

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo, pronosticar el caudal de la cuenca del rio Huaura mediante un sistema de inferencia difuso basado en precipitaciones. El Método de Investigación es Descriptivo – proposicional. El diseño de investigación es de tipo no experimental. En las precipitaciones pluviales se han considerado cuatro variables de entrada: Lluvias (muy ligero, ligero, moderada baja, moderada media, moderada, fuerte y muy fuerte), Llovizna (muy ligeras, ligero, moderada baja, moderada media, moderada, fuerte y muy fuerte), granizo (pequeño, mediano A, mediano B, mediano, grande y muy grande) y nieve (ligera, moderada baja, moderada medio, moderada, fuerte y muy fuerte). En la variable de salida se consideró la descarga de agua (mínimo, medio y máximo). Para el análisis de datos se utilizó el sistema de inferencia difuso If – Then tipo Mamdani con funciones de pertenencia trapezoidal. Analizando esta regla encontramos que, si lluvia es muy ligera de 0.219 mm/h, llovizna es muy ligero de 0.0296mm/h, el granizo es pequeño de 0.0mm y la nieve ligera de 0.0mm/h entonces al caudal es mínimo de 19,98m³/s; y si la lluvia es muy fuerte de 10.00mm/h, llovizna es muy fuerte de 0.6mm/h, el granizo es muy grande de 60.00mm y la nieve es muy fuerte de 6.00mm/h entonces el caudal es máximo de 59.6 m³/s. Se concluye que esta aplicación permite pronosticar el caudal de la cuenca del rio Huaura.

Palabras clave: Pronóstico del caudal, inferencia difusa, precipitaciones pluviales

¹ Autor principal.

Correspondencia: jcipriano@unjfsc.edu.pe

Flow Forecast of the Huaura River Basin Using a Fuzzy Inference System, Based on Precipitation

ABSTRACT

The objective of this research work is to forecast the flow of the Huaura river basin by means of a fuzzy inference system based on rainfall. The research method is descriptive - propositional. The research design is non-experimental. Four input variables were considered in rainfall: Rainfall (very light, light, low moderate, low moderate, medium moderate, moderate, strong and very strong), Drizzle (very light, light, low moderate, medium moderate, moderate, moderate, strong and very strong), hail (small, medium A, medium B, medium, large and very large) and snow (light, low moderate, medium moderate, moderate, moderate, strong and very strong). Water discharge (minimum, medium and maximum) was considered in the output variable. For data analysis we used the Mamdani type If - Then fuzzy inference system with trapezoidal membership functions. Analyzing this rule we found that if rain is very light 0.219 mm/h, drizzle is very light 0.0296mm/h, hail is small 0.0mm and light snow 0. 0mm/h then the minimum flow rate is 19.98m³/s; and if the rainfall is very heavy 10.00mm/h, the drizzle is very heavy 0.6mm/h, the hail is very large 60.00mm and the snow is very heavy 6.00mm/h then the maximum flow rate is 59.6 m³/s. It is concluded that this application allows forecasting the flow of the Huaura river basin.

Keywords: Flow forecasting, fuzzy inference, rainfall

Artículo recibido 22 mayo 2024

Aceptado para publicación: 26 junio 2024



INTRODUCCIÓN

Es necesario plantearse cómo proteger los recursos hídricos, sobre todo porque es probable que la escasez de agua se convierta en una realidad con el paso del tiempo y el aumento de la contaminación. La falta de agua puede producirse tanto físicamente, cuando no hay agua suficiente para abastecer a la población, como económicamente cuando los recursos hídricos no se gestionan bien.

En el Perú la demanda total estimada del agua es de 49 717.97 hectómetro cubico por año de los que 26 080.71 hectómetro cubico por año equivale a un 52 por ciento corresponden a usos consuntivos y 23 637.26 hectómetro cubico por año equivale a un 48 por ciento a usos no consuntivos. La mayor cantidad de agua se destina a la agricultura en el sector de consumo y en el energético. La Autoridad Administrativa del Agua con mayor demanda de agua total es la Autoridad Administrativa del Agua Cañete Fortaleza con 9 533.38 hectómetro cubico por año por el peso de la energética, seguida de Jequetepeque y Zarumilla con 9 418.02 hectómetro cubico por año por el componente agrícola y Mantaro, con 7 460.78 hectómetro cubico por año por la energética (ANA, 2013).

La precipitación es la cantidad de agua que cae sobre la superficie de la tierra, que se forma a partir de la humedad atmosférica ya sea en forma líquida (llovizna y lluvia) o sólida (escarcha, nieve, granizo) (García, 2014); es importante conocer el proceso de las precipitaciones, porque con ello podemos analizar el caudal y tener en cuenta que la precipitación se deposita en la superficie del suelo, luego el agua se distribuye por la superficie terrestre en forma de escorrentía superficial o escorrentía superficial o mediante infiltración (Villacorta el al., 2010). El flujo de agua es el volumen, que fluye a través de un tramo determinado de arroyo, río o arroyo en un tiempo determinado, como segundos (Gonzales, 2014).

El río Huaura tiene una longitud de aproximadamente 158.3 kilómetros, presentando una pendiente promedio de 3 por ciento, y la capacidad máxima de captación del valle se estima en 40,68 m³/s, el caudal medio mensual del río Huaura es de 25,3 m³/s, mientras que para el río Chico de 1,8 m³/s y algunas mas importantes son: Laguna Surasaca 21.7 millones de metros cúbicos útil, Laguna de Cochaquillo 25.7 millones metros cúbicos y Laguna Paton 5.7 millones

metros cúbicos (Musayón, 2013).

La lógica difusa o borrosa, es una lógica multivaluada y permite por medio de conjuntos de pertenencia una forma práctica de enfocar los problemas tal como se visualiza en el mundo real (Acosta, 2006, p.13), su algoritmo permite modelizar situaciones de incertidumbre entre la verdad y la falsedad de sus proposiciones; y expresa el grado de pertenencia mediante un valor en un intervalo cerrado de 0 a 1 (Zadeh, 1965), combinan variables de entrada definidas en términos difusos por medio de reglas que producen uno o varios valores de salida (Martínez y Andrade, 2016); una función de membresía, permite asignar a cada elemento un valor real que indica en qué medida pertenece al conjunto en un intervalo de 0 y 1, el valor más grandes indica un mayor grado de pertenencia al conjunto, en cambio los valores pequeños indican una baja pertenencia y casos extremos un valor de 0 indica ningún cumplimiento, mientras que un valor de 1 indica cumplimiento total (Reyna, 2008). Para tal efecto consideramos la investigación de Niño (2013) menciona que para obtener predicciones más precisas en universos fijos con tablas de entrenamiento, es necesario que nuestras entradas y salidas se superpongan en sus conjuntos difusos; mientras que Díaz (2009) menciona que la implementación de la lógica difusa permite modelar la incertidumbre de la demanda del mercado a través de tres variables lingüísticas; A menudo Zuñiga (2009) utiliza predicciones utilizando técnicas de redes neurodifusas. Mientras que Aguirre(1998) Concluye que el balance hídrico con los cuales medios mensuales presenta un déficit en los meses de setiembre y octubre que corresponde a 4.11 millones metros cúbicos. En los meses restantes el balance es positivo, presentándose superávits importantes sobre todos los meses de enero abril. Galindo (2002) define a la función trapezoide por sus límites inferior a y superior d, y los límites de su soporte, b y c, inferior y superior respectivamente.

Las inundaciones y la escasez de agua en el valle de Huaura Sayán están causando problemas que afectan a la población de Huaura y sus alrededores, debido a las pérdidas de cultivos y la escasez de agua. Esta investigación permitirá conocer el pronóstico de caudales de la cuenca del río Huaura, prevenir inundaciones en la cuenca y planificar la distribución de agua al sector agrícola y el abastecimiento de agua a la población de Huaura. En conclusión este el sistema de inferencia difuso nos ayuda a pronosticar el caudal del río Huaura.

METODOLOGÍA

El Método de Investigación es Descriptivo – proposicional, con diseño de investigación de tipo no experimental. La investigación no experimental que se refiere a la investigación realizada sin manipulación consciente de variables y en la que los fenómenos simplemente se observan en su entorno natural y luego se analizan (Hernández et al., 2004). La población en estudio estuvo constituido por todos los factores (Lluvia, llovizna, granizo y nieve) que pronostican el caudal de la cuenca del río Huaura. En las precipitaciones pluviales se han considerado cuatro variables de entrada: Lluvias (muy ligero, ligero, moderada baja, moderada media, moderada, fuerte y muy fuerte), Llovizna (muy ligeras, ligero, moderada baja, moderada media, moderada, fuerte y muy fuerte), granizo (pequeño, mediano A, mediano B, mediano, grande y muy grande) y nieve (ligera, moderada baja, moderada medio, moderada, fuerte y muy fuerte). En la variable de salida se consideró la descarga de agua (mínimo, medio y máximo). El número de reglas del sistema ha sido dado por todas las posibles combinaciones de calificadores en los antecedentes, dado que hay 4 variables de entrada con tres calificadores este número de combinaciones es 82 reglas lógicas. Para el análisis de datos se utilizó el sistema de inferencia difuso (fuzzy) procesado por el software matlab. Se utilizó la regla difusa de Mamdani: IF x_1 is A AND x_2 IS B AND x_3 IS C AND x_4 D THEN u_1 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para pronosticar el caudal de la cuenca del río Huaura, teniendo en cuenta la precipitaciones pluviales como: lluvia, llovizna, granizo y nieve y tomando como referencia el estudio realizado por la Dirección de conservación y planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Local del agua Huaura se diseño de la manera siguiente:

Figura 1 Construcción del sistema de inferencia difuso

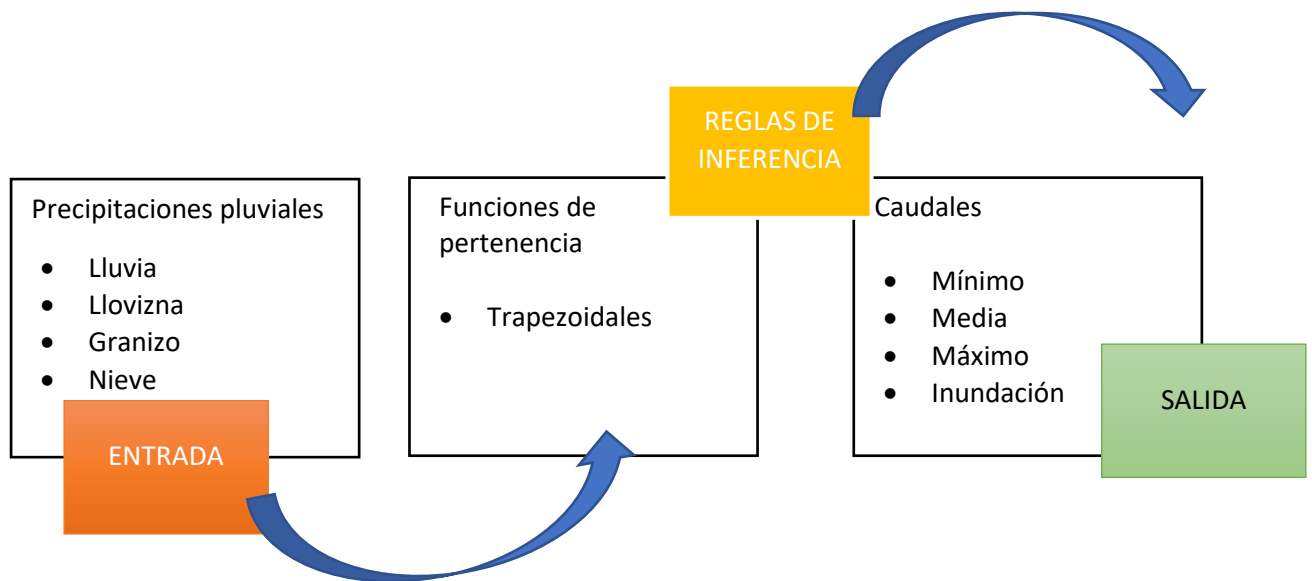


Tabla 1 Resultados del pronóstico de la caudal de rio Huaura(m3/s) estación Sayán puente Alco

Precipitaciones				Pronostico
Luvia(mm/h)	Lovizna(mm/h)	Granizo(mm)	Nieve(mm/h)	Caudal(m3/s)
0.219	0.0206	0	0	19.9
0.469	0.0356	2.05	0.131	21.7
8.59	0.407	14,3	2.94	43.9
8.59	0.504	28.9	3.24	48
5.53	0.346	35.9	3.74	48.3
6.29	0.429	51.4	4.48	51.6
8.41	0.475	51.4	5.31	53.8
9.17	0.6	58.6	5.68	59.3
5.28	0.444	30	2.83	40.9
10	0.6	60	6	59,6

Según se muestra en la tabla, el pronóstico del caudal de la cuenca del Rio Huaura, se avaluó con un sistema de inferencia difuso, basados en precipitaciones pluviales, utilizando el software Matlab y analizando en el sistema de inferencia difuso resulta:

En la primera regla, si (lluvia es ligera) and (llovizna es débil) and (Granizo es pequeño) and (Nieve es ligera) then (caudal es mínimo); Analizando esta regla encontramos que si lluvia es ligera de 0.219, llovizna 0.0296, el granizo de 0.0 y la nieve es 0.0 entonces al caudal es mínimo de 19,9 m³/s.

En la regla dieciocho, si (lluvia es fuerte) and (llovizna es fuerte) and (Granizo es grande)and

(Nieve es fuerte) then (caudal es máximo); analizando esta regla encontramos que si lluvia es fuerte de 10.00, llovizna 0.6, el granizo de 60.00 y la nieve es 6.0 entonces al caudal es máximo de 59,6 m³/s.

CONCLUSIONES

Luego de terminar la investigación presente, llegamos a puntualizar las siguientes conclusiones: Para lograr el objetivo de este trabajo de investigación que es pronosticar el caudal de la cuenca del rio Huaura mediante un sistema de inferencia difuso basado en precipitaciones se definió el universo discurso.

Se ha comprobado que con la información de las precipitaciones se pronostica los caudales del rio Huaura, además se encontró que el sistema de inferencia difuso ayuda a pronosticar el caudal del rio Huaura mediante las precipitaciones pluviales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, H. N. (2006). Diseño de Controladores dedicados a la lógica difusa. Madrid, España: Universidad Autonoma de Madrid.
- Autoridad Nacional de Agua (2013). Plan Nacional de recursos hídricos en el Peru , memoria 2013. Lima
- Aguirre, M. (1998) Estudio del Balance Hídrico de la cuenca del rio Huaura. Lima.
- Días, J. (2009). Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. Chihuahua. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Chihuahua
- Da Silva Santos , F., & López Vargas , R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 1(1), 46–59.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>
- Fernández C., F. (2024). Determinación De Erodabilidad En Áreas De Influencia Cuenca Poopo Región Andina De Bolivia. Horizonte Académico, 4(4), 63–78. Recuperado a partir de <https://horizonteacademico.org/index.php/horizonte/article/view/19>
- Garcia Ruesta, J. (2012). Modelo de perdidas para determinar precipitacion efectiva usando sistema de informacion geografica. Universidad de Piura. Perú



- Galindo J. (2007) Conjunto y Sistemas difusos sistema de informacion geografica. Universidad de Malaga. España
- Gonzales, A. (2014). Medicion de caudal. Medellin. Colombia.
- Hernandez Sampieri, R, Fernandez Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2004) Metodología de la Investigación. México. Mc. Craw Hill.
- Martínez, N., & Andrade, H. (2016). Integración de la lógica difusa a la dinámica de sistemas para la selección de terrenos de cultivos agrícolas. Revista Elementos , 149-166.
- Mosquera Molina , K. J., Núñez Gutiérrez , I. K., & Ramírez Lozada , H. (2024). Innovative Didactic Activities to Develop Senior High School Students' English Speaking Skills . Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica , 4(1), 443–464.
<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.110>
- Mosquera Molina , K. J., Núñez Gutiérrez , I. K., & Ramírez Lozada , H. (2024). Innovative Didactic Activities to Develop Senior High School Students' English Speaking Skills . Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica , 4(1), 443–464.
<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.111>
- Medina Nolasco, E. K., Mendoza Buleje, E. R., Vilca Apaza, G. R., Mamani Fernández, N. N., & Alfaro Campos, K. (2024). Tamizaje de cáncer de cuello uterino en mujeres de una región Andina del Perú. Arandu UTIC, 11(1), 50–63.
<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i1.177>
- Niño, E. (2013). Pronostico de recursos hídricos, por medio de lógica difusa. Tesis para optar por el título de ingeniero electrónico y telecomunicaciones. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Neri Vázquez, J. R., & Perez Jaramillo, P. A. (2024). Percepción de inseguridad en personal sanitario del bajío mexicano. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 5(1), 234–252. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i1.87>
- Reina, D. (2008). Fundamentos de la matemática difusa.
- Villacorta , S., Chira, J., Ochoa, M., Sánchez, M., Pari, W., & Valencia, M. (2010). Estudio geoambiental de la cuenca del rio Huaura. Lima.



Zuñiga, A. Aguirre, D. (2010). Pronóstico de caudales afluentes para la planificación de la operación de sistemas hidrotérmicos de potencia aplicando el modelo ANFIS. Guayaquil, Ecuador.

Zadeh, L.(1965). Fuzzy sets. Information and control, vol. 8 (1965), pp. 338–353. - L. A. Zadeh. Similarity relations and fuzzy orderings. Information sciences, vol. 3 (1971), pp. 177–200

Musayon, J. (2013). Análisis y situación de la Cuenca hidrográfica del río Huaura.

<https://issuu.com/pepelhc/docs/01-ancajima-ana>

