

MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO HUALLAGA Y ESTUDIO DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Julio I. Montenegro Gambini^{1,3} y Lincoln Esteban Esteban^{2,3}

¹Instituto IMEFEN - Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima, Perú.

²Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL), Huánuco, Perú.

³Asociación Peruana de Software Libre para Ciencias e Ingeniería (OpenCAE Perú). Lima, Perú.

E-mail: jmontenegrog@uni.edu.pe, lincoln1807@hotmail.com

Introducción

El cambio climático hoy en día es considerado una amenaza en las actividades económicas de las regiones y países en vías de desarrollo, los mismos que cuentan con recursos limitados para hacer frente a los efectos negativos. En el caso de la sierra y selva peruana, los impactos previstos en la variabilidad natural del clima han mostrado variedad acorde a distintos estudios realizados, como condiciones lluviosas en la estación invierno, días muy secos en verano, y un consenso en el aumento de la temperatura media. Todo ello afectaría negativamente a la actividad agrícola y por ende a la economía regional y local. Es necesario con esto plantear posibles escenarios cuyo objetivo no es predecir el futuro, pero sí entender las incertidumbres con el fin de llegar a decisiones que sean robustas en una amplia gama de posibles futuros (Ruiz et al., 2013) todo con el fin de hacer frente a los efectos negativos.

Zona de estudio

La hidrografía del Río Huallaga con referencia al sitio donde se construirá el nuevo puente, es compleja y extensa y abarca cuatro Regiones: Cerro de Pasco, La Libertad, Huánuco y San Martín. La Longitud total desde sus nacientes en Pasco es de 895 Km. El área de colección hídrica es de aproximadamente 68250.16 Km² con afluentes de serie de ríos de segundo y tercer orden. El Río Huallaga recorre desde una altiplanicie de la vertiente del Atlántico u oriental de la Cordillera de los Andes en el centro del Perú, en el extremo noroeste del Departamento de Pasco. Situada al este de la Cordillera Occidental, en esa parte consta de llanuras de pastos naturales rodeadas de accidentadas montañas con lagunas y glaciales, luego baja con dirección a la ciudad de Huánuco y Tingo María por topografía agreste en dirección sur este a noroeste, pendiente promedio de 12% en las partes altas, y de 0.20% en la selva a partir de la ciudad de Tingo María. La altitud de la cuenca varía aproximadamente desde 200 msnm por el este de la cuenca hasta altitudes superiores a 5000 msnm en la cordillera de los Andes. La temperatura del aire media anual es próxima a 20 °C, la evapotranspiración varía entre 3,0 y 5,5 mm.día⁻¹, siendo mayor en el este de la cuenca (Lavado 2010). La lluvia media anual es de 1700 mm.día⁻¹, la precipitación mínima se registra entre los meses de abril-noviembre y la máxima entre los meses de diciembre-marzo. El régimen de lluvias máximas está fuertemente influenciado por los vientos Alisios procedentes del Atlántico noreste que atraviesan la cuenca amazónica (Lavado 2010, Killeen et al. 2007).

Información y resultados

Para representar la precipitación en la zona se ha utilizado datos de precipitación y caudal de distintas estaciones pluviométricas e hidrométricas con registro diario operadas por El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de la Cuenca Alta del Huallaga ubicadas desde la cota 645 m.s.n.m hasta 4,260 m.s.n.m, que tiene una cobertura casi total de la cuenca de extensión que abarca las Regiones de Pasco, La

Libertad, Huánuco y San Martín. La información fue obtenida de láminas proveídas por las oficinas central y dirección regional SENAMHI en Huánuco, asimismo de la base de datos del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH) desarrollado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Los datos obtenidos por El Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD) y la Autoridad Nacional del agua a partir de observaciones en reglas limnimétrica y usando equipos ADCP fueron también útiles.

Los Modelos de circulación general (GCM) han sido utilizados por muchas investigaciones para conducir modelos hidrológicos con el fin de evaluar el impacto del cambio climático en los recursos hídricos. Los GCM son modelos numéricos que simulan procesos físicos, teniendo en cuenta muchos factores, como la atmósfera, el movimiento oceánico, la criosfera y la superficie terrestre. Estos modelos se pueden utilizar para la predicción del clima, para comprender el clima y simular la respuesta del sistema climático global para incrementar la concentración de GEI, en nuestra investigación usaremos 18 modelos.

Para el estudio de escenarios climáticos futuros, la investigación se ha basado en el Quinto Informe IPCC con 4 nuevas trayectorias de Concentración Representativas (RCP). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5W/m². Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), 2 escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP8.5).

Las series de tiempo diarias proyectadas de las variables precipitación y temperatura se generaron y analizaron a partir de este análisis y como paso final de la cadena modelo, los conjuntos de datos proyectados se tradujeron al modelo hidrológico (RS-MINERVE) calibrado con datos históricos observados para generar series de tiempo de caudales.



Figura 1.- Modelo Hidrológico del Río Huallaga.

Se utilizó la plataforma RS-MINERVE en la cual los modelos GR4J, HBV fueron adecuados siguiendo un criterio espacial semidistribuido, la cuenca fue subdividida en 54 subcuencas considerando la fisiografía y red hidrometeorológica. (Foehn et al, 2015; García et al, 2015). El modelo fue calibrado considerando 15 años de información hidro-meteorológica, el periodo comprendió de Sept. 1981 – Ago. 2006 y el de validación de Sept. 2010 – Ago. 2016. Para evaluar la respuesta de los modelos se empleó 3 indicadores estadísticos de eficiencia El coeficiente de Nash Sutcliffe, Relative Root Mean Square, Error RRMSE y Coeficiente de Bias Score.

Durante el análisis, se evidenció que las proyecciones CMIP5 del clima sobre la cuenca se presentaron en términos del cambio en el promedio anual de la cuenca en períodos de 30 años centrados en 2020, 2050 y 2080, en relación con los 30 años de historia período de referencia centrado en 1990, para dos representantes vías de concentración, RCP 4.5 y RCP 8.5. Escenario de RCP 8.5 también muestra una señal media más fuerte para aumento de la precipitación durante la temporada húmeda, con un 1.01 mm/día en promedio anómalo en comparación con 0.48 mm/día bajo RCP 4.5. mientras tanto la estación seca precipitación indica un aumento inicial ligero hacia los primeros 30 años para luego descender a condiciones neutrales y volver a ascender hacia el 2080.

La plataforma RS-MINERVE fue capaz de capturar el régimen y las tendencias de las descargas. Esto sugiere que el modelo puede ser útil para determinar los patrones de descarga para las proyecciones climáticas futuras. Por otro lado, bajo el RCP 4.5 escenario, los aumentos en los extremos solo se observan con caudales máximos. De hecho, el único pronunciado impacto hidrológico del cambio climático es el aumento en caudales máximos.

Referencia bibliográficas

- Lavado, et al.** (2012) "Basin-scale analysis of rainfall and runoff in Peru (1969–2004): Pacific, Titicaca and Amazonas drainages" *Hydrological Sciences Journal*.
- MINAM** (2010). "El Perú y el cambio climático, segunda comunicación nacional del Perú a la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático".
- SENAMHI** (2014). "Regionalización estadística de escenarios climáticos del Perú". Lima – Perú.
- Zulkafli et al** (2016). "Projected increases in the annual flood pulse of the Western Amazon". *Environ. Research Letters* 11 (2016) 014013.
- Foehn, A., García Hernández, J., Roquier, B. & Paredes Arquiola, J.** (2015). RS MINERVE User's manual v1.17. *RS MINERVE Group*, Switzerland.
- Krause, P., Boyle, D. P. & Bäse, F.** (2005). "Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment". *Advances in Geosciences* 5, 89–97.