



*Aseorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898478*

RFC: AT1120618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.

<http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/>

Año: VIII

Número: Edición Especial.

Artículo no.:20

Período: Marzo, 2021

TÍTULO: Evaluación de la fuente de incertidumbre en la curva de descarga de la microcuenca “Las Flores”, San Sebastián, Manabí, Ecuador.

AUTORES:

1. Ing. Denisse Alexandra Marcillo Barahona.
2. Ing. Paul Adrián Vivas Alcívar.
3. Máster. José Ramón Alarcón Loor.

RESUMEN: El presente trabajo de investigación mixta indagó y comparó mediante una evaluación, la incertidumbre asociada a la curva de descarga simulada en la microcuenca Las Flores, en San Sebastián, Manabí, Ecuador, con la finalidad de disminuir los diferentes aspectos de incertidumbre que estaban en cuestionamiento, debido a la falta de datos reales para generar una curva de descarga. Se recopilaron datos mediante 12 aforos realizados por dos métodos diferentes (correntómetro y volumétrico). Se generó la comprobación de la relación entre los datos simulados y datos obtenidos, a través del cálculo de la raíz del error cuadrático medio (RECM), ejecutado mediante los programas *Microsoft Excel* y *Hec-Ras*, usados también para verificar los resultados.

PALABRAS CLAVES: incertidumbre, curva de descarga, microcuenca, aforos.

TITLE: Assessment of the uncertainty source on discharge flow curve of "Las Flores" basin, San Sebastián, Manabí, Ecuador.

AUTORES:

1. Eng. Denisse Alexandra Marcillo Barahona.
2. Eng. Paul Adrián Vivas Alcívar.
3. Master. José Ramón Alarcón Loor.

ABSTRACT: This mixed research work investigated and compared, through an evaluation, the uncertainty associated with the simulated discharge curve in the Las Flores micro-basin, in San Sebastián, Manabí, Ecuador, in order to reduce the different aspects of uncertainty that were in question. , due to the lack of actual data to generate a discharge curve. Data were collected using 12 gauges performed by two different methods (current meter and volumetric). The verification of the relationship between the simulated data and the data obtained was generated, through the calculation of the root mean square error (RECM), executed by means of the Microsoft Excel and Hec-Ras programs, also used to verify the results.

KEY WORDS: Uncertainty, discharge curve, microbasin, discharge measurements.

INTRODUCCIÓN.

Una curva de descarga es la representación gráfica de las variaciones de las descargas (Q) en la sección transversal de un río en función de las lecturas de mira (H). La curva de calibración se ajusta después a las mediciones utilizando técnicas estadísticas, pero también se puede tener en cuenta otros factores como la influencia que existe por la forma de la sección transversal del río (Castells, 2012). Incertidumbre como tal a menudo es considerada despreciable con respecto a otras aproximaciones que en cierto modo afectan los estudios hidrológicos. Realmente, dado que los datos de descarga del río generalmente se obtienen mediante el llamado método de curva de descarga, varias fuentes de diferentes errores afectan las observaciones derivadas (Gerten, Lucht & Kundzewicz, 2019). Se requiere determinar el caudal preciso en periodos de estiaje para proyectos hidráulicos e hidrológicos

que están relacionados con el manejo de corredores fluviales. Por otra parte, una crecida puede ser de distinta importancia según la variable (caudal, altura, duración, volumen) que se esté analizando y puede variar a lo largo de todo el tramo del río (De Paoli, 2016).

Las estimaciones subsiguientes de flujo se pueden obtener midiendo el nivel, en un poste de medición permanente y leyendo el flujo. Se debe trazar una nueva curva de descarga, si la sección transversal de la corriente cambia por erosión o deposición. Para trazar la curva de descarga, es necesario realizar mediciones en diferentes etapas del flujo, incluidos los flujos de inundación que ocurren con poca frecuencia. Claramente, esto puede llevar mucho tiempo, especialmente si el acceso al sitio es difícil, por lo que es preferible usar algún tipo de canal o canal que no necesite calibrarse individualmente. Su elaboración es relativamente sencilla para niveles en el que se tenga registrado una suficiente cantidad de aforos (niveles medidos). El problema se reduce al ajuste de la curva, ya sea por aforos realizados o por las ecuaciones de los mínimos cuadrados. Para realizar una correcta extrapolación deberá definir, luego de una evaluación rigurosa sobre las condiciones geométricas e hidráulicas de la sección y el tramo (Preciado, 1969).

Los métodos empleados para construcción de las curvas de descargas son los siguientes: Manning, Stevens, Área – Velocidad, Gasto Unitario – Profundidad media, Lunna y Maddock, Leach, Running, Johnson y Logarítmico (extrapolación de niveles bajos), Extensión logarítmica, y Raíz del error cuadrado medio (RECM).

Ecuador se encuentra ubicado en una zona donde existe una gran diversidad climática y una gran variabilidad en la disponibilidad de los recursos hídricos. Con base en esta disponibilidad, se está ejecutando y planificando una serie de proyectos de infraestructura tales como: sistemas de abastecimiento de agua potable, riego, drenaje, etc. En ese sentido, el conocimiento del comportamiento hidrológico de cuencas hidrográficas es vital, y en particular, la modelación hidrológica, que permite estimar la disponibilidad del recurso hídrico para los proyectos, el diseño

seguro de los mismos ante eventos hidrológicos extraordinarios, así como la toma de decisiones referentes a una gestión integral de recursos hídricos; y la influencia de las diferentes obras, en la ocurrencia y propagación de crecidas aguas abajo de las mismas.

Ha existido un creciente interés en la evaluación de la incertidumbre en la hidrología y el análisis de sus posibles efectos en el modelado hidrológico en estos últimos años (Baldassarre & Montanari, 2009).

Es de primordial importancia, la evaluación de la exactitud y precisión de las mediciones de descarga / estimaciones; por ejemplo, evaluación de inundaciones diseño, prevención de inundaciones o la detección de tendencias. Cuando se ignoran los errores que afectan a las series de datos de descarga se pueden obtener resultados engañosos (Lang., Pobanz., Renard & Sauquet, 2010).

A nivel mundial, la aplicación de modelos de calidad del agua de cuencas fluviales está aumentando, a menudo impuesta por la ley; por lo tanto, es importante conocer el grado de incertidumbre asociado con estos modelos y su aplicación a una cuenca hidrográfica específica. Estas incertidumbres conducen a errores que se revelan cuando se comparan los resultados del modelo con las observaciones. Dicha incertidumbre se describe típicamente mediante el cálculo de los residuos; sin embargo, los residuos no deben verse como una estimación de la incertidumbre total, ya que a través del proceso de calibración, los residuos pueden reducirse mediante un ajuste excesivo de los datos, que suele ser el caso de los modelos sobre parametrizados.

Un ajuste excesivo durante un periodo de calibración también puede conducir a resultados muy sesgados cuando el modelo se aplica a otros periodos o condiciones ambientales. Las incertidumbres totales del modelo son, por lo tanto, evaluado por cuatro componentes: La suma de los cuadrados de los residuos (SSQ), las incertidumbres de los parámetros (pueden ignorarse cuando su error es mucho menor que el SSQ), las incertidumbres de los datos de entrada y una incertidumbre predictiva adicional que se expresa cuando aparece el modelo ser sesgado cuando se aplica para datos que no

sean los datos utilizados para la calibración. Las fuentes se clasifican según un criterio de cuantificación (magnitud), así como un criterio de identificación que depende del número de observaciones que cubre la región de confianza (Van Griensven et al., 2006).

El concepto de incertidumbre como atributo cuantificable es relativamente nuevo en la historia de la medición, a pesar de que conceptos como error y análisis de errores han formado parte desde hace mucho tiempo de la práctica de la ciencia de la medida o metrología. Actualmente está ampliamente reconocido que aun cuando se hayan considerado todas las componentes conocidas o sospechadas del error, y se hayan aplicado las correcciones oportunas, aún existe una incertidumbre asociada a la corrección del resultado final; esto es una duda acerca de la bondad con que el resultado final representa al valor de la magnitud medida.

En el presente estudio se recopilieron datos por medio de aforos los cuales se llevaron a cabo mediante los siguientes métodos: volumétrico y molinete. Estos fueron de vital importancia para la evaluación de la incertidumbre que existe en la curva de descarga de la microcuenca “Las Flores”, San Sebastián, Manabí, Ecuador. Una vez se obtuvieron estos datos fueron procesados y utilizados para la elaboración de la curva de descarga la misma que fue de gran utilidad para erradicar la fuente de incertidumbre existente en la curva de descarga simulada de dicha microcuenca.

DESARROLLO.

Área de estudio.

La microcuenca “Las Flores” está ubicada en la parroquia San Sebastián del cantón Pichincha provincia de Manabí, esta microcuenca es afluente de la represa Poza Honda. En dicho sector, se realizan actividades como la ganadería y la agricultura, siendo la agricultura la de mayor incidencia, sin embargo, no cuenta con un adecuado manejo y gestión de la microcuenca lo cual repercute en la contaminación de la zona (Añazco, 2013).

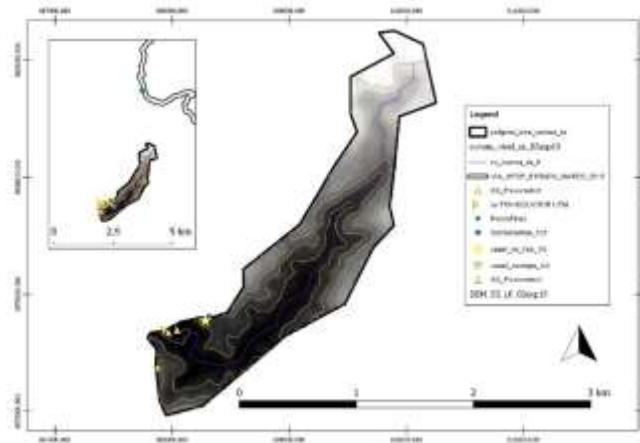


Ilustración 1: *Diagrama de Ubicación*

Extensión: La parroquia rural de San Sebastián cuenta con una superficie de 142,51 Km².

La presente investigación estuvo basada en una metodología cuantitativa y cualitativa. Cuantitativa, ya que parte fundamental de esta investigación es la recolección de datos números con la finalidad de obtener datos como caudales y calados, estos permitirán generar la curva de descarga. Cualitativa, ya que la generación de la curva de descarga con datos reales brindara respuesta a varias de las incertidumbres presentadas en la microcuenca lo cual beneficiara a la población, ya que contara con datos que servirán para posteriores investigaciones mejorando así el uso que se le da a este sitio.

Una vez se justificó la metodología de la investigación, se procedió a realizar la selección de métodos o procedimientos para la obtención de curvas de descarga, para esto se estudiaron diversos métodos existentes detallados a continuación hasta llegar a la selección de los métodos utilizados para esta investigación los cuales fueron los que mejor se adaptaron a las circunstancias del área estudiada y a las condiciones económicas que como estudiantes presentamos.

Métodos implementados.

Una vez realizada la revisión de cada uno de los métodos anteriores se pudo reflejar que ninguno de estos se adaptaba a las condiciones que presentaba nuestra microcuenca, ya que unos no se desarrollan dentro del país, en otros casos los equipos necesarios fueron inaccesibles y es aso como se llegó a la

selección de método para obtención de la curva de descarga en este estudio, los métodos seleccionados fueron dos los cuales son detallados a continuación.

Método aforo con molinete.

Para determinar el volumen que pasa por el cauce en cierto periodo de tiempo, es necesario conocer la medición de la velocidad en una corriente, la información geométrica de la sección donde se mide, así como el registro de los valores del nivel de agua, proporcionan la base con la que se determina dicho Caudal; a este proceso de cuantificación se le denomina aforo y se puede aplicar tanto en ríos como en canales.

Aforo con el método del molinete, el más común de estos instrumentos es el tipo Price, el cual está provisto de una hélice o rueda de aspas que gira impulsada por la velocidad de la corriente, que indica el número de revoluciones con que gira la hélice, por medio de un transductor eléctrico (Fernández, 2019).

Partiendo de los aforos tomados con el molinete se calcula el Caudal (EJEMPLO):

Datos de campo:

En el cuadro aparecen las medidas realizadas en el campo:

Vertical	Distancia a la margen izda (m)	Profundidad total (cm)	Medida	Distancia desde el fondo (cm)	Velocidad (m/s)
1	1,50	23	1A	14	0,21
2	2,80	36	2A	10	0,30
"	"	"	2B	26	0,36
3	4,20	54	3A	12	0,32
"	"	"	3B	24	0,40
"	"	"	3C	43	0,50
4	5,70	63	4A	10	0,42
"	"	"	4B	31	0,56
"	"	"	4C	54	0,64
5	7,10	31	5A	17	0,30
margen derecha	8,10	0			

Figure 1. Aforo con molinete.

Con los datos obtenidos anteriormente dibujamos los perfiles de flujo sobre papel milimétrico: velocidad de corriente en horizontal y profundidad en vertical.

Perfil n°	Superficie (cm ²)	Equivale a (m ² /s)
1	2,16	0,0432
2	5,84	0,1168
3	11,01	0,2202
4	16,84	0,3368
5	4,49	0,0898

Figure 2. Planimetría de perfiles.

Elegimos la escala para dibujar los perfiles, cada cm² de papel equivale a 0,2m/s en horizontal por 0,1 m de profundidad en vertical; es decir:

$$1 \text{ cm}^2 = 0,2 \text{ m/s} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,02 \text{ m}^2/\text{s}.$$

Al multiplicar por este factor (0,02) obtenemos la tercera columna (Evidentemente, en cada caso utilizar las escalas a conveniencia, pero al final, realizar un cálculo similar a este).

Habiendo molinetes digitales que se mueven de arriba a abajo y nos arrojan directamente la velocidad media de esa vertical. En tal caso, bastaría con multiplicar la velocidad media por la profundidad para obtener m²/s.

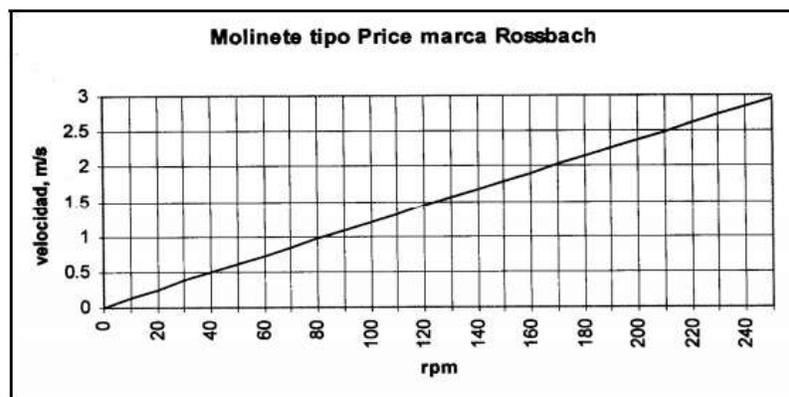


Figure 3 Cálculo del caudal

A continuación, se muestran los valores del gráfico anterior (m²/s) representados a continuación:

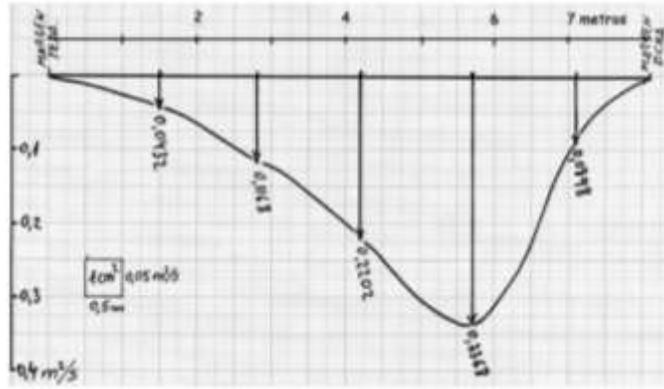


Figure 4. Valores representados.

Se puede considerar como una visión de planta del cauce, por la parte horizontal figura la anchura del mismo y la situación exacta de cada perfil. En vertical figura la magnitud obtenida de cada perfil de flujo. Juntamos los extremos de los vectores con una envolvente de formas suaves.

Método Volumétrico.

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de solo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados (FAO-68 & Hudson, 1997).

Si la corriente se puede desviar hacia una cañería de manera que descargue sometida a presión, el caudal se puede calcular a partir de mediciones del chorro. Si la cañería se puede colocar de manera que la descarga se efectúe verticalmente hacia arriba, la altura que alcanza el chorro por encima del extremo de la tubería se puede medir y el caudal se calcula a partir de una fórmula adecuada tal como se indica en la Figura 19. Es asimismo posible efectuar estimaciones del caudal a partir de mediciones

de la trayectoria desde tuberías horizontales o en pendiente y desde tuberías parcialmente llenas, pero los resultados son en este caso menos confiable (Scott & Houston, 1959).

Recolección y procesamiento de datos.

Este proceso dio inicio con la toma de datos para obtener aforos tanto volumétricos como con molinete estos se realizaron de manera simultánea durante doce semanas, por medio de estos se obtuvieron datos de caudal, velocidad media y profundidad máxima, estos datos contribuirán a la generación de la curva.

La presión se obtiene mediante el transductor de presión (HOBO U20L Water Level Data Logger). Este sirve para medir la presión manométrica (H); es decir, la diferencia de presión entre el fluido estudiado y la atmósfera. (Tamari & López-Vázquez, 2013)

$$RECM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Ecuación. Criterio de la raíz del error cuadrado medio (RECM o RSME).

Alrededor de la microcuenca “Las Flores”, San Sebastián, Manabí, Ecuador, existen varios estudios previos, entre ellos, la caracterización hidrológica y morfológica de esta microcuenca del análisis del comportamiento hidrológico de la misma. Ambos han sido de vital aporte para comprender el comportamiento de esta microcuenca; sin embargo, no se contaba con datos reales acerca de su curva de descarga, existía una curva de descarga simulada la cual dejaba gran porcentaje de incertidumbre alrededor de la misma y esto precisamente fue el enfoque del actual estudio.

Acerca de la curva de descarga simulada, podemos decir, que ninguna medición de una cantidad física es exacta, o cierta, por lo que siempre es muy importante para cuantificar la desviación, o incertidumbre, del valor medido con respecto al valor verdadero desconocido.

Los datos de caudal obtenidos fueron transformados luego en información que sintetizo el conocimiento, fueron la base para una buena gestión integrada y sostenible de los recursos; por lo tanto, no basto con “medir mucho”, sino que fue imprescindible “medir bien” y conocer cuál es la calidad de los datos con los que se tomaron y tomarán decisiones importantes, ya que mediante estos se establecen límites legales, sanciones, delimitaciones, se llevaron y llevan a cabo determinadas medidas o incluso se analiza el comportamiento de la microcuenca.

La extrapolación de la curva de gasto no se puede considerar como una simple extrapolación de una curva ajustada a algunos datos de aforo, debido a discontinuidades en la $Q(H)$ y la relación que puede ocurrir durante las inundaciones más allá del rango de los valores calibrados. Ante todo lo planteado la modelación hidráulica proporciono un marco prometedor para predecir estos cambios, teniendo en cuenta el entorno espacial alrededor de la estación de aforo.

El uso de herramientas como Hec-Ras (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) este es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos: Modelización de flujo en régimen permanente, modelización de flujo en régimen no permanente, modelización del transporte de sedimentos, análisis de calidad de aguas.

Este permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables. Sin embargo, al no contar con datos reales deja cierto porcentaje de incertidumbre, ya que la extrapolación de las curvas de gasto no puede considerarse como una simple extrapolación de una curva ajustada a algunos datos de aforo, debido a discontinuidades en la $Q(H)$ relación puede ocurrir durante las inundaciones más allá del rango de los valores calibrados.

Al contar con datos reales se pudo realizar una modelación hidráulica que proporciono un marco prometedor para predecir estos cambios, permitiendo así una correcta evaluación de la incertidumbre

presentada ante la curva de descarga simulada, y reduciendo esta incertidumbre proporcionando una curva de descarga real de gran utilidad para futuras investigaciones.

Resultados.

Una vez concluida la investigación se logró evidenciar los resultados de la misma, los cuales se detallan a continuación. Para la realización del análisis preliminar de sensibilidad para las curvas de descarga extrapoladas con simulaciones hidrodinámicas, se procedió a realizar el respectivo análisis preliminar extrapolando simulaciones hidrodinámicas en Hec-Ras, y su resultado fue la obtención de curva de descarga simulada, se realizaron los ajustes correspondientes de la misma, obteniendo el siguiente resultado.

A continuación, se prosigió a realizar las mediciones de caudal con el método del correntómetro o molinete y volumétrico, realizando la toma de mediciones las mismas que se realizaron de manera simultánea en coordinación con SENAGUA, dando como resultado las siguientes gráficas.

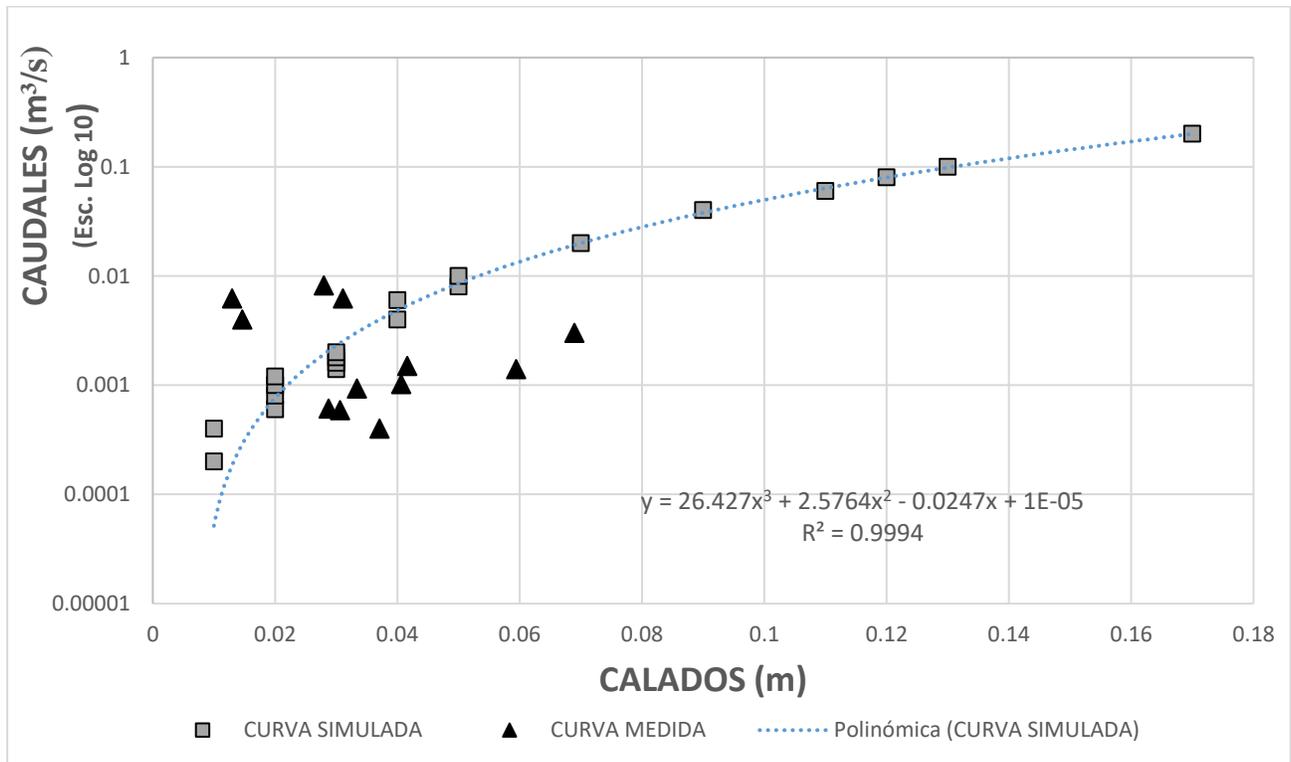


Ilustración 1. Curva simulada vs medida.

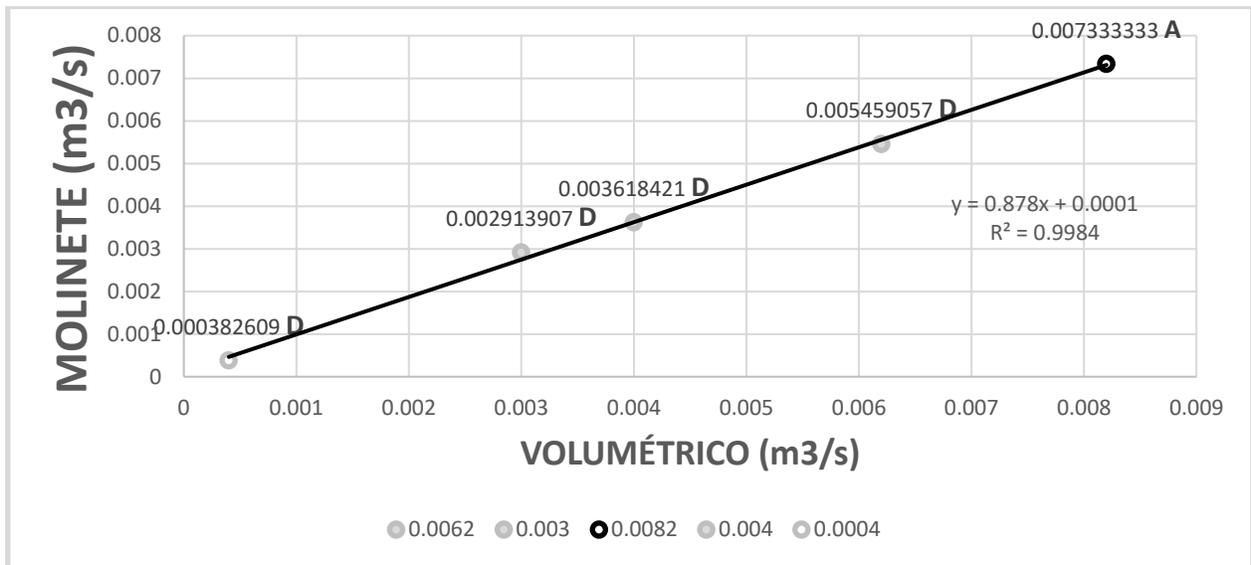


Ilustración 3. Relación molinete/volumétrico. ascendente/ descenderte.

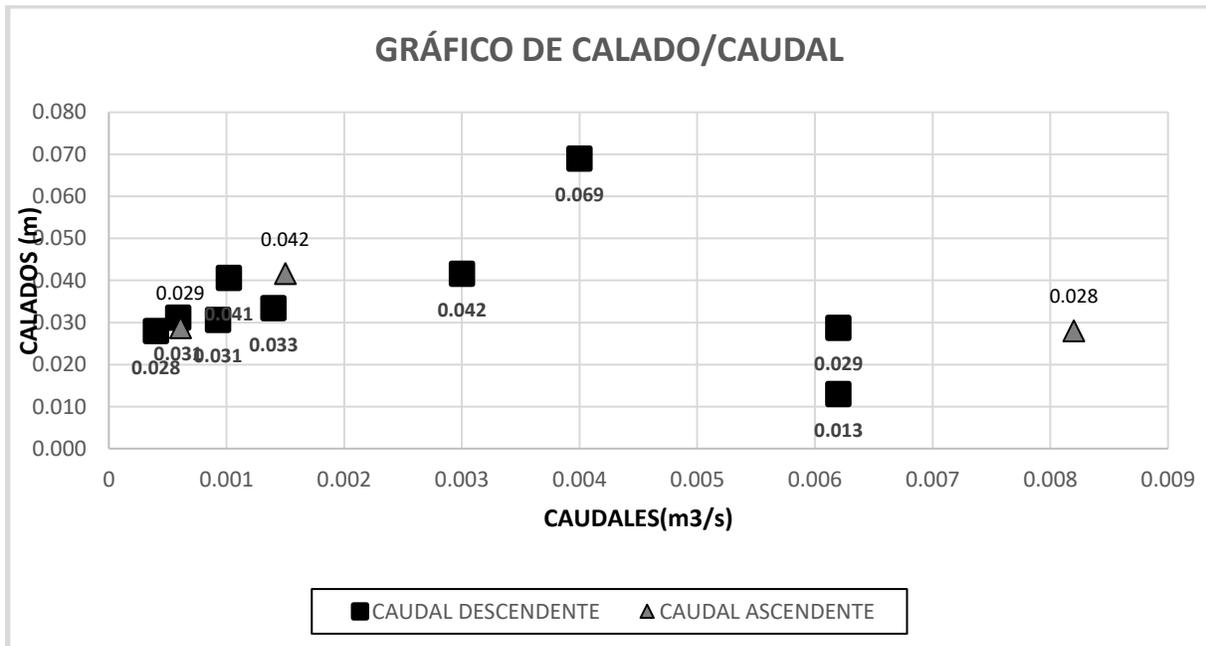


Ilustración 4. Gráfico de dispersión calado - /caudal.

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones realizadas por medio de los métodos seleccionados se llevó a cabo la construcción de la curva de descarga con los caudales obtenidos, el procesamiento de los datos con los caudales recolectados y los calados (Qvs.H), permitieron generar la curva de descarga por medio de la herramienta de Excel de Msc., obteniendo las siguientes gráficas.

- Curva de descarga (molinete/volumétrico) representada con sus fechas y el resultado de sus caudales.

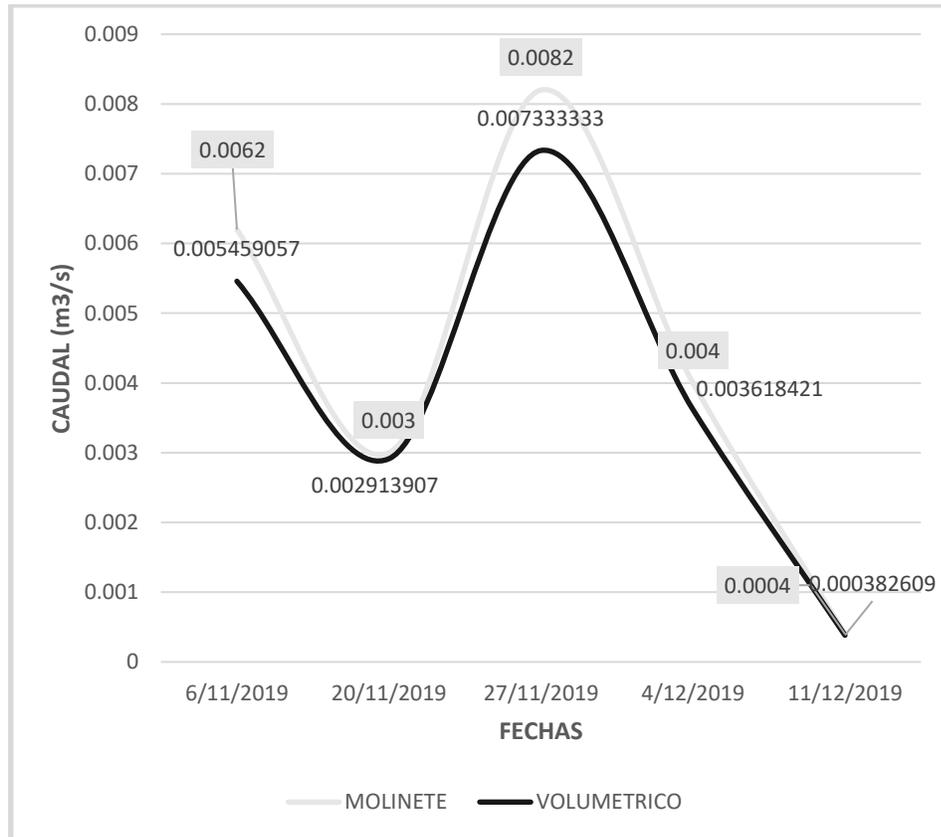


Ilustración 5. Curva de descarga - molinete/volumétrico (fechas) SSLF.

La investigación culminó con la comparación de la curva de descarga extrapolada y la curva de descargas medida, para esto se procedió a realizar la comparación con los resultados ya obtenidos. Curva de descarga simulada y curva de descarga medida, donde se pudo analizar y reflejar la incertidumbre existente en la curva de descarga simulada. Una vez realizada esta comparación se pudo evidenciar la incertidumbre presente en la curva de descarga, con los datos reales obtenidos y la curva de descarga generada se pudo disminuir la incertidumbre presente en dicha microcuenca.

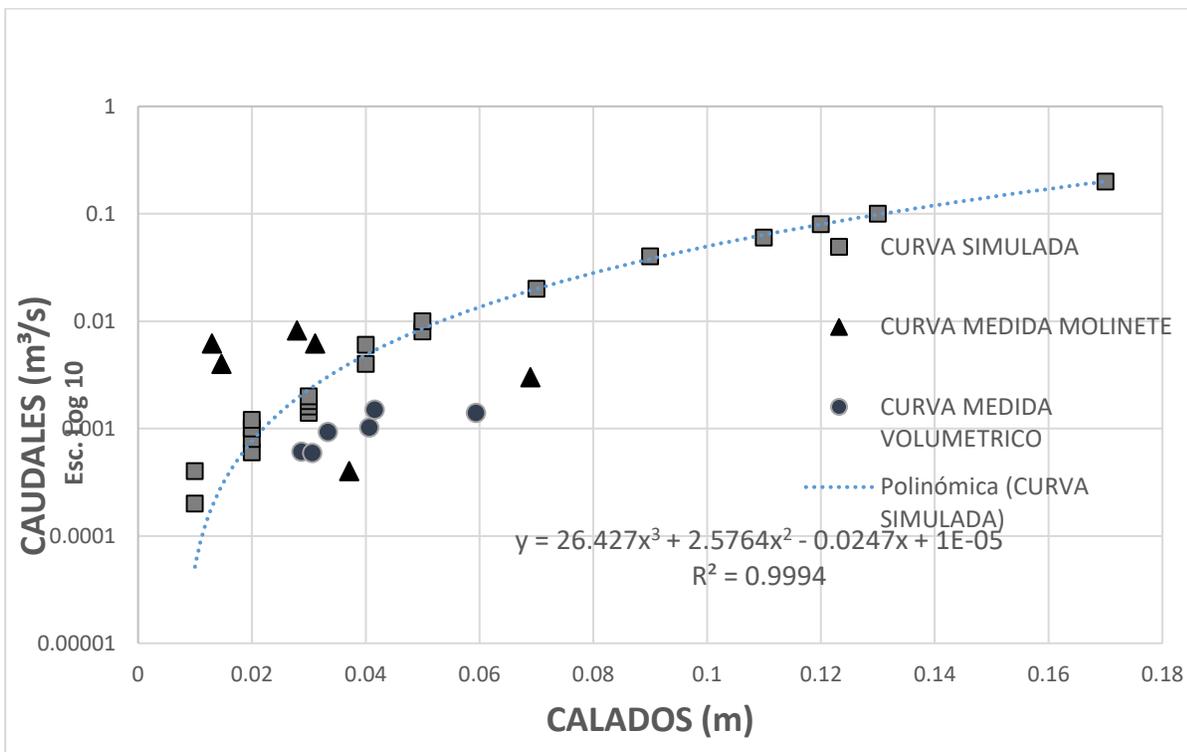


Ilustración 6. Curva de descarga simulada/medida(molinete/volumétrico).

CONCLUSIONES.

Una vez culminada la investigación se puede concluir que:

- La realización del análisis preliminar de sensibilidad para las curvas de descarga extrapoladas con simulaciones hidrodinámicas fue de vital importancia para lograr concluir con esta investigación, ya que permitió visualizar el comportamiento simulado de la curva de descarga y poder hacer la comparación respectiva con la curva de descarga simulada.
- Las mediciones realizadas de caudal con método del correntómetro o molinete y volumétrico, se realizaron satisfactoriamente obteniendo datos reales que formaron parte de la elaboración de la curva de descarga.
- Con la construcción de la curva de descarga con los caudales recolectados, pudimos observar una variación significativa entre la curva de descarga simulada y la real.

- Al realizar la comparación de la curva de descarga extrapolada con la curva de descarga medida o real, fue evidente la incertidumbre existente en la misma y la disminución de esta en la microcuenca.

Dentro de la investigación realizada se logró cumplir con la evaluación de las fuentes de incertidumbre en la curva de descarga de la microcuenca “Las Flores”, San Sebastián, Manabí, Ecuador. La obtención de esta curva de descarga real será de gran utilidad para los futuros estudios que se puedan realizar en esta microcuenca, beneficiando así a futuros investigadores y a la población de dicho sector.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Añazco, M. (2013). Estudio de vulnerabilidad del bambú (*guadua angustifolia*) al cambio climático. Quito, Ecuador: Red Internacional del Bambú y Ratán INBAR.
2. Castells, X. E. (2012). Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad. Ediciones Díaz de Santos.
3. De Paoli, F. (2016). La evaluación de la recarga al acuífero del Norte de Gran Canaria mediante el balance de agua en el suelo (Master's thesis). Repositorio Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
4. Baldassarre, G. D., & Montanari, A. (2009). Uncertainty in river discharge observations: a quantitative analysis. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13(6), 913-921.
5. FAO-68, & Hudson, N. (1997). Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. (Boletín de Suelos de la FAO - 68). Ampthill, Bedford: Reino Unido. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/T0848s/t0848s00.htm>
6. Fernández Alvarado, D. E. (2019). Calibración de un molinete de aspas para la realización de un aforo por vadeo de un cauce pequeño (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

7. Gerten, D., Lucht, W., & Kundzewicz, Z. W. (2019). 24 Detection and Attribution of Changes in Water Resources. Changes in flood risk in Europe, 15.
8. Lang, M., Pobanz, K., Renard, B., Renouf, E., & Sauquet, E. (2010). Extrapolation of rating curves by hydraulic modelling, with application to flood frequency analysis. Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques, 55(6), 883-898.
9. Preciado Cisneros, M. (1969). Tablas de logaritmos y funciones naturales. México: Progreso.
10. Scott, V. H., & Houston, C. E. (1959). Measuring Irrigation Water. California Agric. Expt. Station, Circular 473.
11. Tamari & López-Vázquez, A. (2013). método sencillo para incluir la temperatura en la curva de calibración de un transductor de presión. Repositorio Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
12. Van Griensven, A. V., Meixner, T., Grunwald, S., Bishop, T., Diluzio, M., & Srinivasan, R. (2006). A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models. Journal of hydrology, 324(1-4), 10-23.

DATOS DE LOS AUTORES.

1. **Denisse Alexandra Marcillo Barahona.** Ingeniería Hidráulica. Maestrante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, PUCEM-Ecuador. Email: jarcon@pucem.edu.ec
2. **Paul Adrián Vivas Alcívar.** Ingeniero Hidráulico. Maestrante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, PUCEM-Ecuador. Email: jarcon@pucem.edu.ec
3. **José Ramón Alarcón Loo.** Máster Universitario en Hidrología y Gestión de los Recursos Hídricos. Docente de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, PUCEM-Ecuador. Email: jarcon@pucem.edu.ec

RECIBIDO: 6 de febrero del 2021.

APROBADO: 21 de febrero del 2021.