



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/685.710/2025>

Recibido: 2025-05-20

Aceptado:2025-06-20

Publicado:2025-07-21

Generación de Curvas IDF para la Quebrada Las Abras a partir de Regresión Lineal Múltiple y el Método de Talbot

Generation of IDF Curves for the Las Abras Stream Using Multiple Linear Regression and the Talbot Method

Autores:

Jessica Paulina Brito Noboa

jessica.brito@unach.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5550-5688>

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Nelson Estuardo Patiño Vaca

npatino@unach.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-3492-7092>

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Mishell Esthefannía Lucero Coba

mishell.lucero@unach.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-6436-1090>

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Dennis Alexander Pinargote Sarabia

dennis.pinargote@unach.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-6506-2454>

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador

Cómo citar

Brito Noboa, J. P., Patiño Vaca, N. E., Lucero Coba, M. E., & Pinargote Sarabia, D. A. (2025). Generación de Curvas IDF para la Quebrada Las Abras a partir de Regresión Lineal Múltiple y el Método de Talbot. *ASCE*, 4(3), 685–710.



Resumen

La precipitación es uno de los procesos meteorológicos más importantes y su análisis temporal es fundamental en los estudios hidrológicos. Este análisis permite identificar índices y parámetros clave para la predicción de inundaciones y la construcción de modelos de lluvia basados en datos disponibles. En este contexto, las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) son herramientas esenciales, ya que a través de un análisis de frecuencia ajustan los datos a una distribución de probabilidad, facilitando la estimación del periodo de retorno de los eventos de precipitación. Estos resultados son cruciales para garantizar el diseño y dimensionamiento adecuado de las obras civiles cercanas a la cuenca. En el análisis estadístico de las variables hidrológicas, este estudio emplea los métodos de Talbot y Regresión Lineal Múltiple (RLM) para el diseño hidrológico de una subcuenca del río Chambo. Se utilizan registros de precipitaciones máximas proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) con el objetivo de identificar y modelar una fórmula de intensidad que permita generar curvas IDF precisas, representativas del comportamiento de la precipitación en la quebrada Las Abras, ubicada en el cantón Guano, provincia de Chimborazo. Dado que no se dispone de una tabulación completa ni de datos diarios para todo el año, esta investigación aborda la falta de información mediante la correlación entre los datos ausentes y los registros disponibles en estaciones meteorológicas cercanas. Los resultados de esta investigación, junto con estudios recientes en la zona cercana a la cuenca, muestran que la fórmula de intensidad ajustada mediante el método de Regresión Lineal Múltiple (RLM) presenta un coeficiente de determinación (R^2) perfecto, igual a 1.00. Por su parte, el método de Talbot obtiene valores superiores a 0.95, lo que indica un alto grado de ajuste. En conjunto, el análisis multimétodos evidencia una correspondencia probabilística muy cercana a la realidad hidrológica de la quebrada Las Abras.

Palabras clave: Precipitación, Hidrología, Curvas IDF, Regresión.



Abstract

Precipitation is one of the most critical meteorological processes, and its temporal analysis is fundamental in hydrological studies. This analysis enables the identification of key indices and parameters for flood prediction and the development of rainfall models based on available data. In this context, Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves are essential tools, as they apply frequency analysis to fit the data to a probability distribution, facilitating the estimation of return periods for precipitation events. These results are crucial for ensuring the proper design and sizing of civil infrastructure near the watershed. In the statistical analysis of hydrological variables, this study employs the Talbot method and Multiple Linear Regression (MLR) for the hydrological design of a sub-basin of the Chambo River. Maximum precipitation records provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology of Ecuador (INAMHI) are used to identify and model an intensity equation that allows for the generation of IDF curves representative of rainfall behavior in the Las Abras stream, located in Guano canton, Chimborazo province. Due to the lack of a complete tabulation and the absence of daily data for the entire year, this research addresses information gaps through correlation between missing data and available records from nearby meteorological stations. The results of this study, along with recent research conducted in areas adjacent to the basin, show that the intensity equation adjusted using the Multiple Linear Regression (MLR) method yields a perfect coefficient of determination ($R^2 = 1.00$). In turn, the Talbot method produces values above 0.95, indicating a high degree of fit. Collectively, the multi-method analysis demonstrates a probabilistic consistency that closely reflects the hydrological reality of the Las Abras stream.

Keywords: precipitation, hydrology, IDF curves, regression.



Introducción

El estudio hidrológico de cuencas hídricas es un aspecto fundamental en la ingeniería civil, especialmente en regiones propensas a fenómenos climáticos extremos, como inundaciones. En este contexto, la ciudad de Riobamba y el cantón de Guano, ubicados en Ecuador, han experimentado históricamente eventos de inundación que han afectado gravemente a las comunidades locales y a la infraestructura. Este tipo de eventos resalta la necesidad de realizar estudios hidrológicos que permitan comprender mejor el comportamiento del agua en las cuencas hídricas y, por ende, mejorar la planificación y gestión de recursos hídricos.

A nivel mundial se han realizado estudios sobre cuencas hidrográficas enfocados en las curvas IDF. Un ejemplo es el trabajo de (Pérez-Sánchez & Senent-Aparicio, 2017) en España, quienes analizaron tormentas de corta duración (menos de 60 minutos) en 60 estaciones pluviográficas de la cuenca del río Segura. En la región, sobresale la investigación de (Acosta & Sierra, 2013) en Colombia, quienes evaluaron diversas metodologías para la construcción de curvas IDF aplicando distribuciones de probabilidad como EV1, Pearson III, log-Pearson III y GEV, a partir de datos pluviográficos del departamento de Bogotá. De manera similar, a nivel nacional, (Abril et al, 2020) llevaron a cabo un estudio en la estación meteorológica Puyo, Pastaza, Ecuador, con el propósito de determinar las curvas IDF para diferentes periodos de retorno mediante métodos estadísticos.

En Ecuador, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) publicó en 2015 el documento Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación, en el cual se presentan ecuaciones de intensidad máxima para cada estación meteorológica. Este estudio incluye periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años en diversas redes de estaciones pluviográficas del país (INAMHI, 2015). Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) son una herramienta clave para analizar el comportamiento de la precipitación en un lugar específico. Permiten estimar la intensidad de lluvia en función del tiempo de duración y del periodo de retorno, lo cual es fundamental para el diseño de obras hidráulicas como alcantarillados, canales y presas. Asimismo, son utilizadas en la planificación y gestión de recursos hídricos, como embalses y sistemas de riego, y en la evaluación del riesgo de inundaciones, sirviendo de base para desarrollar sistemas de alerta temprana y planes de evacuación (Gutiérrez-López et al, 2019).



La elección de los métodos de Talbot y Regresión Lineal Múltiple (RLM) para este estudio se fundamenta en su capacidad para proporcionar estimaciones precisas sobre el caudal de diseño en ciertos periodos de retorno. El método de Talbot, que “ignora muchos factores importantes envueltos en el problema por lo que experiencia y juicio se hace necesario en la aplicación de métodos empíricos, sobre todo para la selección de coeficientes” (Galeano et al, 2011). Este método es útil en contextos como el de Riobamba y Guano, donde la recopilación de datos hidrológicos puede ser un desafío. Por otro lado, RLM permite analizar la influencia de múltiples variables en el caudal, involucrando métodos estadísticos y matemáticos que se ajusten a la realidad de los datos, proporcionando un enfoque más integral para entender los factores que contribuyen a las inundaciones (Trujillo et al, 2015).

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de Ecuador reporta que las cuencas del río Chambo, que atraviesan Guano y Riobamba y de donde nace la Quebrada Las Abras, han experimentado un aumento en la frecuencia y magnitud de las lluvias en los últimos años, lo que ha incrementado los eventos de inundación. En la región andina del país, se estima que el 70 % de las cuencas presentan alto riesgo de inundación, lo que resalta la necesidad de realizar estudios para prever y mitigar estos fenómenos (Campos et al., 2016). Además, variables como la forma, el relieve y la red de drenaje influyen directamente en el comportamiento hidrológico de las cuencas, por lo que el monitoreo y la medición de caudales resultan fundamentales para cuantificar el flujo de agua en diferentes puntos y generar bases de datos confiables (Zhicay Lombaida, 2020). El método de regresión lineal múltiple (RLM) es una técnica estadística que permite modelar la relación entre una variable dependiente, como el caudal, y diversas variables independientes, tales como precipitación, temperatura y uso del suelo. Este método es ampliamente utilizado en hidrología por su capacidad para identificar y cuantificar la influencia de distintos factores en el comportamiento hídrico de una cuenca (Alfaro & Soley, 2009). Estudios recientes demuestran que la aplicación del RLM, especialmente en combinación con modelos de series temporales, mejora considerablemente la precisión en la predicción de caudales (Altamirano & Carrillo, 2023).

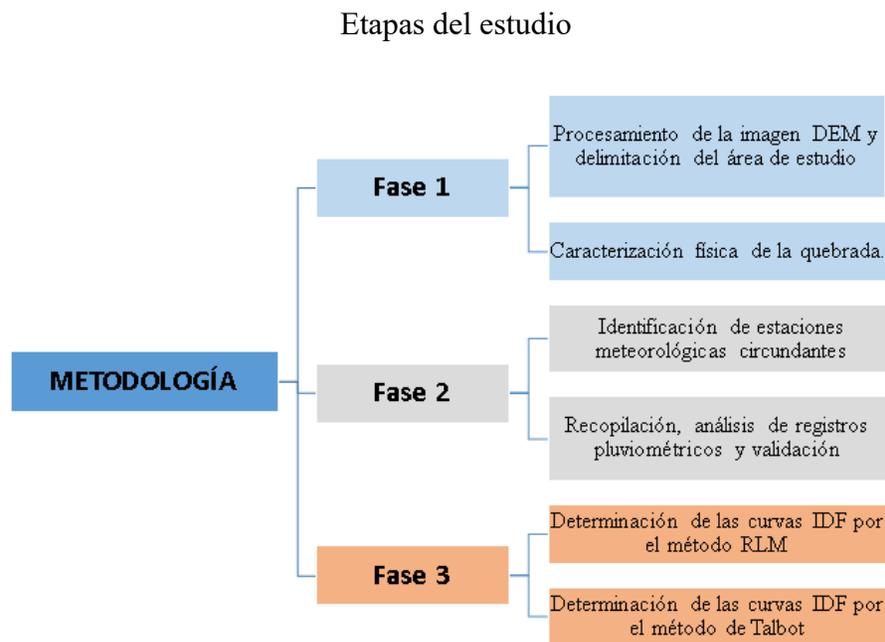
La falta de información sobre curvas IDF o caudales máximos en una cuenca antes del diseño de presas, acueductos o sistemas de drenaje incrementa el riesgo de infraestructuras subdimensionadas, lo que puede provocar inundaciones y daños a edificaciones, vías y otras obras

planificación de infraestructura hidráulica y a la mitigación de riesgos asociados a inundaciones y sequías.

Material y métodos

El estudio comprendió tres fases metodológicas principales, la primera relacionada con la delimitación a partir de modelos digitales de elevación y la caracterización física de la quebrada. La segunda, contempló la identificación de las estaciones pluviométricas y la Recopilación, análisis de registros pluviométricos y validación. En la tercera se determinaron las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia por los métodos de Regresión Lineal Múltiple y de Talbot. Cada una de estas fases consta de sus correspondientes actividades que se evidencian en la figura 2 y que se describirán a continuación:

Figura 2.



Fuente: Autores

Para el desarrollo del estudio se requirió información de precipitación, por lo que, con base en los datos disponibles del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), se seleccionaron dos estaciones climatológicas ubicadas en la zona de influencia de la quebrada y una estación índice para el relleno de datos.

También se descargaros los datos de precipitación diaria del Geoportal climatológico NASA POWER desde 1981 a 2022.

En la Tabla 1 se presentan las estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio de la quebrada.

Tabla 1

Estaciones climatológicas

Código	Nombre	Tipo	Condición	Latitud S	Longitud W	Elevación (msnm)	Período de datos P24
M0133	Guaslán	CO	Incompleta	761698	9808190	2850	1981 - 2022
M0258	Querochaca	CP	Incompleta	766205	9848380	2865	1981 - 2022
M1036	Riobamba Politécnica	CO	Índice	761472	9817468	2740	1981 - 2022

Fuente: Autores

Análisis de registros pluviométricos

Frecuentemente, las estaciones meteorológicas carecen de registros completos para estudios hidrológicos, por lo que se emplean técnicas que permiten llenar los datos faltantes usando información de estaciones cercanas con registros más completos. Estos métodos utilizan las precipitaciones de estaciones vecinas como referencia para completar la información (Velez, 2000).

Para completar los registros faltantes en la matriz principal, se utilizaron los datos de precipitación obtenidos de los anuarios y se aplicó el método del U.S. National Weather Service, el cual estima los valores ausentes a partir de las precipitaciones anuales de estaciones cercanas, ponderadas según la distancia a la estación principal. Según (Gallegos et al, 2016) este enfoque es una alternativa eficiente y versátil para completar series de datos, ya que mejora la correspondencia entre los valores observados y estimados, ofreciendo resultados consistentes.

También se conoce como Interpolación inversa a partir de distancias y se calcula con:

$$d_n = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Donde:

d_n = Distancia entre estación principal P1 y secundaria P2

x_1 = Coordenada en eje X del P1

y_1 = Coordenada en eje Y del P1

x_2 = Coordenada en eje X del P2.

y_2 = Coordenada en eje Y del P2

Para el caso de precipitaciones la fórmula es:

$$p = \frac{\frac{p_1}{d_1^2} + \frac{p_2}{d_2^2} + \frac{p_3}{d_3^2} + \dots + \frac{p_n}{d_n^2}}{\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2} + \dots + \frac{1}{d_n^2}}$$

Donde:

p = Precipitación estimada en el punto de interés

p_1 = Precipitación registrada en la estación 1

p_2 = Precipitación registrada en la estación 2

p_3 = Precipitación registrada en la estación 3

p_n = Precipitación registrada en la estación n

d_1 = Distancia entre la estación principal y secundaria 1

d_2 = Distancia entre la estación principal y secundaria 2

d_3 = Distancia entre la estación principal y secundaria 3

d_n = Distancia entre la estación principal y secundaria n

Verificación de datos atípicos en matrices para el relleno de datos faltantes:

Para excluir valores atípicos de precipitación, se emplea el método del Water Resources Council, el cual permite identificar los datos que se desvían significativamente de la tendencia general del conjunto de información. Las fórmulas empleadas son:

$$x_H = \bar{x} + K_n * S$$

$$x_L = \bar{x} - K_n * S$$

Siendo:

x_H = Umbral superior

x_L = Umbral inferior

\bar{x} = Media de los logaritmos de la muestra



$S =$ Desviación estándar de los logaritmos de la muestra

$K_n =$ Coeficientes para la prueba de datos dudosos.

Método de Regresión Lineal Múltiple (RLM)

Tras eliminar los valores de precipitación que exceden los umbrales establecidos, es necesario aplicar una prueba de bondad de ajuste para comprobar si los datos se alinean con la distribución de probabilidad observada y estimada. Para ello, se evalúan cinco distribuciones de probabilidad: normal, log-normal, EV1-Gumbel, Pearson tipo III y log-Pearson tipo III. En cada caso, se determinan los parámetros de posición (x_P), escala (β) y forma (γ), los cuales permiten establecer el nivel de significancia necesario para identificar cuál de estas distribuciones se ajusta mejor al comportamiento de los datos analizados.

El análisis arrojó un nivel de significancia de 0.2401, identificando a la distribución Log-Pearson III como la mejor ajustada, con un valor de 0.0669. A partir de esta distribución, se calcula la precipitación máxima aplicando la metodología de Dyck y Peschke, la cual permite identificar tormentas de diseño mediante la siguiente fórmula:

$$P_d = P_{24} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Siendo:

$P_d =$ Precipitación de diseño.

$P_{24} =$ Precipitación máxima en 24 horas.

$d =$ Duración de la tormenta en minutos.

Al final, buscamos satisfacer esta ecuación:

$$I = \frac{KT^m}{d^n}$$

Siendo:

$I =$ Intensidad máxima medido en mm/hora

$K, m, n =$ Factores característicos de la zona de estudio

$T =$ Periodo de retorno en años

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\log I = \log k + m \log T - n \log d$$

Que también puede identificarse como:

$$y = a_0 + (m * x_1) - (n * x_2)$$

Siendo:

$x_1, x_2 =$ variables para la regresión lineal múltiple

$$a_0 = \log k$$

$$\begin{aligned}m &= a_1 \\n &= -a_2\end{aligned}$$

Método de Talbot.

Es una herramienta matemática que permite transformar las variables y constantes de la fórmula de intensidad de lluvia. Para su aplicación, se utiliza como base la matriz de datos de intensidad correspondiente a diferentes duraciones (en minutos) y periodos de retorno específicos. Este enfoque requiere generar una ecuación de intensidad para cada periodo de retorno, ya que la relación entre intensidad y duración varía en función de dicho parámetro.

Para llegar a la ecuación:

$$I = \frac{a}{b + D}$$

Descomponemos la ecuación así:

$$D = a * \frac{1}{i} - b$$

Siendo:

$D=$ Duración de precipitación en minutos.

a y $b=$ Parámetros que se obtienen de una regresión por aproximaciones.

$i=$ Intensidad máxima en mm/h.

Si realizamos un cambio de variables como:

$$Y = D$$

$$x = \frac{1}{i}$$

$$A = a$$

$$B = -b$$

$$Y = A * x + B$$

Y secuencialmente para obtener los valores de A y B se aplica un sistema de ecuaciones de mínimos cuadrados:

$$\sum Y = A * n + B * \sum x$$

$$x * Y = a * \sum x + B * \sum x^2$$

Resultados

Caracterización física de la Quebrada Las Abras

Parámetros Fisiográficos

Tabla 2.

Resumen de los parámetros fisiológicos de la Cuenca hídrica Las Abras.

Parámetros Fisiográficos			
Área	A	37.044	km ²
Perímetro	P	41.131	km
Longitud	L	13.990	km
Ancho de la Cuenca	W	2.648	km
Pendiente de la Cuenca	S	0.05604	m/m
Factor de Forma	F _t	0.189	-
Coefficiente de compacidad	K _c	1.892	-

Fuente: Autores

Tabla 3

Clasificación de la cuenca según su área.

Rangos de Áreas en km ²	Clasificación
Menor que 25	Microcuenca
De 25 a 250	Pequeña
De 250 a 500	Intermedia-pequeña
De 500 a 2500	Intermedia-grande
De 2500 a 5000	Grande
Más de 5000	Muy grande

Fuente: (Campos Aranda, 2016)

Según el rango de áreas (*Tabla 3*), la cuenca hídrica de las Abras tiene una clasificación **Pequeña**, con un área de 37 km².

Parámetros Geomorfológicos

Tabla 4

Altitud media de la Cuenca hídrica Las Abras.

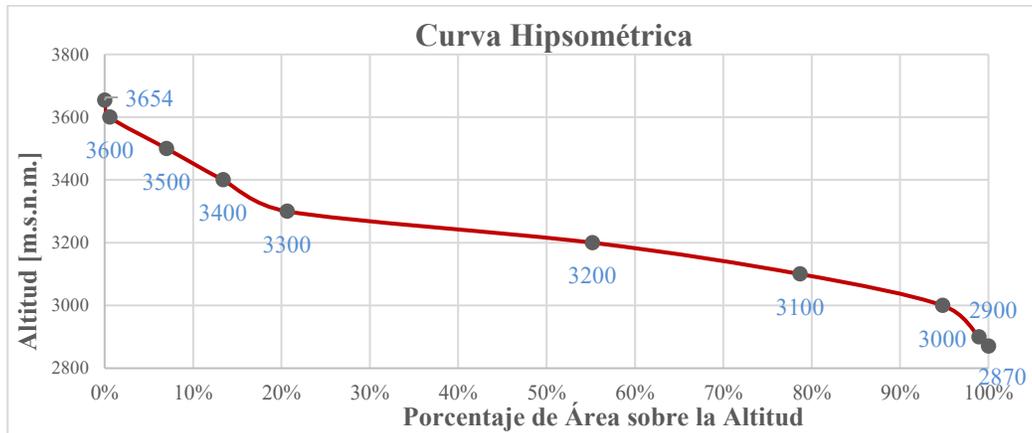
Curvas de Nivel [m.s.n.m.]	Superficie - A _i [km ²]	H _i [m]	A _i *H _i
2870	2900	0.4	2885
2900	3000	1.523	2950
3000	3100	5.971	3050
3100	3200	8.707	3150
			1153.233
			4491.493
			18212.672
			27426.064

3200	3300	12.799	3250	41596.883
3300	3400	2.681	3350	8979.973
3400	3500	2.367	3450	8165.132
3500	3600	2.375	3550	8430.906
3600	3654	0.221	3627	799.841
A =		37.042	$\sum (A_i \cdot H_i) =$	119256.197
Altitud media de la Cuenca		H_m =	3219.48	

Fuente: Autores

Según los cálculos de la *Tabla 4*, la altitud media de la cuenca es de 3219.48 [m.s.n.m.].

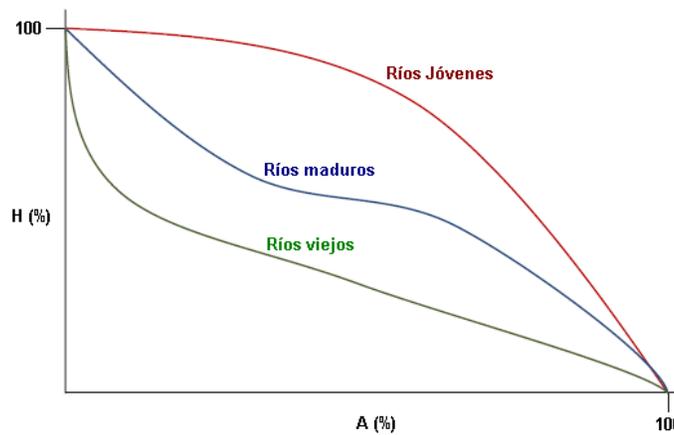
Figura 3.
Curva Hipsométrica de la Cuenca hídrica Las Abras.



Fuente: Autores

La curva hipsométrica se emplea para estimar la altitud media de la cuenca, tomando la cota correspondiente al 50 % del área.

Figura 4.
Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión.



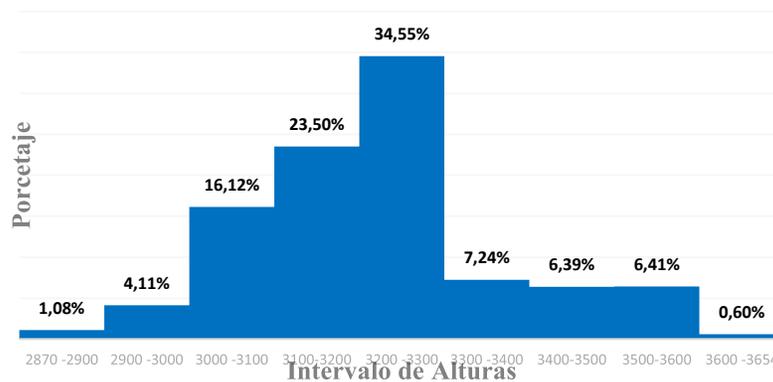
Fuente: (Ibáñez et al., 2011)

La forma de la curva hipsométrica es útil para identificar la etapa de erosión de una cuenca. Estudios como el de (Ibáñez et al, 2011) sobre la morfología de cuencas hidrográficas han relacionado características específicas de esta curva con el ciclo de erosión predominante, basado en la distribución altitudinal del área. En este sentido, para la presente investigación, se considera que la Quebrada Las Abras corresponde a una cuenca con *ríos en etapa madura*.

Histograma de Frecuencias y Rectángulo equivalente

Figura 5.

Histograma de frecuencias de la Cuenca hídrica Las Abras.

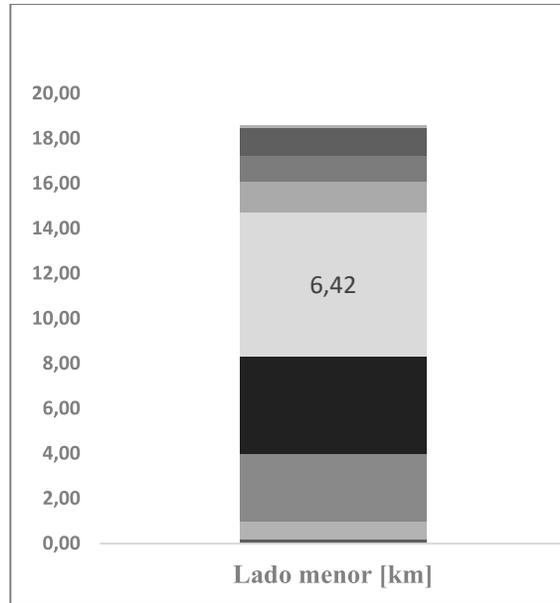


Fuente: Autores

El histograma es un complemento de la curva hipsométrica, y muestra que los niveles de altura más frecuentes en esta cuenca son de 3200 - 3300 con el porcentaje más alto.

Figura 6.

Rectángulo equivalente de la Cuenca hídrica Las Abras.



Fuente: Autores

El rectángulo equivalente nos da el área acumulada hasta cada cota, y esto nos permite en cierta forma tener idea del clima de donde se encuentra la cuenca; en este caso tenemos la mayor parte de área entre los 3100-3300 [m.s.n.m.], como referente de ubicación y climático tenemos el Cantón Guano, con una temperatura promedio entre 7 °C y 19 °C, antes mencionada.

Parámetros del sistema de drenaje

Tabla 5

Parámetros del sistema de drenaje.

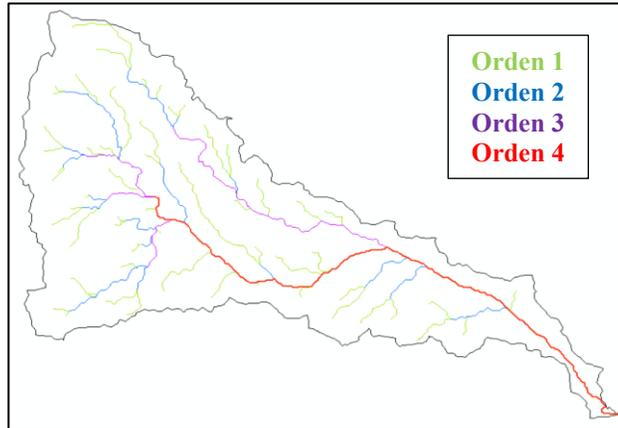
Parámetros del sistema de drenaje			
Orden de Corriente	O _c	N ₁ = 60 ríos	L ₁ 36.59 Km
		N ₂ = 26 ríos	L ₂ 16.08 Km
		N ₃ = 16 ríos	L ₃ 10.7 Km
		N ₄ = 17 ríos	L ₄ 12.64 Km
Relación de bifurcación	R _{B1}	2.31 -	L _T 76
	R _{B2}	1.63 -	
	R _{B3}	0.94 -	
	R _B	1.62 -	
Longitud del Río Principal	L _R	14.84 Km	
Longitud de los Tributarios	L _{Trib}	61.16 Km	
Longitud total de la red	L _T	76 Km	
Densidad de drenaje	D _d	2.05 Km/km ²	
Extensión Media de Escurrimiento	E _s	0.15 km	
Frecuencia de Ríos	F _R	3.21 #Rios/Km ²	
Pendiente Media del Cauce	-	0.05 m/m	

Coefficiente de Torrencialidad	C_t	1.62	#Rios/Km ²
Coefficiente de masividad	C_m	86.91	m/km ²
Tiempo de Concentración	t_c	95.88	min

Fuente: Autores

Figura 7.

Orden de corrientes según su cauce principal y tributarios.



Fuente: Autores

Tabla 6

Clases de densidad de drenaje

Clases de densidad de drenaje	
Rangos de densidad	Clases
0.1-1.8	Baja
1.9-3.6	Moderada
3.7-5.6	Alta

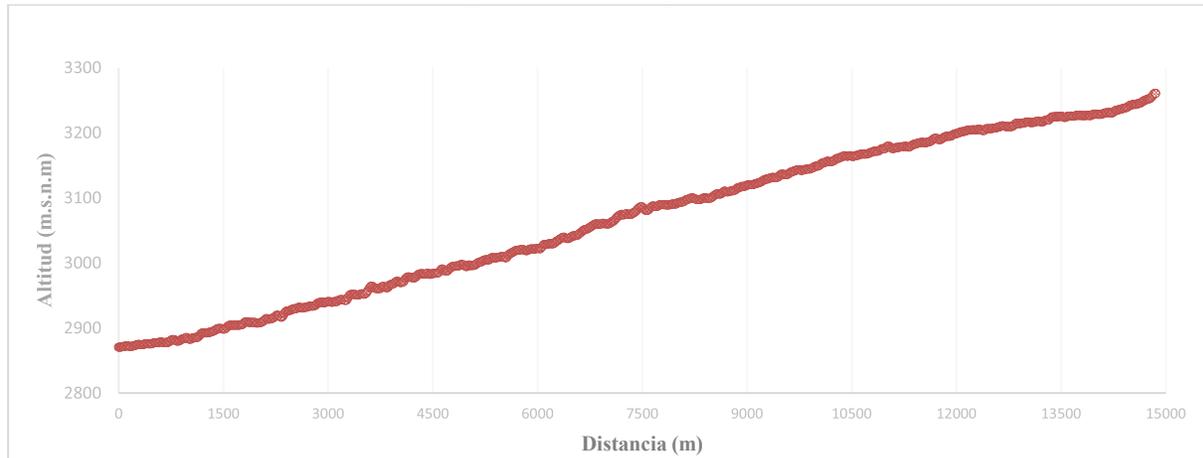
Fuente: (Fuentes, 2004)

Este parámetro mide la eficiencia de drenaje de la cuenca. Según documentos técnicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2015), la densidad de drenaje de una cuenca usualmente toma valores entre 0.5 km/km² para drenaje pobre y 3.5 km/km² para un muy buen drenaje. La densidad de drenaje de la cuenca es de 2.05 km/km², lo que denota un rango **moderado**. Las precipitaciones y la topografía condicionan la red de drenaje; en cuencas planas y de alta densidad de drenaje, se espera estabilidad de regímenes de caudales, debido al escurrimiento superficial y al aporte de aguas subterráneas (Fuentes, 2004).

La Extensión Media de Escurrimiento es de 0.15 km, lo que significa la distancia media que la precipitación debe recorrer para convertirse en escorrentía hasta llegar el cauce más cercano. La frecuencia de ríos en la cuenca es de 3.21 ríos por cada kilómetro cuadrado. El tiempo de concentración es de 95.88 minutos lo cual representa el tiempo que necesita la cuenca para

recuperar su estado estacionario luego de una crecida. Podemos observar en la *Figura 8* como se define el perfil longitudinal a lo largo de la cuenca.

Figura 8
Perfil longitudinal de la quebrada Las Abras.



Fuente: Autores

CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)

Curvas IDF con el método de Regresión Lineal Múltiple según la Matriz completada de INAMHI

El método de regresión lineal se ajustó mejor a los datos tratados por la teoría del Logaritmo de Pearson III con un ajuste de 0.0712 y dio como resultado la ecuación para la intensidad:

$$I = \frac{456.76 * T^{0.1032}}{d^{0.8593}}$$

Siendo

I: Intensidad en milímetros.

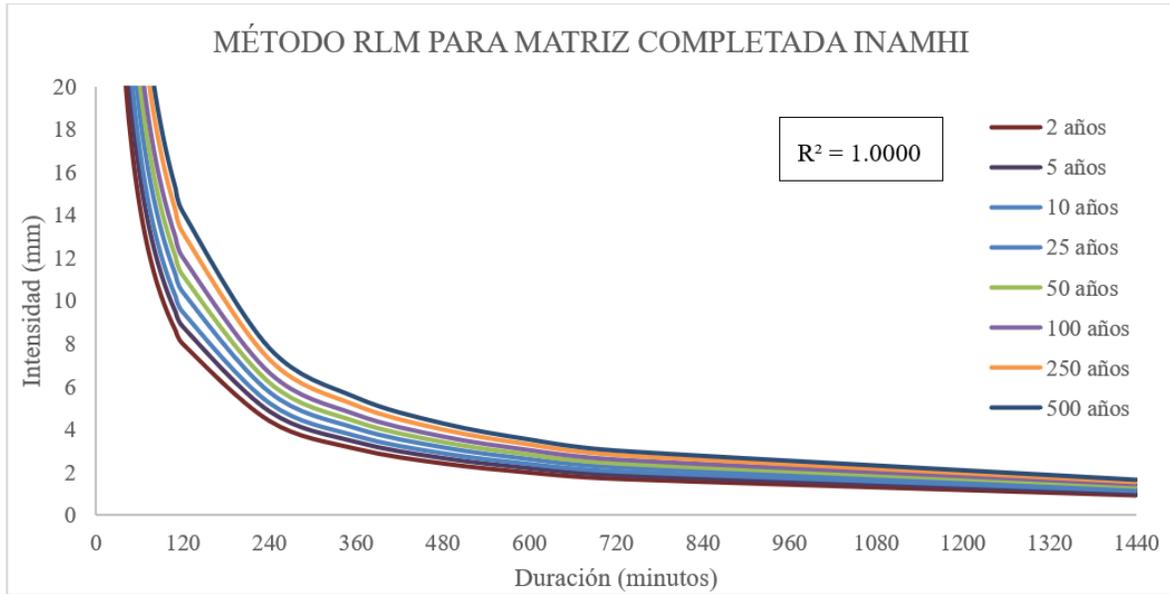
T: Tiempo en años.

d: Duración en minutos.

En la *Figura 9* están representadas las curvas IDF en base a la ecuación.

Figura 9.

Curvas IDF de estación M1036 para periodos de 2, 5, 10, 25,50,100,250 y 500 años según RLM para la matriz completada del INAMHI



Fuente: Autores

Curvas IDF con el método de Regresión Lineal Múltiple según los datos del Geo portal climatológico NASA POWER

El método de regresión lineal se ajustó mejor a los datos tratados por la teoría de Pearson III con un ajuste de (0.0898) y dio como resultado la ecuación para la intensidad:

$$I = \frac{427.33 * T^{0.0883}}{d^{0.8577}}$$

Siendo

I: *Intensidad en milímetros.*

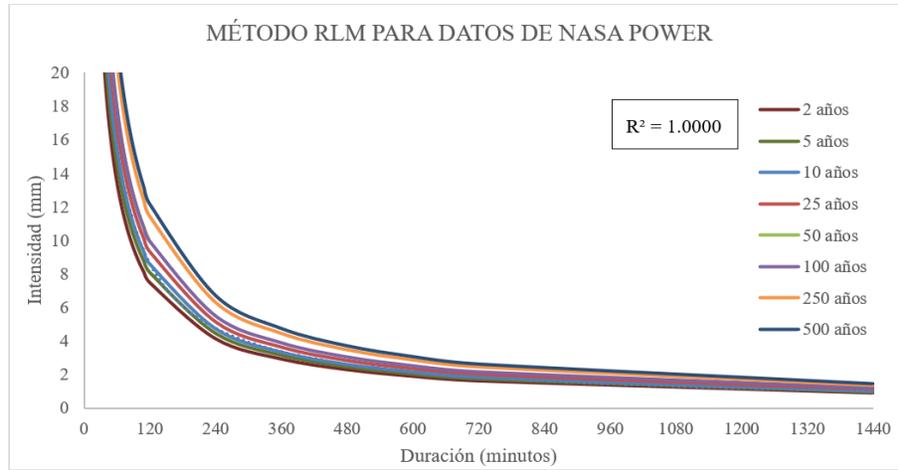
T: *Tiempo en años.*

d: *Duración en minutos.*

Las curvas IDF están representadas en la Figura 10 en base a la ecuación.

Figura 10

Curvas IDF de estación M1036 para periodos de 2, 5, 10, 25,50,100,250 y 500 años según RLM para los datos de Nasa Power



Fuente: Autores

Curvas IDF con el método de Talbot según la Matriz completada de INAMHI

Empleando el Método matemático de Talbot para ajustar la fórmula de Intensidad, la ecuación final para cada periodo de retorno queda de la siguiente manera:

Tabla 7

Resumen de fórmulas de intensidad con el método de Talbot con datos de INAMHI.

Periodo de retorno (años)	Intensidad (mm/hora)
2	$I = \frac{994.871}{6.53 + d}$
5	$I = \frac{1093.549}{6.53 + d}$
10	$I = \frac{1174.647}{6.53 + d}$
25	$I = \frac{1291.156}{6.53 + d}$

50	$I = \frac{1386.909}{6.53 + d}$
100	$I = \frac{1489.763}{6.53 + d}$
250	$I = \frac{1637.528}{6.53 + d}$
500	$I = \frac{1758.968}{6.53 + d}$

Fuente: Autores

Siendo

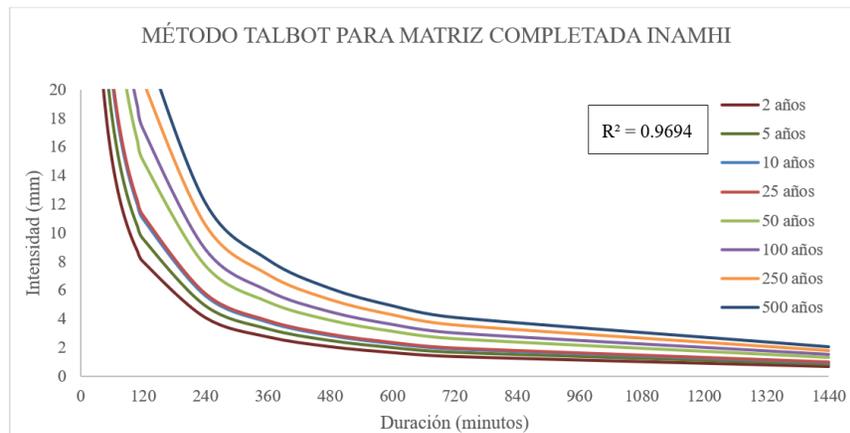
I: Intensidad en milímetros.

d: Duración en minutos.

Las curvas IDF están representadas en la Figura 11 en base a las ecuaciones calculadas.

Figura 11

Curvas IDF de estación M1036 para periodos de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250 y 500 años según Talbot para la matriz completada del INAMHI.



Fuente: Autores

Curvas IDF con el método de Talbot según datos del Geo portal climatológico NASA POWER

Empleando el Método matemático de Talbot para ajustar la fórmula de Intensidad, la ecuación final para cada periodo de retorno queda de la siguiente manera:

Tabla 8

Resumen de fórmulas de intensidad con el método de Talbot para datos de Nasa Power.

Periodo de retorno (años)	Intensidad (mm/hora)
2	$I = \frac{928.764}{6.62 + d}$
5	$I = \frac{1007.017}{6.62 + d}$
10	$I = \frac{1070.564}{6.62 + d}$
25	$I = \frac{1160.765}{6.62 + d}$
50	$I = \frac{1234.015}{6.62 + d}$
100	$I = \frac{1311.887}{6.62 + d}$
250	$I = \frac{1422.421}{6.62 + d}$
500	$I = \frac{1512.184}{6.62 + d}$

Fuente: Autores

Siendo

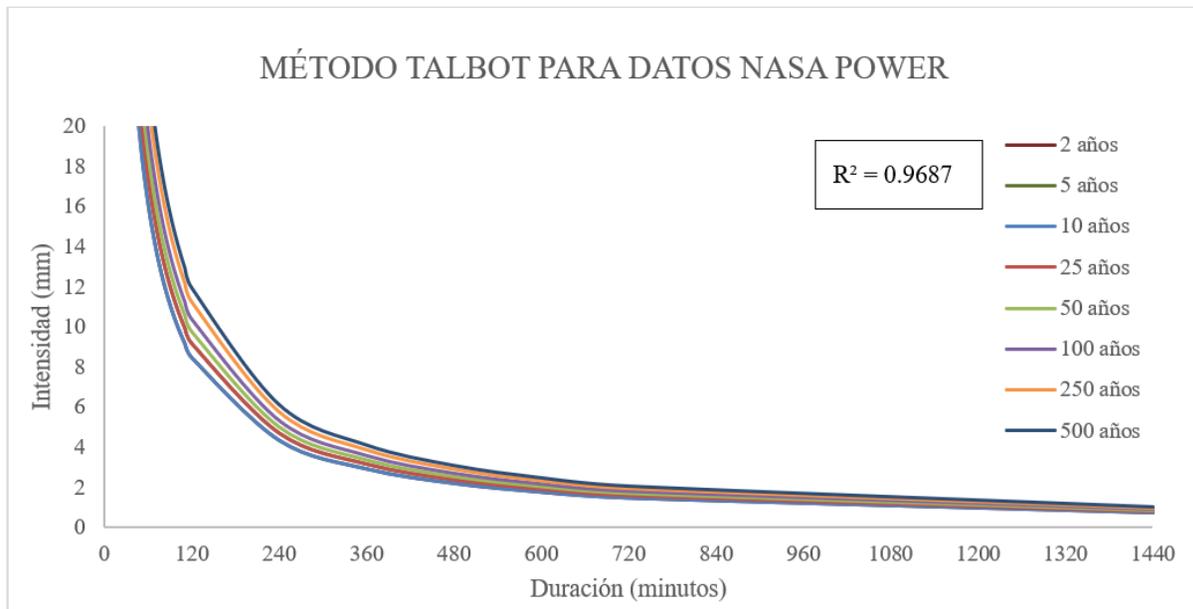
I: *Intensidad en milímetros.*

d: *Duración en minutos.*

Las curvas IDF están representadas en la Figura 12 en base a las ecuaciones.

Figura 12.

Curvas IDF de estación M1036 para periodos de 2, 5, 10, 25,50,100,250 y 500 años según Talbot para los datos de Nasa Power.



Fuente: Autores

Discusión

La Regresión Lineal Múltiple (RLM) permitió obtener una correlación potencial perfecta, con un coeficiente de determinación $R^2 = 1$. Este resultado evidencia una correspondencia exacta entre la fórmula derivada mediante RLM y la ecuación potencial ajustada a los datos graficados para la estimación de intensidades, lo que implica errores de significancia mínimos. Un resultado comparable fue obtenido por (Zúñiga-Rodríguez et al, 2024) en su estudio climático de las zonas urbanas cercanas a las quebradas San Sebastián y El Rosario, en el cantón Guano, donde también se empleó el método RLM con ajuste de Gumbel para determinar la fórmula de intensidad, alcanzando igualmente un valor de $R^2 = 1$, lo que confirma la alta precisión del ajuste en ambos casos.

Por parte de Talbot, podemos encontrar correlaciones no perfectas ($R^2 = 0.9694$ y 0.9687), y si comparamos con el valor de $R^2 = 0.974$ según Figura 12 se puede apreciar una relación de 99.53%



y 99.46% de proximidad entre resultados de tal forma que, aunque sea un método que identifica menos variables, se puede ajustar probabilísticamente muy bien a la realidad.

En esta misma línea de investigación, el estudio de (Tenesaca et al, 2024), titulado “*Modelación Hidrológica e Hidráulica para la identificación de zonas de inundación en la Quebrada Las Abras, Riobamba*”, propone una fórmula de intensidad ajustada a una curva de tendencia potencial, obteniendo un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9584$. Este resultado se alcanzó mediante el método de Regresión Potencial, el cual difiere del enfoque RLM al emplear parámetros específicos como el término constante de regresión (d) y un coeficiente de regresión (n), que se ajustan iterativamente hasta lograr una correspondencia adecuada con los datos observados.

Un estudio realizado en cuencas de la región andina reportó que el uso del método de Talbot permitió estimar caudales con un margen de error del 15% en comparación con mediciones directas, lo que es considerado aceptable en contextos de escasez de datos. Asimismo, la aplicación de RLM en cuencas urbanas ha demostrado que hasta un 70% de la variabilidad en los caudales puede ser explicada por factores climáticos y antropogénicos, lo que resalta la importancia de considerar múltiples variables en el análisis hidrológico (Sheonty & Islam, 2020).

Conclusiones

Se analizaron datos hidrológicos correspondientes a un período de 32 años (1985–2022), excluyendo aquellos años descartados mediante pruebas de consistencia. Este intervalo incluye los últimos cinco años, en cumplimiento de uno de los objetivos específicos de la investigación. Los registros pluviométricos fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), con énfasis en la quebrada Las Abras. Este periodo se utilizó para construir una matriz de datos que fortalezca la confiabilidad de los modelos y métodos estadísticos aplicados. Para ello, se integraron registros de dos estaciones pluviométricas cercanas (M0258 – Querochaca y M0133 – Guaslán) con los de la estación principal (M1036 – ESPOCH).

Se analizaron los datos climatológicos diarios del periodo 1981–2023 (40 años), provenientes de la base de datos NASA POWER, previa aplicación de una prueba de detección de datos atípicos.

El análisis arrojó un coeficiente de eficiencia de Nash - Sutcliffe de 0.972 entre los dos métodos evaluados en esta investigación, lo que indica un desempeño **muy bueno** en la representación del comportamiento climático.

Adicionalmente, se identificó un modelo de ajuste para la varianza residual de los datos obtenidos, utilizando el coeficiente de determinación R^2 , mediante la representación de una línea de tendencia potencial en las curvas IDF. Este enfoque arrojó un valor perfecto de $R^2 = 1$ al aplicar el método de Regresión Lineal Múltiple (RLM), mientras que el modelo de Talbot presentó valores superiores a 0.95. Estos resultados evidencian que el análisis multimétodo proporciona un ajuste probabilístico consistente, lo cual lo hace adecuado para la estimación y graficación de valores futuros o la reconstrucción de datos faltantes, según sea requerido.

La variabilidad observada en años específicos, como 1999, puede atribuirse a eventos climáticos extremos, como “El Niño”, cuya magnitud no ha sido igualada en años recientes. Adicionalmente, los efectos del cambio climático han contribuido a una tendencia decreciente en las precipitaciones máximas.

Referencias bibliográficas

- Abril et al. (2020). Curvas de intensidad, duración y frecuencia de la estación meteorológica Puyo. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v41n1/1680-0338-riha-41-01-127.pdf>.
- Acosta, P., & Sierra, X. (2013). Evaluación. *Evaluación de métodos de construcción de curvas IDF a partir de distribuciones de probabilidad y parámetros de ajuste*, [.http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v41n1/1680-0338-riha-41-01-127.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v41n1/1680-0338-riha-41-01-127.pdf).
- Alfaro, E., & Soley, F. (2009). Descripción de dos métodos de relleno de datos ausentes en series de tiempo meteorológicas. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 16(1), 60-75. <https://doi.org/10.15517/rmta.v16i1.1419>.
- Altamirano, C., & Carrillo, P. (2023). *Comparación de técnicas de relleno de datos faltantes de variables meteorológicas en la provincia de Chimborazo*. <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/19932>.
- Campos Aranda, D. (2016). Una aplicación hidrológica de la regresión lineal múltiple ponderada. *Tecnología y Ciencias del Agua*. ISSN-e 2007-2422, Vol 7, No. 4 (Julio - Agosto de 2016),

- 161-173, 7(4), 161-173.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7357243&info=resumen&idioma=SPA>.
- Fuentes, j. (2004). *ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS: CASO DE ESTUDIO DEL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO*.
- Galeano et al. (2011). *Estudio comparativo de los diferentes métodos para el diseño de alcantarillas y vías férreas*.
- Gallegos et al. (2016). Estimación de datos diarios faltantes en registros de precipitación y temperatura máxima y mínima en San Luis Potosí. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. 8(1), 3-16. <https://doi.org/10.5154/R.INAGBI.2015.11.008>.
- Gutiérrez-López et al. (2019). Ajuste de curvas IDF a partir de tormentas de corta duración. *Tecnología y Ciencias*, 10(6), 1-24. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2019-06-01>.
- Ibáñez et al. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*.
- INAMHI. (2016). *Publicación de la información generada por las 35 estaciones hidrológicas automáticas*. Ecuador: INAMHI.
- INAMHI, I. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología.
- Pérez-Sánchez, J., & Senent-Aparicio, J. (2017). Curvas intensidad-duración-frecuencia de tormentas de corta duración en la cuenca del río Segura, España. *Agrociencia*, 51(6), 607-616. Recuperado en 18 de julio de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000600607&lng=es&tlng=es.
- Sheonty, S., & Islam, T. (2020). *ESTABLISHMENT OF RAINFALL INTENSITY-DURATION-FREQUENCY CURVES OF KHULNA. In KUET*. <https://www.researchgate.net/publication/343817812>.
- Tenesaca et al. (2024). Modelación hidrológica e hidráulica para la identificación de zonas de inundación en la quebrada Las Abras, Riobamba. *Revista Científica INGENIAR*, 7–19. <https://doi.org/10.46296/ig.v7i14.0220>.
- Trujillo. (s.f.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Trujillo et al. (2015). Relleno de series diarias de precipitación, temperatura mínima, máxima de la región norte del Urabá Antioqueño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 577-588.
- Velez, M. (2000). *Hidrología para ingenieros*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Velez_Maria/publication/338778972_HIDROLOGIA_PARA_INGENIEROS/links/5e2a13964585150ee77dede5/HIDROLOGIA-PARA-INGENIEROS.pdf
- Zhicay Lombaida, J. I. (2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Zúñiga-Rodríguez et al. (2024). Zúñiga-Rodríguez, M. G.Efectos del cambio climático en zonas urbanas aledañas a las quebradas “San Sebastián” y “El Rosario” del Cantón Guano. *Revista Científica INGENIAR*, 7-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v7i13.0150>.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.