



*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.:15

Período: Marzo, 2021

TÍTULO: Estudio hidromorfológico de la cuenca La Mona, El Cady y el riesgo de inundaciones imprevistas.

AUTORES:

1. Ing. Carlos Rodríguez Palacios.
2. Máster. José Ramón Alarcón.

RESUMEN: En el trabajo se logró realizar la simulación del comportamiento hidrológico de la cuenca en una zona donde no existen estudios de este tipo. Se utilizó las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la construcción de hietogramas. Con esta información, se aplicó un sistema de modelamiento hidrológico con la herramienta HEC-HMS (versión 4.6.1), y el programa QGIS 3.4 MADEIRA para determinar las características morfológicas de la cuenca. Se obtuvieron los caudales de punta para períodos de retorno de 25, 50 y 100 años respectivamente. Este análisis es de gran ayuda para otras cuencas hidrográficas en toda la región ecuatoriana, ya que tienen una función importante en el ecosistema y que no cuentan con información hidrometeorológica.

PALABRAS CLAVES: cuencas hidrográficas -hidrometereológica– características morfológicas.

TITLE: Hydromorphological study of the La Mona, El Cady Basin and the risk of unforeseen floods.

AUTHORS:

1. Eng. Carlos Rodríguez Palacios.
2. Master. José Ramón Alarcón.

ABSTRACT: The work managed to simulate the hydrological behavior of the basin in an area where there are no studies of this type. The intensity-duration-frequency (IDF) curves were used for the construction of hietograms. With this information, a hydrological modeling system was applied with the HEC-HMS tool (version 4.6.1), and the QGIS 3.4 MADEIRA program to determine the morphological characteristics of the basin. Peak flows were obtained for return periods of 25, 50 and 100 years, respectively. This analysis is of great help for other hydrographic basins throughout the Ecuadorian region, since they have an important function in the ecosystem and they do not have hydrometeorological information.

KEY WORDS: hydrographic basins -hydrometeorological- morphological characteristics.

INTRODUCCIÓN.

La cuenca hidrográfica es un territorio que es definido por la propia naturaleza, principalmente por los límites de los sectores de escurrimiento de las aguas superficiales que siguen su salida hasta el cauce. La cuenca con sus recursos naturales y habitantes tienen características biológicas, físicas económicas y sociales que las hacen distintas a cada una. Físicamente son una fuente de captación de agua subterránea y agua superficiales (Barrios, 2003).

Las cuencas hidrográficas proporcionan algunos servicios al ecosistema tanto como para el bienestar humano, su alimentación, el abastecimiento de agua, calidad del agua, la regulación del clima y también para la protección costera. Cada vez se reconoce más el valor de sus funciones para su conservación y otros servicios que proporciona al ecosistema. Todos estos aspectos se basan en el

manejo de los recursos hídricos y por ellos pueden considerarse componentes esenciales para la infraestructura en general; sin embargo, en años anteriores, no siempre se daba la importancia y eso se reflejaba en la poca planificación y manejo de los recursos hídricos.

Las cuencas hidrográficas en Ecuador son de gran importancia para la distribución equitativa del recurso agua, ya que delimita nuestras regiones y son la base para la generación de riquezas ya sea agrícola o para el sistema productivo, así mismo sirve para el ordenamiento territorial. El plan nacional de desarrollo 2017-2021 (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Senplades, 2017) buscar mejorar y hacer más eficiente el manejo del agua en cada una de las cuencas hidrográficas del Ecuador, bajo el desarrollo territorial sustentable y la participación de la sociedad y que esta se involucre en el cuidado y aprovechamiento del líquido vital. La provincia de Manabí tiene seis cuencas hidrográficas que benefician a algunas comunidades, tanto para consumo humano para la potabilización el agua cruda y sistemas de riego.

Los cauces principales que están en cada una de las ciudades y en Manabí se encuentran localizadas en: Portoviejo, Chone, Jama, Pedernales y Jipijapa. (Olivo, 2018). La cuenca del río Portoviejo tiene la bondad de servir a la comunidad tanto para el abastecimiento de sistemas de riego, agua potable, ganadería y para otros fines. En épocas de inviernos es donde más se aprovecha el agua superficial, ya que comienzan las lluvias desde los meses de diciembre hasta abril aproximadamente, así como se describen sus características positivas también se muestran aspectos negativos, en épocas de lluvias las precipitaciones repentinas y constantes producen inundaciones a los sectores más vulnerables como son las zonas aguas abajo del cauce del río Portoviejo donde existen muchas hectáreas de sembríos y también afectaciones a los asentamientos poblacionales (Gobierno de Manabí Ecuador, 2016).

En la cuenca del río Portoviejo existen Subcuencas que están afectando al sector socioeconómico de la provincia y la estabilidad de los asentamientos existentes como por ejemplo en el sector de la

Parroquia Colón, esta parroquia durante los meses de invierno se ve afectada por las inundaciones que son provocadas por las subcuencas existentes en el sector tales como la de La Mona ubicada en el sector el Cady y también la Micro- cuenca llamada Maconta; éstas en época invernal bajan sus quebradas provocando mucho daño a los sectores antes mencionado. Dada esta problemática se prevé realizar un estudio hidro morfológico de la cuenca La Mona, el Cady y el riesgo de inundaciones imprevistas.

El entendimiento de la teoría del conocimiento permite realizar una investigación científica que nos permite obtener respuestas correctas a cualquier hipótesis, razón por la cual se ha realizado este tipo de trabajos donde nos permitirá orientarnos de mejor manera en las tomas de decisiones en cuento al riesgo hídrico que esta representan, dada la complejidad de algunas herramientas de modelación en la estimación hidrológica como son Hidrodames pertenecientes al instituto danés, otra herramienta es Delft 3D para hidráulica que es pesado y más lento para procesar toda la información. Por eso se utilizó el software HEC HMS que es acceso libre y permite de mejor manera la interpretación de los resultados.

DESARROLLO.

Metodología.

Este proyecto se desarrollará utilizando métodos de investigación de tipo Morfológico o inspección visual caracterizados por los recorridos de campo en los que se harán observaciones de las superficies identificadas anteriormente, para examinar las posibles causas de los procesos que afectaron la zona. El descriptivo-comparativo que establece diferencias en las manifestaciones de los procesos, permitiendo plantear generalizaciones y formulas leyes mediante el restablecimiento y comparación de elementos antiguos. De tipo Explicativos, analizando el porqué es así la realidad de este sector, determinado las causas y el planteamiento de hipótesis. La recopilación de información bibliográfica necesaria a través de libros, artículos científicos, revistas y periódicos que servirán de sustento

científico – teórico de la Cuenca La Mona y su relación con la percepción del riesgo. Levantamiento de información en campo, libros, artículos y diferentes normas relacionadas con la rama de la Hidrología e Hidráulica que servirá para hacer el estudio de la información geomorfológica de la cuenca a través de modelos digitales.

Para poder realizar la modelación de la cuenca de La Mona se tienen que realizar lo siguiente:

- Recopilación de información.
- SIGTIERRAS: Descargar los modelos de elevación previa a una solicitud de la información con la ayuda del Programa nacional sigtierras con una resolución de 4x4 el más eficiente para realizar el análisis.
- INHAMI: Serie climatológica de los últimos años de la estación M005 UTM (Fermín & Orlando, 2018).

La caracterización y modelación hidrológica:

- Por medio del software QGIS se obtuvieron las características físicas de la cuenca la mona.
- Cálculo y estimación de las curvas IFD (curva de intensidad y frecuencia) de la estación de la zona ya elegida.
- Obtención de caudales pico por medio del software HEC HMS.

Ubicación Geográfica.

La parroquia Colón se encuentra ubicada en la Provincia de Manabí en el Cantón Portoviejo al suroeste de la ciudad, Datum WGS84 con las coordenadas UTM: Norte 9876741,358 y Este 565536,621 o coordenadas geográficas: Latitud $-1^{\circ} 06' 52.75''$ Longitud... $-80^{\circ} 24' 52.75''$ La zona de estudio está localizada en la parte alta del río Portoviejo. (Murillo, 2014).

Plano de ubicación.

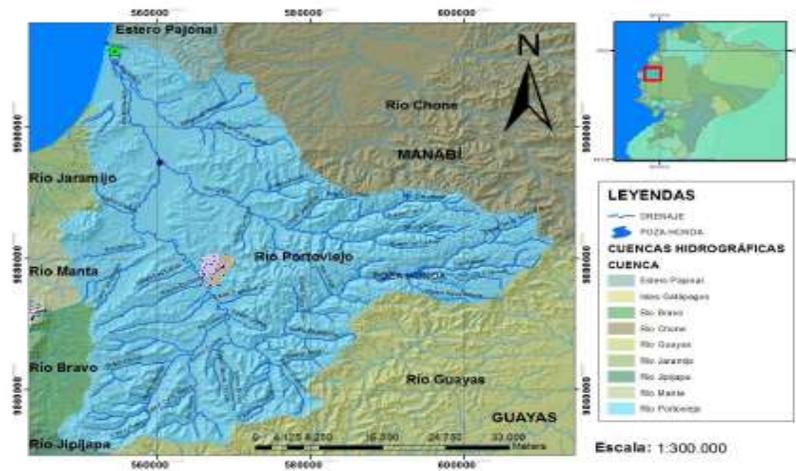


Fig. 1: Ubicación de la cuenca Portoviejo.

Características físicas de la cuenca.

Las características físicas de la cuenca dependen de algunos aspectos tanto la topografía, el clima, el suelo, la pendiente que las hacen diferente la una con la otra. El proyecto está localizado en el sector central de Manabí en la Cuenca principal del río Portoviejo, esta tiene un área de 2096 km², las curvas de nivel están por los 600 msnm hasta su desembocadura al mar. (Gobierno de Manabí Ecuador, 2016) (figura 1).

Delimitación Hidrográfica de la cuenca.

Parámetros morfométricos generales de una cuenca hidrográfica.

Se pueden delimitar subcuencas de orden inferior, las divisorias que delimitan las subcuencas se definen como divisoria de aguas (Maidment, Mays & Larry. 1994). Para realizar la delimitación de la cuenca Portoviejo y de la subcuenca de estudio se utiliza el programa QGIS, que trabaja con el Sistema de Información Geográfica (SIG) y esta es una herramienta que ayuda a delimitar una cuenca de manera eficaz y rápida, para el cual se realiza un modelo digital de elevación (DEM por sus siglas

en inglés); estas imágenes fueron proporcionadas por Proyecto SIGTIERRAS que es parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (figura 2).

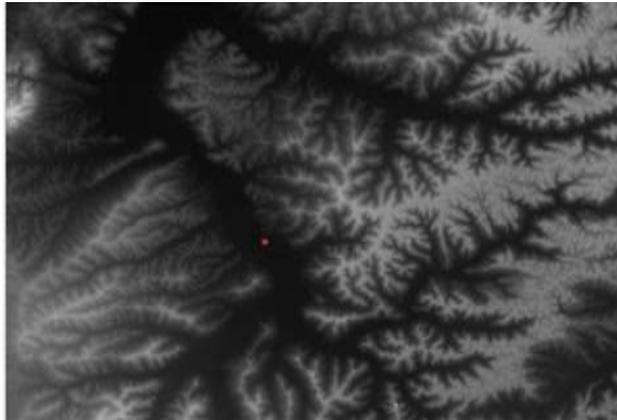


Fig. 2: Dem de elevación.

Delimitación de subcuencas.

Como se muestra en la imagen, la Cuenca la Mona esta dividida en 2 subcuencas o quebradas que tienen por nombre La Mona (1) y el Cady (2) y ambas tienen su cauce principal con sus respectivas redes de drenaje.

Para el análisis de las características morfológicas de este proyecto se tomaron puntos de cierre de la cuenca, donde se pudo determinar las áreas y el perímetro de cada una la cuales se detallan a continuación (figura 3).

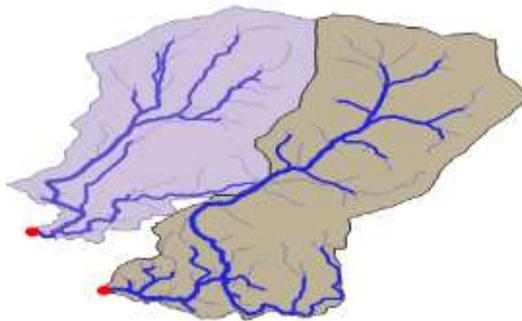


Fig. 3: subcuencas 1 – 2.

Longitud del cauce principal (L), ancho (W).

El cauce principal es donde llegan todas las aportaciones tributarias de la red hidrográfica de la cuenca (Maidment, Mays & Larry. 1994) (figura 4).

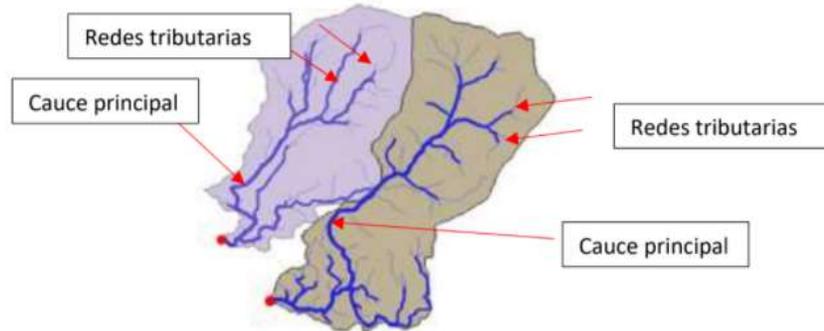


Fig. 4: redes de drenaje

Ancho de la Cuenca: Relación entre el área y la longitud de la cuenca.

$$B = \frac{A}{L}$$

Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca.

Factor de forma de Horton: Es uno de los índices más utilizados para medir la forma de la cuenca.

(Maidment, Mays & Larry. 1994).

$$R_f = \frac{A}{L_a^2}$$

A: Área de la cuenca en (km^2)

L_a : Longitud axial de la cuenca en (km)

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
> 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.300	Alargada
0.300 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy Ensanchada
> 1.200	Rodeando el Desagüe

Coefficiente o índice de compacidad: También denominado índice de Gravelius, relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área A (Maidment, Mays & Larry, 1994).

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

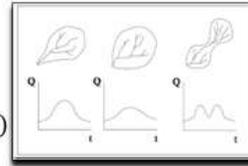
Clase de Forma	Índice de Compacidad (Cc)	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26-1.50	Oval-redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 a más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Coefficiente de circularidad de Miller: Formas de la cuenca acorde al coeficiente de circularidad de Miller (Maidment, Mays & Larry, 1994).

$$C_c = 4\pi \frac{A}{P^2}$$

A: Área de la cuenca en (km²)

P: Perímetro de la cuenca en (km)



Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve.

La elevación máxima es la cota más elevada de la cuenca hidrográfica y la elevación mínima es la cota más baja, que generalmente es el punto de salida (Maidment, Mays & Larry, 1994).

Las cotas máximas y mínimas para las cuencas de estudio ubicado en QGis se muestran a continuación (figura 5, figura 6).

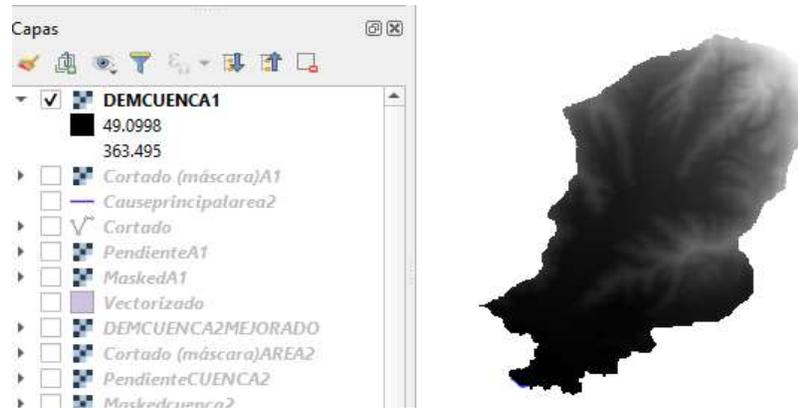


Fig. 5: Dem elevación cuenca1

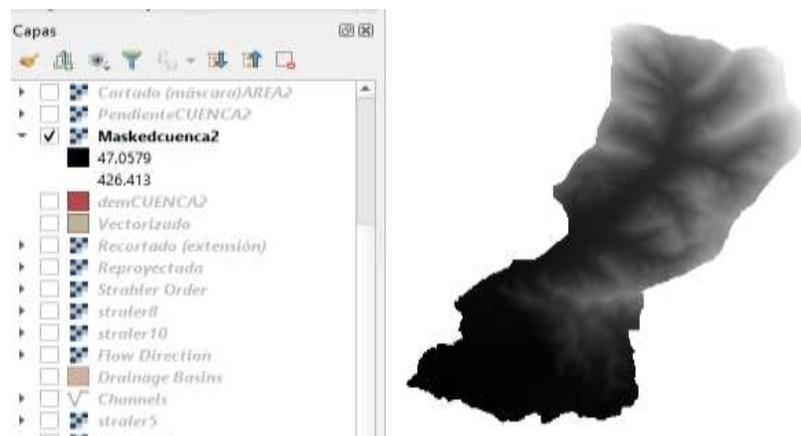


Fig. 6: Dem elevación cuenca 2

Parámetros morfométricos asociados a la red de drenaje.

Orden de la cuenca: permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del Sistema de drenaje de la cuenca. El orden se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal. Hay varios sistemas de jerarquización; sin embargo, los más empleados son el de Horton (1945) y el de Strahler (1952).

Las subcuencas de la Mona tienen corrientes de cuarto orden las cuales se muestran en la siguiente imagen (figura 7).

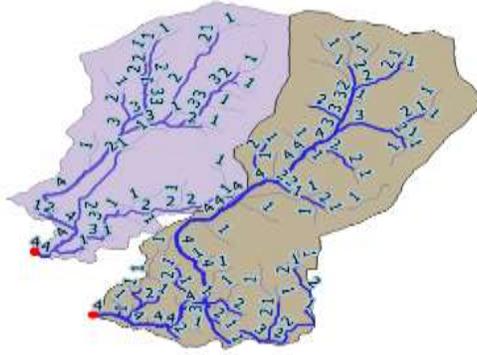


Fig. 7: Orden de ríos.

Cuenca 1.

Cuenca 2.

Corriente primer orden (Nc1): 22

Corriente primer orden (Nc1): 43

- Corriente segundo orden (NC2): 13

Corriente segundo orden (NC2): 23

- Corriente tercer orden (NC3): 10

Corriente tercer orden (NC3): 6

- Corriente cuarto orden (NC4): 1

Corriente cuarto orden (NC4): 1

Densidad de drenaje: La densidad de corriente es un parámetro que permite identificar el nivel de respuesta de la cuenca ante una entrada de lluvia. Mientras mayor sea la densidad de corriente, la cuenca es más ramificada generando una respuesta más rápida en la entrada de lluvia y una menor descarga al acuífero (Maidment, Mays & Larry. 1994).

Cuenca 1.

$$D \text{ cuenca } 1 = \frac{3.46 \text{ km}^2}{17.52 \text{ km}} = 5.06$$

Si $D \leq 0.5$ cuenca mal drenada.

Si $D \geq 3.5$ cuenca bien drenada.

Cuenca 2.

$$D \text{ cuenca } 2 = \frac{4.7 \text{ km}^2}{26.23 \text{ km}} = 5.47$$

Pendiente del cauce principal: Es la diferencia de niveles del cauce principal dividido por la longitud de del cauce principal (Maidment, Mays & Larry. 1994).

$$S_c = \frac{C_{sup_{cp}} - C_{inf_{cp}}}{L_{cp}}$$

Donde:

$C_{sup_{cp}}$ = Cota superior del cauce principal.

$C_{inf_{cp}}$ = Cota inferior del cauce principal.

L_{cp} = Longitud del cauce principal.

Cuenca 1.

$$S_c = \frac{355.2 - 40.51}{8.8} = 35.76 \%$$

Cuenca 2.

$$S_c = \frac{420.41 - 41.98}{5.22} = 73.65 \%$$

Curva hipsométrica y Frecuencia altimétrica.

Existen tres tipos de curvas que puede adoptar una cuenca, según la forma que adopte la curva representa las edades de los ríos como jóvenes, maduros y viejos (figura 8).

Cambio de forma de la CH con la edad del río.

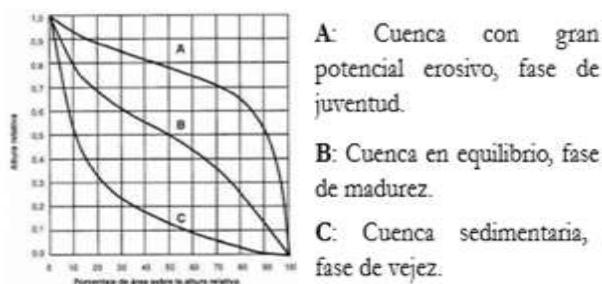


Fig 8: Tipos de curva.

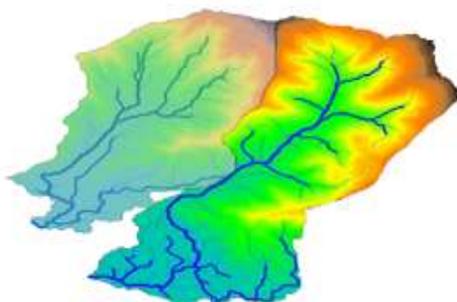


Fig 9: Modelo digital de Elevaciones; Subcuenca 1, Subcuenca 2.

Para determinar la Curva Isométrica se trabaja en el Raster de los terrenos de cada subcuenca, con la herramienta curva isométrica se analiza el MDE del Dem de la subcuenca Principal y la capa vectorial de la subcuenca principal, ejecutando el proceso se genera un archivo de texto .CSV que se abre con Excel y contiene las siguientes columnas:

El promedio entre cotas máximas y mínimas, el área acumulada entre intervalos, el porcentaje del área acumulada y el porcentaje del área respecto a la acumulación de las áreas en los intervalos. Las columnas 2 y 4 se presentan los datos para la construcción de la curva hipsométrica y frecuencia altimétrica las subcuencas de estudio de la Mona el Cady (figura 10, figura 11).

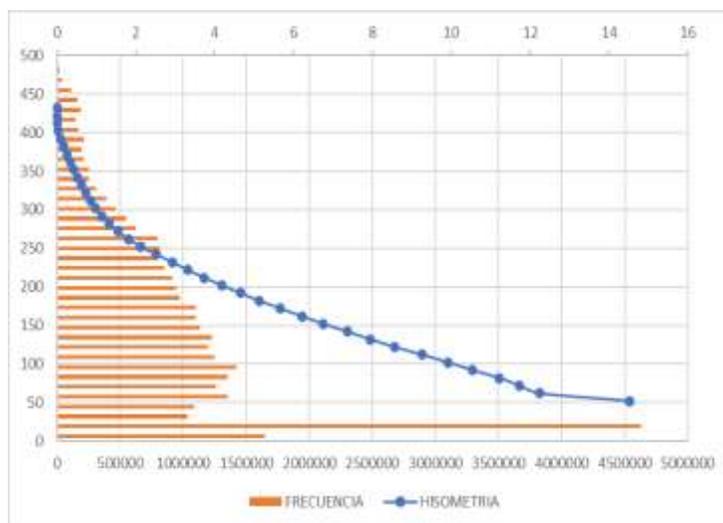


Fig. 10: Curva Hipsométrica y Frecuencia Altimétrica subcuenca 1.

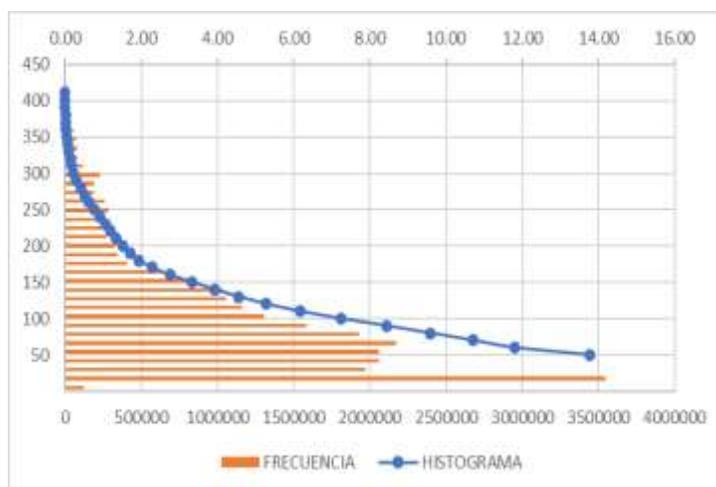


Fig. 11: Curva Hipsométrica y Frecuencia Altimétrica subcuena 2.

Resumen de los parámetros morfométricos obtenidos de la Cuenca la mona (figura 12, figura 13).

Cuenca 1.

Parámetros morfométricos generales		
Parámetros	Símbolo	Valor
Áreas (km ²)	A	4.792
Perímetro (km)	P	14.735
Longitud máxima (km)	LM	4.0
Longitud cauce principal (km)	LCP	5.22
Ancho de la cuenca	B	1.20
Desnivel altitudinal	DA	379.36

Parámetros morfométricos generales		
Parámetros	Símbolo	Valor
Factor de foma	Rf	0.30
Coefficiente de compacidad	Kc	5.96
Coefficiente de circulación	LM	0.02

Fig. 12: Parámetros morfométricos

Cuenca 2.

Parámetros morfométricos generales		
Parámetros	Símbolo	Valor
Áreas (km ²)	A	3.46
Perímetro (km)	P	11.788
Longitud máxima (km)	LM	3.0
Longitud cauce principal (km)	LCP	8.8
Ancho de la cuenca	B	1.15
Desnivel altitudinal	DA	341.4

Parámetros morfométricos generales		
Parámetros	Símbolo	Valor
Factor de foma	Rf	0.38
Coefficiente de compacidad	Kc	5.61
Coefficiente de circulación	LM	0.03

Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve		
Parámetros	Símbolo	Valor
Cota máxima	cmáx	426.413
Cota mínima	cmin	47.05
Altura media de la cuenca (msnm)	am	125.28
Pendiente promedio de la cuenca	smed	17.3
Altitud mayor de la cuenca	acsup	426.41
Desnivel altitudinal	acinf	41.98

Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve		
Parámetros	Símbolo	Valor
Longitud total de drenaje (msnm)	It (km)	17.52
Densidad de drenaje	d	5.0636
Pendiente del cauce	sc	35.76
Tiempo de concentración	tc	1.236761464

Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve		
Parámetros	Símbolo	Valor
Longitud total de drenaje (msnm)	It (km)	26.23
Densidad de drenaje	d	5.47
Pendiente del cauce	sc	73.65
Tiempo de concentración	tc	0.65

Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve		
Parámetros	Símbolo	Valor
Cota máxima	cmáx	363.495
Cota mínima	cmin	49.09
Altura media de la cuenca (msnm)	am	119.78
Pendiente promedio de la cuenca	smed	13.99
Altitud mayor del cauce	acsup	355.2
Altitud menor del cauce	acinf	40.51

Fig. 13: Parámetros morfométricos.

Procesamiento de los datos de precipitaciones máximas para la ciudad de Portoviejo.

Procesamiento inicial de datos, serie de trabajo.

Después de analizar los datos de los registros del INAMHI se pudo concluir que la estación climática M005 cuenta con registros pluviométricos que acopian más de 20 años de mediciones y con estos datos se comenzó el trabajo.

Se colocan los valores de lluvia del día que más llovió en cada uno de los meses desde el año 1990 hasta el 2016.

Comprobación del ajuste de la serie de trabajo a la función teórica de probabilidad Gumbel.

Para obtener la precipitación máxima diaria, se usará una la hoja de cálculo.

Para el análisis de distribución mediante Gumbel, se obtiene las variables probabilísticas mediante los parámetros de (α) (u), con las cuales se calculará las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias. (Aranda, 1984) (figura 14).

Distribución de Probabilidad Pluviométricas mediante Gumbel.

Cálculo de Variable Probabilística		
Media	201,66	mm
Desviación Estándar	88,65	mm
Parámetro de Forma	69,12	mm
Parámetro de Escala	161,76	mm

Nro	Año	Mes Max. Precp.	Precipitación (mm)	
			x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1990	Mar	158,07	1900,09
2	1991	Feb	95,90	11184,77
3	1992	Mar	300,00	9671,13
4	1993	Feb	181,90	390,38
5	1994	Mar	183,20	340,70
6	1995	Feb	153,20	2348,18
7	1996	Mar	197,70	15,67
8	1997	Dic	292,10	8179,74
9	1998	Mar	460,20	66843,93
10	1999	Feb	322,70	14651,15
11	2000	ene	89,70	12534,61
12	2001	Mar	301,90	10048,44
13	2002	Feb	233,70	1026,69
14	2003	Feb	181,50	406,35
15	2004	Mar	153,40	2328,84
16	2005	Abr	269,00	4534,93
17	2006	Mar	161,90	1580,70
18	2007	Mar	121,80	6377,31
19	2008	Feb	236,40	1207,00
20	2009	Ene	98,10	10724,27
21	2010	Mar	185,90	248,32
22	2011	Feb	122,40	6281,84
23	2012	Feb	295,70	8843,88
24	2013	Mar	245,70	1939,69
25	2014	Feb	76,20	15739,73
26	2015	Mar	195,10	43,01
27	2016	Feb	131,40	4936,20

Donde:

α parámetro de forma. $\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot S$

u parámetro de escala. $u = \bar{x} - 0.5772 \cdot \alpha$

S desviación standard. $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$

x_i medición del evento i .

\bar{x} media de la muestra.

Fig. 14. Variables.

Obtención de las curvas de intensidad – frecuencia y duración IFD para la estación M005 y de hietogramas de trabajo.

Se ordenan nuestros valores de intensidad de lluvia dándole una secuencia (m) de mayor a menor, obtendrá las probabilidades de ocurrencia y no ocurrencia a través de las fórmulas. Aquí se muestran los pasos más importantes para la creación de las curvas IFD para la estación M005 (figura 15).

Tiempo de duración (min)	Tiempo de duración	Tiempo de duración (días)	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración (años)						
				2	5	10	25	50	100	500
60	1	0,04	0,3	63,43	89,98	107,57	129,78	146,27	162,63	200,43
120	2	0,08	0,39	82,45	116,98	139,84	168,72	190,15	211,41	260,56
180	3	0,13	0,46	97,25	137,97	164,94	199,00	224,27	249,36	307,33
240	4	0,17	0,52	109,94	155,97	186,45	224,96	253,53	281,89	347,42
300	5	0,21	0,57	120,51	170,97	204,38	246,59	277,91	308,99	380,82
360	6	0,25	0,61	128,96	182,97	218,72	263,89	297,41	330,67	407,55
480	8	0,33	0,68	143,76	203,96	243,82	294,18	331,54	368,62	454,31
720	12	0,50	0,8	169,13	239,96	286,85	346,09	390,04	433,67	534,49
1080	18	0,75	0,91	192,39	272,95	326,29	393,68	443,67	493,30	607,98
1440	24	1,00	1,00	211,42	299,94	358,56	432,61	487,55	542,09	668,11
2880	48	2,0	1,32	279,07	395,93	473,30	571,05	643,57	715,56	881,90
4320	72	3,0	1,63	344,61	488,91	584,45	705,16	794,71	883,60	1089,02
5760	96	4,0	1,85	391,12	554,90	663,33	800,34	901,97	1002,86	1236,00
7200	120	5,0	2,05	433,41	614,89	735,04	886,86	999,48	1111,28	1369,62
8640	144	6,0	2,22	469,35	665,88	796,00	960,40	1082,37	1203,43	1483,20
10080	168	7,0	2,38	503,17	713,87	853,37	1029,62	1160,38	1290,17	1590,10

Fig. 15: Precipitaciones máximas

En la primera columna se colocan los períodos de retorno más empleados en estudios hidrológicos máximos. En la segunda columna se evalúa la variable reducida, mientras que en la columna 3 se aplica la precipitación. En la columna 4 se calcula la probabilidad de ocurrencia de esta lluvia con esa recurrencia y por últimos se realiza una corrección a los valores de x_T calculados (Aranda, 1984).

Periodo de retorno	Variable reducida	Precipitación (mm)	Prob. De ocurrencia	Correcc. Intervalo
Años T	YT	XT (mm)	F (XT)	XT (mm)
2	0,367	187,10	0,5	211,42
5	1,500	265,44	0,8	299,94
10	2,250	317,31	0,9	358,56
25	3,199	382,84	0,96	432,61
50	3,902	431,46	0,98	487,55
100	4,600	479,72	0,99	542,09
500	6,214	591,25	0,998	668,11

Con estos valores se realiza los Cálculos de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables que sirven para el ajuste para distintas frecuencias y por ende dibujamos las Curvas IDF que representan nuestras intensidades de lluvia.

Obtención de las curvas de intensidad – frecuencia y duración IFD para la estación M005.

Se dividen los valores de lluvia probable anteriores por su duración y se obtienen las intensidades y graficando estos valores se obtienen las curvas IFD.

Fórmula para obtener la intensidad ajustada en mm/hr para nuestra curva de intensidad.

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I = intensidad(mm/hr)

t =duración de la lluvia (min)

T = periodo de retorno (años)

K, m, n = parámetros de ajuste

Se realiza un cambio de variable:

$$d = K * T^m$$

Período de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación, con lo que de la anterior expresión.

se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n}; \quad I = d * t^{-n}$$

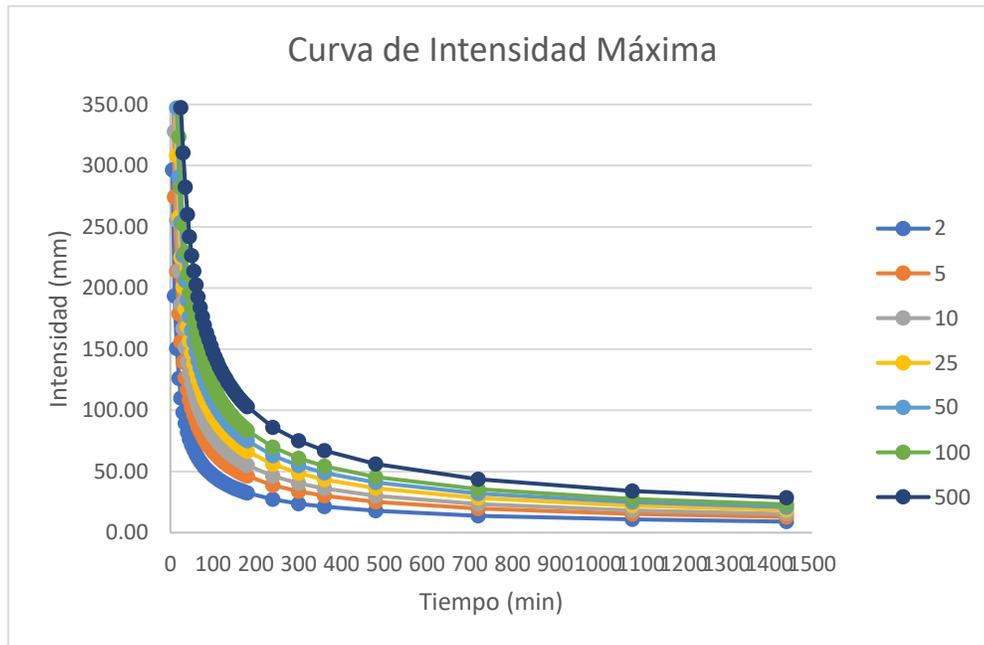
$$i = \frac{175.897 * T^{0.2692}}{t - 0.5042}$$

I = intensidad de precipitación(mm/hr).

T = período de retorno (años).

t = tiempo de duración de precipitación (min).

Obtención de hietogramas de trabajo.



Los hietogramas que se emplearan son los correspondientes a aguaceros de una hora de duración y períodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

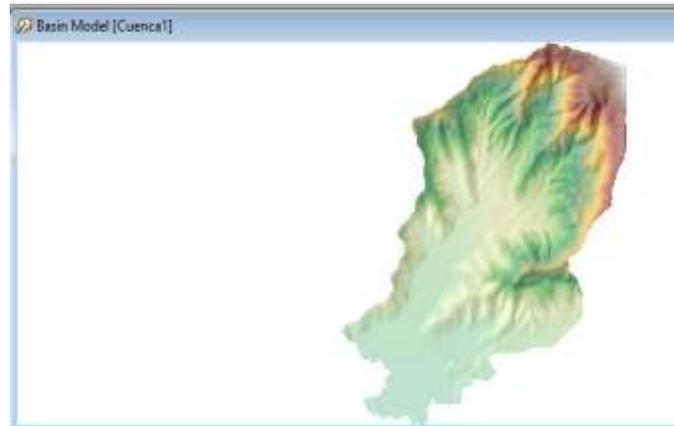




Caracterización y modelación hidrológica.

El modelo de la cuenca que es trabajado en QGIS es para mostrar sus componentes físicos, en otras palabras, para mostrar los parámetros morfológicos para la simulación hidrológica. En el programa se desarrolla agregando y conectando los elementos hidrológicos y el cual se utilizan los modelos matemáticos para explicar los procesos físicos de la cuenca. El hidrograma de los caudales pico son producidos con los datos de precipitación y los datos de la cuenca. (Nanía, 2007).

Cuenca 1.



Obteniendo para un periodo de retorno de 25 años, el siguiente caudal $71.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Global Summary Results for Run "Run 3"

Project: todocuenca1 Simulation Run: Run 3

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Run: 01ene.2000, 12:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 21dic.2020, 16:46:56 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	3	89,0	01ene.2000, 01:30	164,00
Junction-1	0	0,0	01ene.2000, 00:00	n/a

Obteniendo para un período de retorno de 50 años, el siguiente caudal $80.3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: todocuenca1 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Run: 01ene.2000, 12:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 21dic.2020, 16:41:54 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	3	71,6	01ene.2000, 01:30	132,00
Junction-1	0	0,0	01ene.2000, 00:00	n/a

Obteniendo para un período de retorno de 100 años, el siguiente caudal 89.0 m³/s.

Global Summary Results for Run "Run 2"

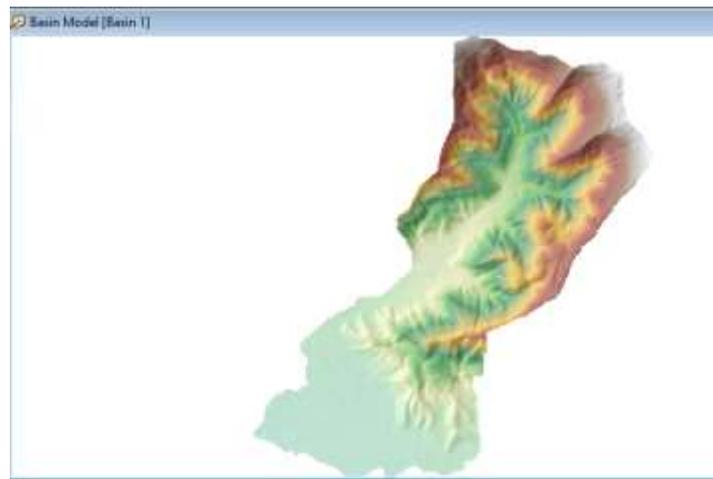
Project: todocuena1 Simulation Run: Run 2

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Run: 01ene.2000, 12:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 21dic.2020, 16:45:41 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	3	80,3	01ene.2000, 01:30	148,00
Junction-1	0	0,0	01ene.2000, 00:00	n/a

Cuenca 2.



Obteniendo para un período de retorno de 25 años, el siguiente caudal 95.4 m³/s.

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: todocuena2 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Run: 01ene.2000, 12:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	4	95,4	01ene.2000, 01:30	132,00
Junction-1	0	0,0	01ene.2000, 00:00	n/a

Obteniendo para un período de retorno de 50 años, el siguiente caudal 107.1 m³/s.

Project: todocuena2 Simulation Run: Run 2

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Run: 01ene.2000, 12:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 21dic.2020, 16:30:34 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	4	107,1	01ene.2000, 01:30	148,00
Junction-1	0	0,0	01ene.2000, 00:00	n/a

Obteniendo para un período de retorno de 100 años, el siguiente caudal 118.7 m³/s

Project: todocuena2 Simulation Run: Run 3

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
 End of Run: 01ene.2000, 12:00 Meteorologic Model: Met 1
 Compute Time: 21dic.2020, 16:32:01 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	4	118,7	01ene.2000, 01:30	164,00
Junction-1	0	0,0	01ene.2000, 00:00	n/a

Análisis de sensibilidad.

Valores de caudal punta para los distintos escenarios del análisis de sensibilidad.

CUENCA 1		
TR (AÑOS)	Q(m3/s)	V(m3)
25	71.6	132
50	80.3	148
100	89	164

CUENCA 2		
TR (AÑOS)	Q(m3/s)	V(m3)
25	95.4	132
50	107.1	148
100	118.7	164

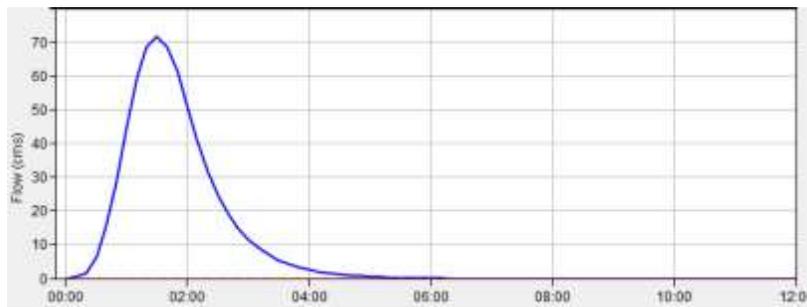
En las gráficas de los hidrogramas para los períodos de retorno respectivos presentadas en las figuras cuenca 1 y cuenca 2 se observan un comportamiento similar de los valores de volumen con un, siendo

el parámetro más sensible el de caudal, mientras que la simulación con el tiempo de retardo (lag time) afecta en amplitud a los hidrogramas.

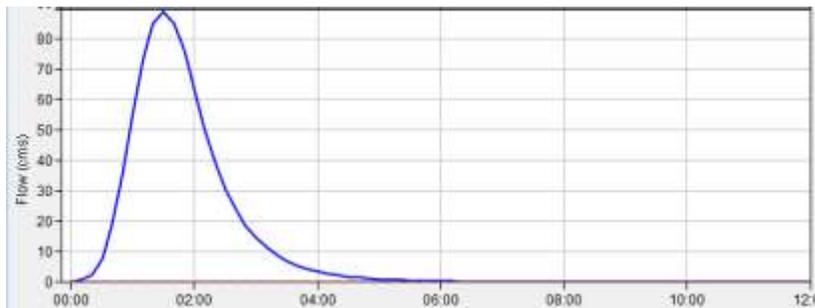
CUENCA 1.

Hidrogramas simulados con un análisis de sensibilidad para los distintos períodos de retorno. A) TR: 25 años, B) TR: 50 años y C) TR: 100 años.

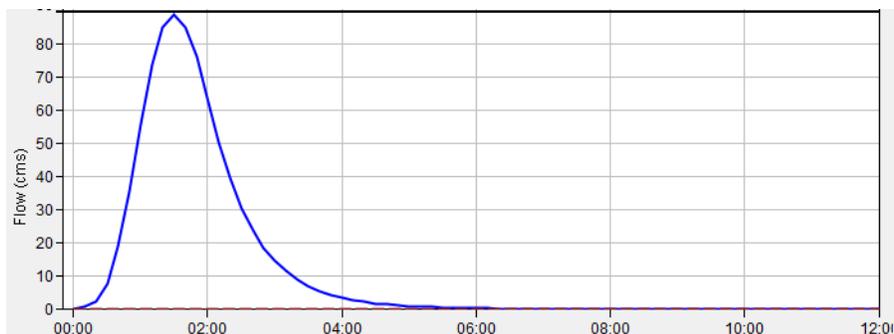
A) TR: 25 años.



B) TR: 50 años.



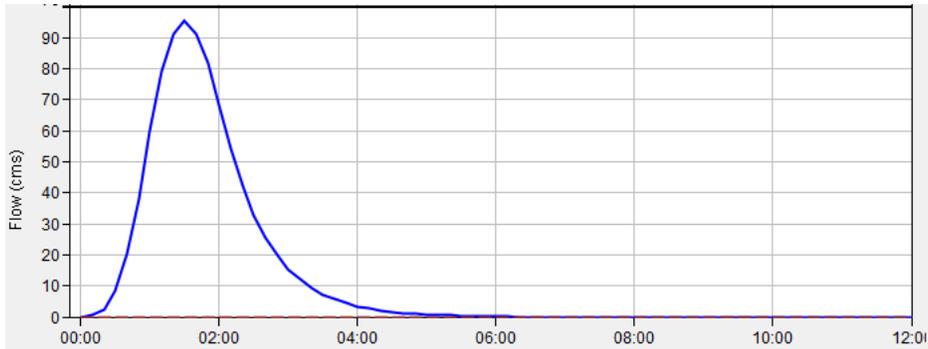
C) TR: 100 años.



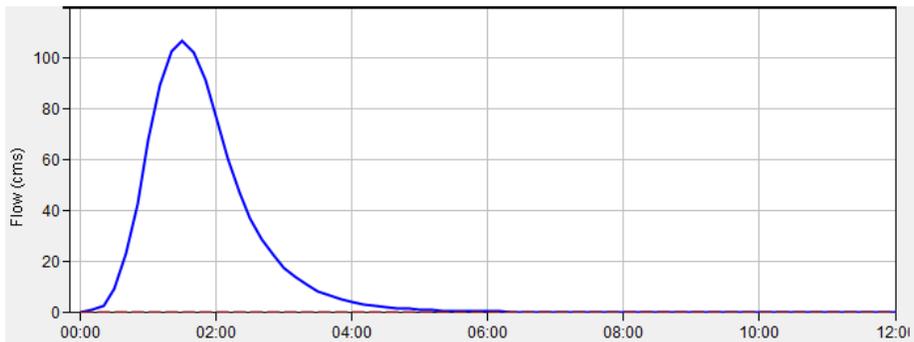
CUENCA 2.

Hidrogramas simulados con un análisis de sensibilidad para los distintos períodos de retorno. A) TR: 25 años, B) TR: 50 años y C) TR: 100 años.

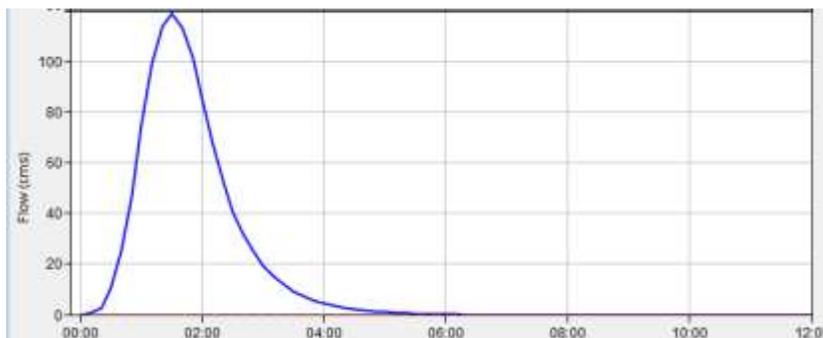
A) TR: 25 años.



B) TR: 50 años.

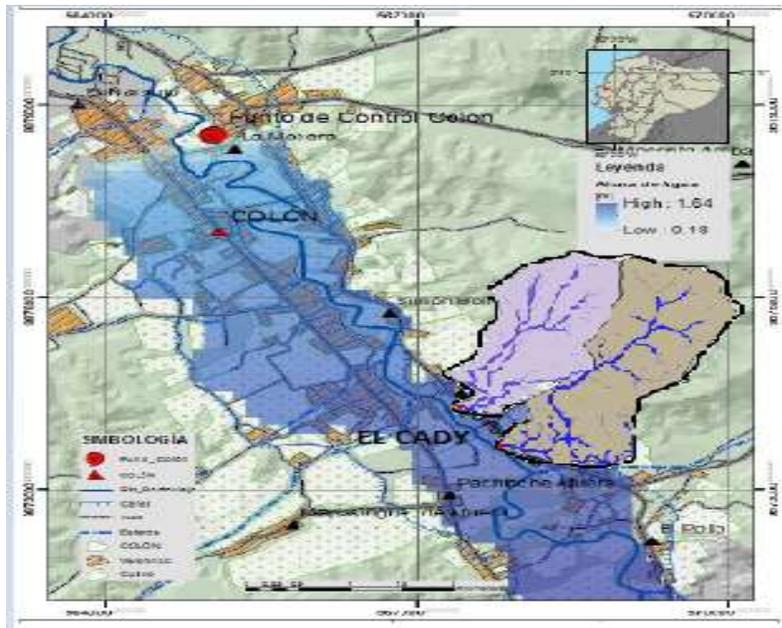


C) TR: 100 años.



Mapa Ilustrativo de Inundación.

La siguiente imagen es una presentación de un mapa de inundación del sector de la parroquia Colón facilitado por el Gad Portoviejo donde se visualiza las zonas inundadas por el fenómeno del niño del año de 1998. De esta manera para poder visualizar la zona de estudio se procedió a su georeferencia en donde se ubicaron las subcuencas de análisis.



CONCLUSIONES.

Las subcuencas de estudio tienen forma alargada lo que indicaría que el escurrimiento es más distribuido en el tiempo lo que produciría una crecida a menor escala y que tendrían caudales bajos, ya que el tiempo de viaje del agua sería mayor.

Otra de las características de las subcuencas es que tienen numerosos tributarios en el orden de la red de drenaje lo que indica que tiene áreas escarpadas y que usualmente están bien drenadas, ya que estas se conectan de manera directa al cauce principal y eso se ve reflejado en la pendiente del cauce.

La densidad de drenaje es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero para drenar las aguas, tal como se pueden observar en la tabla son unas cuencas bien drenadas.

Los resultados obtenidos de las curvas hipsométricas nos indican que la subcuenca 1 está en la etapa III (cuenca sedimentaria en fase de Vejez), mientras la subcuenca 2 está en etapa II (cuenca en equilibrio fase de madurez) representando una actividad erosiva media.

La longitud de la cuenca muestra que esta es alargada, esta tiende a ser menos susceptible a crecidas extraordinarias.

En referencia a los resultados presentados se puede decir lo siguiente: La metodología que se aplica corresponde de forma adecuada al objetivo, esta metodología es aplicable para cuencas pequeñas y con limitada información como este caso de estudio, originando resultados favorables de caudales de punta. Se obtuvo el caudal de diseño para distintos periodos de retorno generado con el software HEC- HMS 4.6.1.

Los resultados afirman que en un total de precipitación caída en las cuencas el 25 % es por escorrentía y el otro 75% es dada por las condiciones del sitio, ya que hay grandes partes forestales de bosque nativo y vegetación, así como almacenaje de superficie, evaporación, evapotranspiración y captaciones de agua.

Las inundaciones en la parroquia Colón son producto por el desbordamiento del río Portoviejo debido a la elevación paulatina de su caudal en periodo invernales atípicos (Fenómeno del Niño), favorecida por las características morfológicas de la cuenca del sector de estudio en donde se presentan planicies y zonas de llanura. Se pueden adicionar otras variables que favorecen al desbordamiento del río, como son: la acumulación de material de arrastre de gran dimensionamiento suspendido y depositado aguas abajo provocando represamiento del agua; otro factor a mencionar es el proceso erosivo y de sedimentación que presenta el cuerpo fluvial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Aranda, D. F. (1984). Procesos del ciclo hidrológico. México: Universidad Autónoma de San Luís Potosí.
2. Barrios, A. (2003). Introducción a la planificación y formulación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas. Material Didáctico. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT) Mérida-Venezuela, 29-40.
3. Fermín, C. C. A., & Orlando, M. Á. J. (2018). Tendencias del cambio climático en la Demarcación Hidrográfica de Manabí. Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 3(1), 1-6.
4. Gobierno de Manabí Ecuador. (2016). Datos-geográficos. [Sitio Web]. Obtenido de <http://www.manabi.gob.ec/datos-manabi/datos-geograficos>
5. Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydro physical approach to quantitative morphology. Geological society of America bulletin, 56(3), 275-370.
6. Maidment, D. R., Mays, L., & Larry, W. (1994). Hidrología aplicada. Aguas superficiales, 146.
7. Murillo Zambrano, A. M. (2014). Factores de riesgo del cáncer bucal, lesiones y estados premalignos en las personas mayores de 15 años en la parroquia Colón del cantón Portoviejo, en el año 2014. (Tesis de grado). Universidad San Gregorio de Portoviejo.
8. Nanía, L. (2007). Manual básico de Hec-Hms 3.0.0 y Hec-GeoHms 1.1. España: Universidad de Granda.
9. Olivo K. (2018). Manabí tiene seis cuencas hidrográficas. [Sitio web]. Manabí Noticias. Obtenido de: <https://manabinoticias.com/manabi-tiene-seis-cuencas-hidrograficas/>
10. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Senplades (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida. Quito-Ecuador: Consejo Nacional de Planificación.

<https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/EcuadorPlanNacionalTodaUnaVida20172021.pdf>

11. Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63(11), 1117-1142.

DATOS DE LOS AUTORES.

1. **Carlos Rodríguez Palacios.** Ingeniero Hidráulico. Maestrante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí-PUCEM Ecuador. E-mail: carlorp20@hotmail.com
2. **José Ramón Alarcón Loor.** Máster Universitario en Hidrología y Gestión de los Recursos Hídricos. Docente en la Carrera de Ingeniería Hidráulica, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí-PUCEM Ecuador. E-mail: जारкон@pucem.edu.ec

RECIBIDO: 4 de febrero del 2021.

APROBADO: 17 de febrero del 2021.