



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULO DE INGENIERÍA CIVIL

“Propuesta metodológica para la determinación de descargas máximas en función de parámetros morfométricos y de infiltración”

TRABAJO DE TITULACION.

AUTORA: Rosario Santos, Katty Del Cisne.

DIRECTOR: Oñate Valdivieso, Fernando Rodrigo, Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ph.D.

Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso.

DOCENTE DE LA TITULACION

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación “**Propuesta metodológica para la determinación de descargas máximas en función de parámetros morfométricos y de infiltración**” realizado por la señorita Rosario Santos Katty Del Cisne, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto aprueba la presentación del mismo.

Loja, de Abril del 2016

PhD. Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso
DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Rosario Santos Katty Del Cisne declaro ser autora del presente trabajo de titulación: **Propuesta metodológica para la determinación de descargas máximas en función de parámetros morfométricos y de infiltración**, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso. Ph.D., director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realizaran con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.

Rosario Santos Katty Del Cisne

C.I. 070534324-2

DEDICATORIA

“ El ser humano que dice no ser sociable, o es un dios o una bestia y no pudiendo ser lo primero necesariamente tendría que ser lo segundo.”

Sócrates

A Dios y a la Virgen Santísima del Cisne, por haberme permitido llegar hasta este punto para lograr mis metas; además de su infinito amor y bondad.

A mi mami Martha, por haberme apoyado y guiado con sabiduría, esfuerzo y dedicación durante el transcurso de mi carrera, dándome consejos para llegar a ser una persona de bien, a mi papi Angel por confiar siempre en mí, ya que su trabajo fue una fuente de inspiración para hoy en día ser lo que soy.

A mi tía Lola, mi otra mamá, por compartir momentos significativos conmigo y por estar siempre dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mis hermanos Angelo y Wendy que siempre estuvieron junto a mi dándome el aliento necesario para lograr cumplir mi objetivo propuesto.

A mis queridos abuelitos, en especial a mi papi Arturo, quien con paciencia me enseñó a dar mis primeros pasos en la vida, gracias por el amor que me diste hoy que no estas físicamente, para celebrar este triunfo, pero estoy segura que desde el cielo festejas este éxito que es el tuyo.

A mis queridos sobrinos Moisés, Margarita y Maite que son una parte importante en mi vida, que me motivó a seguir adelante

De igual manera dedico este trabajo de fin de titulación a mis tíos Charito y Diego, por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores por la motivación constante, pero más que nada por su amor.

A todos mis amigos, compañeros y a mis Ángeles que me acompañaron en este largo camino de los cuales conservo los mejores recuerdos. Y a todas las personas que de alguna manera me motivaron a terminar éste trabajo.

Katty Rosario S.

AGRADECIMIENTO

“Nunca digas no puedo, sin si quiera haberlo intentado.”

Mi Madre.

Quiero agradecer primero a Dios por haberme dado fuerzas para superar todo obstáculo que se me ha presentado, ya sea en mis estudios o en mi vida personal y así poder lograr uno de mis objetivos.

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Titulación de Ingeniería Civil y en ella a los distinguidos docentes quienes con sus profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A mi director Ph D. Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso, quien con su experiencia ha sido el guía idóneo, durante el proceso que ha llevado la realización de este trabajo de fin de titulación, me ha brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a feliz término.

A mi familia por su infinito apoyo, por su comprensión y cariño. Por siempre confiar en mí.

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo ánimo y compañía durante esta etapa de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón, sin embargo a todas ellas quiero darles las gracias por formar parte de este logro, por todo aquello que me han brindado y por sus bendiciones.

Katty Rosario S.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	1
RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
Objetivos	4
Objetivos Generales.....	4
Objetivos Específicos.....	5
Organización del trabajo de fin de titulación	5
CAPITULO I.....	6
1. ESTADO DEL ARTE	6
1.1 Formulas empíricas para el cálculo de caudales	8
1.2 Métodos hidrológicos	11
CAPITULO II.....	13
2. MATERIALES Y METODOLOGIA EMPLEADA	13
2.1 Zona de estudio y sus características generales.....	14
2.1.1 Ubicación Geográfica.....	14
2.1.2 Regiones Naturales.....	15
2.1.3 Recursos Naturales.....	16
2.2 Subcuencas en estudio	16
2.2.1 Estaciones meteorológicas.....	17
2.2.2 Estaciones hidrológicas.....	18
2.2.3 Cuenca hidrográfica de Esmeraldas.....	19
2.2.4 Cuenca hidrográfica Jama.....	20
2.2.5 Cuenca hidrográfica Chone.....	21
2.2.6 Cuenca hidrográfica de Portoviejo.....	22
2.2.7 Cuenca hidrográfica de Cañar.....	22
2.2.8 Cuenca hidrográfica de Naranjal	23
2.2.9 Cuenca hidrográfica de Jubones.....	23
2.2.10 Cuenca hidrográfica de Santa Rosa.....	24

2.2.11 Cuenca hidrográfica de Puyango.	25
2.2.12 Cuenca hidrográfica de Catamayo-Chira.	25
2.2.13 Cuenca hidrográfica de Pastaza.....	27
2.3 Características morfométricas de una cuenca.....	27
2.3.1 Tamaño de cuenca.....	27
2.3.2 Forma de la cuenca.....	28
2.3.3 Parámetros de relieve.	29
2.3.4 Red de drenaje.	31
2.3.5 Características hidráulica hidrológica.	32
2.4 Relación de datos	36
2.4.1 Regresión.	36
2.4.2 Regresión lineal múltiple	37
2.5 Validación del método con cuencas internacionales.	37
2.5.1 Cuenca del rio Cañete.	37
2.5.2 Cuenca del río Huallaga.....	37
2.5.3 Cuenca alta del rio Sauce Grande.....	38
2.5.4 Cuenca del rio Zadorra.	38
2.5.4 Cuenca del rio Santa María.	38
CAPITULO III.....	39
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
3.1 Resultados	40
3.2 Validación con cuencas internacionales	52
3.3 Resumen de la propuesta metodológica.....	52
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
Anexo 1.- División hidrográfica de sistemas, cuencas y subcuencas hidrográficas	59
Anexo 2.- Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	62
Anexo 3.- Ubicación de las estaciones hidrológicas	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulas empíricas para el cálculo de caudales en función del área de la cuenca. .8	
Tabla 2. Estaciones meteorológicas en las cuencas.....17	17
Tabla 3. Estaciones hidrológicas en las cuencas.....18	18
Tabla 4. Caracterización de acuerdo al índice de Gravelius.....28	28
Tabla 5. Rango de pendientes medias30	30
Tabla 6. Caracterización de acuerdo al índice de pendiente31	31
Tabla 7. Densidad de drenaje32	32
Tabla 8. Clasificación hidrológica del suelo33	33
Tabla 9. Valores de CN AMC II para áreas urbanas34	34
Tabla 10. Valores de CN AMC II para áreas rurales35	35
Tabla 11. Valores de coeficiente R36	36
Tabla 12. Cuencas seleccionadas para el estudio.40	40
Tabla 13. Resumen de características morfométricas de las subcuencas.40	40
Tabla 14. Resumen de parámetros de forma de la cuenca.41	41
Tabla 15. Resumen de parámetros de relieve de la cuenca.42	42
Tabla 16. Resultado de las correlaciones en las cuencas pequeñas.44	44
Tabla 17. Resumen regresión múltiple.47	47
Tabla 18. Resumen de caudal observado y caudal obtenido con la formula.48	48
Tabla 19. Resumen de regresión múltiple.50	50
Tabla 20. Resumen de caudal observado y caudal obtenido con la formula.51	51
Tabla 21. Parámetros morfométricos e hidrológicos de cuencas internacionales.....52	52

RESUMEN

El presente trabajo de fin de titulación propone, una metodología para calcular la descarga máxima relacionando datos de morfometría de una cuenca hidrográfica como son área, perímetro, pendiente, longitud del canal, con antecedentes hidráulicos de la misma tales como la precipitación eficaz, la profundidad almacenaje, para ello se requiere estimar el CN (número de la curva). Los datos incorporados en el método desarrollado son fáciles de obtener a partir de imágenes de satélite y por utilización de técnicas SIG sin necesidad de visitas de campo intensivos o confiar en los registros históricos de (anuarios hidrológicos y anuarios meteorológicos).

El método fue calibrado y validado en 18 de las 137 subcuencas que cuenta el país, estas abarca costa, sierra y oriente, con datos desde 1990 hasta el 2011.

Además de valido para cuencas de diferentes países.

Palabras clave: cuenca, precipitación, geomorfología, caudal pico, número de la curva.

ABSTRACT

The present work of end of qualifications proposes, a methodology to calculate the maximum unload relating information of morfometría of a hydrographic basin since it are area, perimeter, earring, length of the channel, with such hydraulic precedents of the same one as the effective rainfall, the depth storage, for it is needed to estimate the CN (number of the curve). The information incorporated in the developed method is easy to obtain from images of satellite and for utilization of technologies SIG without need of field visits intensive or to trust in the historical records of (hydrological yearbooks and meteorological yearbooks).

The method was calibrated and validated in 18 of 137 sub-basins that the country counts, these it includes coast, saw and east, with information from 1990 until 2011.

Besides I validate for basins of different countries.

Key words: basin, rainfall, geomorphology, flow I sting, number of the curve.

INTRODUCCIÓN

La principal razones para llevar a efecto el presente proyecto es que en el Ecuador no existen ecuaciones para la determinación de los caudales de máxima crecida que puedan ser aplicadas a las condiciones particulares de nuestro país, es por eso que la propuesta metodológica para la determinación de descargas de máximas se debe realizar con una visión integral, en las cuales se considere los parámetros morfométricos y de infiltración, los mismos que garanticen la eficiencia del proceso.

Tiene como fin ser un modelo valido para el análisis de las máximas descargas para cuencas nacionales como internacionales; que nos permita estudiar el comportamiento de estos eventos así poder pronosticar el caudal máximo dentro de ciertos límites y han determinar las dimensiones más convenientes para obras de ingeniería en lo que se refiere a control o manejos de las avenidas.

El proyecto consiste recopilar y analizar información de fuentes bibliográficas confiables. Algunas de estas fuentes son libros especializados en el tema de manejo de cuencas hidrográficas, tesis, artículos, apuntes de clases, publicaciones de internet, etc..., para reforzar conceptos básicos del tema a tratar.

Búsqueda de datos de las cuencas y subcuencas del Ecuador, además de las estaciones hidrológicas y meteorológicas, activas en cada una de estas cuencas.

Los datos obtenidos fueron procesados en gabinete para la obtención de los productos como son la elaboración de tablas para la correlación y después la creación de la ecuación de cálculo de descarga máxima, esto con la utilización de una herramienta SIG.

Para seguidamente realizar cálculos de regresión lineal, y obtener el mejor coeficiente de correlación por el proceso de calibración, formalizar la propuesta metodológica para la determinación de descargas máximas en función de parámetros morfométricos y de infiltración.

Objetivos

Objetivos Generales.

Desarrollar una metodología para la determinación de descargas máximas en función de parámetros morfométricos y de infiltración.

Objetivos Específicos.

- Estudiar morfométricamente varias cuencas hidrográficas.
- Desarrollar un modelo para el cálculo de descargas máximas en función de la morfometría de las cuencas hidrográficas
- Validar el modelo en cuencas internacionales

Organización del trabajo de fin de titulación

El presente trabajo de fin de titulación (TFT), está estructurado de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Estado del arte.- se presenta una recopilación de la literatura científica de estudios realizados referentes al tema de investigación.

Capitulo II: Materiales y metodología empleados.- se muestra el área de estudio y se describe la metodología empleada para el desarrollo del presente TFT.

Capitulo III: Resultados y discusión.- se expone los cálculos efectuados y sus respectivos resultados.

Capitulo IV: Conclusiones y recomendaciones.- se observa los aspectos más notables del presente trabajo.

CAPITULO I

1. ESTADO DEL ARTE

Cada cuenca presenta características únicas que la identifican y diferencian de su entorno. Sin embargo, los procesos hidrológicos que en ellas se desarrollan son similares: precipitación, infiltración, evapotranspiración, escurrimiento.

“Características **morfométricas**; dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenajes, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc.” (Monsalve Sáenz, 1999)

Existen numerosos métodos teóricos científicamente reconocidos que permiten estimar estas variables a nivel de cuencas hidrográficas. Por ejemplo, para la estimación de precipitaciones se utilizan interpolaciones, polígonos de Thiessen, entre otros. Para la predicción de caudales máximos, suelen emplearse los métodos de: número de la curva, García Nájera, Método Racional con adaptaciones de diversos autores (Ramser, Frevert, Charnier, Cook), etc. Para la estimación de pérdida de suelos comúnmente son utilizados: USLE, RUSLE, modelo de Fournier, fórmula de Fleming, Modelo de Gravilovic y Djorovic, entre otros. (Villanueva et al., 2002; Felicísimo Pérez, 2001; Porta Casanellas et al., 1999; Vich, 1999; Mármol, 1999; Bianchi et al., 1994; Carballeira, 1987)

Pero, cuando se necesita información de los parámetros hidrológicos a nivel de detalle de muchas subcuencas, para sitios específicos o para la totalidad de un territorio, el cálculo y la aplicación tradicional de las fórmulas resulta muy complejo e incluso impracticable.

La estimación de caudales máximos asociados a determinados periodos de retorno de diseño es fundamental en muchas aplicaciones de la ingeniería hidráulica. En la determinación de los valores extremos normalmente se estará en alguno de los siguientes escenarios:

- Caso de una cuenca con registro de Q_{max} .
- Caso de una cuenca sin información de Q_{max} .

En el presente capítulo se revisan los métodos más habituales utilizados para la estimación de caudales. Estos métodos van desde formulas empíricas sencillas calibradas experimentalmente, hasta modelos numéricos complejos, pasando por métodos estadísticos.

Diferentes métodos que utilizan las características físicas, morfometría y técnicas estadísticas se han desarrollado para determinar el caudal de crecida en las regiones áridas (McIntyre y Al- Qurashi, 2009; Bracken et al., 2008; Sevinç y Sen, 2007; Foody et al., 2004; Jothityangkoon et al, 2001; El-Hames y Richards, 1998), sin embargo algunos de estos métodos, requieren calibración y validación con los eventos grabados previamente.

1.1 Formulas empíricas para el cálculo de caudales

Estos métodos se basan en estimar el caudal a partir de datos globales de la cuenca, como la superficie o el régimen pluviométrico. Emplean fórmulas sencillas cuya validez y aplicabilidad son limitadas, ya que estrictamente sólo son válidas para las cuencas de las que fueron obtenidas. Sin embargo, sirven como una primera estimación del orden de magnitud de las avenidas esperables.

Las primeras formulas y más sencillas, emplean únicamente el área de la cuenca A_c (km^2) para estimar el caudal Q (m^3/s) asociado a un periodo de retorno T (años). Las más conocidas y utilizadas son las formulaciones de: (Borreiros López, 2014)

Tabla 1. Formulas empíricas para el cálculo de caudales en función del área de la cuenca.

		T=100	T=500	T=1000
QUIJANO($A < 2000\text{Km}^2$)		$Q_{100}=17A_c^{0.66}$	-	-
ZAPATA		$Q_{100}=21A_c^{0.6}$	-	$Q_{1000}=28A_c^{0.6}$
SANTI	$A < 1000\text{Km}^2$	$Q_{100}=35A_c^{0.33}$	$Q_{500}=50A_c^{0.33}$	$Q_{1000}=66A_c^{0.33}$
	$A > 2000\text{Km}^2$	$Q_{100}=35A_c^{0.66}$	$Q_{500}=50A_c^{0.66}$	$Q_{1000}=66A_c^{0.66}$
FULLER		$Q_T=Q_m * (1+0.8\log_{10} T)$		
GETE		$Q_T=(4+16\log_{10} T) * A_c^{0.5}$		
CEDEX		$Q_T=Q_{ESP} * A_c$		

Fuente: (Borreiros López, 2014)

Adicionalmente existen fórmulas empíricas; que calculan el caudal en función del área de la cuenca y de la precipitación entre ellas tenemos:

Fórmula de Témez

Con el área de la cuenca y la precipitación máxima diaria de la zona de estudio

$$Q_T = 0.03 * P_T * A_c^{0.75} * \log_{10} T$$

Ecuación 1.

Donde

Q_T : Caudal m^3/s

P_T : Precipitación máxima diaria en mm.

T : Periodo de retorno T en años.

A_c : Área de la cuenca en estudio en km^2 . (Borreiros López, 2014).

Fórmula de Bürkli- Ziegler

Esta fórmula hace intervenir el coeficiente de escorrentía y la pendiente media de la cuenca, además del área y la intensidad de precipitación. (Borreiros López, 2014)

$$Q = 3.9 * I_m C J^{0.25} A^{0.75}$$

Ecuación 2.

Dónde:

Q: Caudal en l/s.

I_m: Es la intensidad máxima de la precipitación horaria (mm/h).

C: Coeficiente de escorrentía.

J: Pendiente media de la cuenca (m/m).

A: Área de la cuenca (Ha).

Método de la DGA (Dirección General de Aguas)

La Dirección General de Aguas de Chile (DGA) con financiamiento del banco Interamericano de Desarrollo, promovió el desarrollo de un Manual de Procedimientos para el cálculo de caudales máximos y mínimos.

- Método DGA para crecidas pluviales

“Corresponde a un análisis regional de crecidas de origen pluvial, basado en series de máximos anuales generadas a partir de información de caudales medios diarios máximos e instantáneos máximos del periodo pluvial, de 234 estaciones de control pluviométrico.”

Este método, es válido para cuencas pluviales o sin información y con áreas comprendidas entre 20 y 10.000 km². Su uso está restringido a periodos de retorno inferiores a 100 años.

El método consiste en determinar una curva de frecuencias para el caudal instantáneo máximo de la cuenca; primero se debe definir la zona homogénea a la que pertenece la cuenca en estudio, luego se determina la curva de frecuencias para la variable caudal medio diario máximo. (MOP & DGA, 1995)

Se plantean las siguientes relaciones, las cuales dependen de la región en la que se ubique la cuenca.

Las regiones son las divisiones territoriales superiores del país y se subdividen a efectos del gobierno y administración, en provincias y estas a su vez en comunas.

III y IV Región:

$$Q_{10} = 1.94 \times 10^{-7} A_P^{0.776} (P_{24}^{10})^{3.108} \quad \text{Ecuación 3.}$$

V- RM - VI Región:

$$Q_{10} = 5.42 \times 10^{-8} A_P^{0.915} (P_{24}^{10})^{3.432} \quad \text{Ecuación 4.}$$

VII a IX Región:

$$Q_{10} = 3 \times 10^{-3} A_P^{0.973} (P_{24}^{10})^{1.224} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Dónde:

Q_{10} : Caudal medio diario máximo de periodos de retorno de 10 años, expresados en m³/s.

A_P : Área pluvial de la cuenca, expresada en km².

P_{24}^{10} : Precipitación diaria máxima de periodo de retorno 10 años, expresada en mm.

Estudio Universidad Politécnica de Madrid

Validación de dos modelos de predicción de caudales medios mensuales para tres cuencas no aforadas en Ecuador.

Muchas cuencas de todo el mundo, particularmente de los países en vías de desarrollo, no cuentan con estaciones de aforo, desconociéndose totalmente cual es el potencial hídrico de estas. Este hecho exige el estudio de modelos hidrológicos simples que requieren un mínimo de datos, pero que estén disponibles en distintos territorios del mundo para la estimación de los caudales medios mensuales. El presente estudio, utiliza tres cuencas en la República del Ecuador, que se encuentran ubicadas en el callejón interandino, sus aguas discurren a la vertiente del Pacífico, con la finalidad de comprobar la adaptabilidad de los modelos desarrollados previamente por (Vicente-Guillén, et al., 2012), y (Chávez, Gowda, Griffin, Rivera, & Neale, 2007) para cuencas en Centroamérica y en España respectivamente, que permiten estimar el caudal medio mensual, utilizando el Índice de Adecuación de Humedad (MAI), la cobertura vegetal o índice de área foliar (IAF), y las características morfométricas de las cuencas hidrográficas, la tasa de infiltración del suelo (I) y la pendientes del terreno (S). (Guaya Pauta, 2013).

Estudio Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE

Determinación de Caudales en cuencas con poca información Hidrológica.

“De manera general, en el Ecuador existe una sensible carencia de información hidrométrica, indispensable para los diseños de obras hidráulicas. Con miras a paliar esta situación desventajosa, se presentan algunas ecuaciones lógicas, resultantes de un análisis de masas, para calcular los caudales mínimos, medios y máximos que, junto con otras, permiten evaluar el coeficiente y el módulo específico de escorrentía.

A partir de una combinación de las ecuaciones de Voscresiensky, Zhelezniakov, G. Negovskaya, T. y Ovcharov, E. y Zhivotovsky, y considerando un equilibrio de masas, o volúmenes, se propone una ecuación lógica para evaluar los principales parámetros hidrológicos para el diseño de obras de aprovechamiento hídrico”. (Sandoval Erazo & Aguilera Ortiz, 2014)

Para el caso de Ecuador, para cuencas con $A > 45 \text{ km}^2$, se propone utilizar la siguiente ecuación para el cálculo de los caudales máximos correspondientes a diferentes períodos de retorno T:

$$Q_{\text{máx}} = \alpha \frac{P\sqrt{A}}{(1+\lg A)} (0.5 \ln T * 0.7) \quad \text{Ecuación 6.}$$

Dónde

$Q_{\text{máx}}$: Caudal máximo m^3/s .

α : es un coeficiente variable entre 0.01 y 0.1.

P: Precipitación en mm.

A: Área en km^2 .

T: Periodo de retorno en años.

1.2 Métodos hidrológicos

Método racional

El método racional al principio fue desarrollado para pequeñas cuencas (Kuichling, 1889; Ben-zvi, 1984; Mulvaney, 1851). Esto es una relación empírica normalmente usada para pequeñas captaciones urbanas menos de 1 km^2 (Lumbroso y Gaume, 2012; California Ministerio de transporte, 2009; Quemaduras et al., 2005) o para áreas rurales que no exceden 13 km^2 (Queensland Manual de Drenaje Urbano, 2007).

Método del hidrograma unitario

El método sirve para cuencas medianas y consiste en determinar el hidrograma que genera una intensidad de un 1 cm, con una duración t_a menor que la quinta o tercera parte del tiempo de concentración. Este método puede utilizarse cuando se disponen de datos de aforos o cuando no, utilizando en este segundo caso hidrogramas sintéticos. (Borreiros López, 2014).

CAPITULO II

2. MATERIALES Y METODOLOGIA EMPLEADA

2.1 Zona de estudio y sus características generales

El trabajo a desarrollarse en el presente proyecto de fin de titulación, contempla una propuesta metodológica para la determinación de descargas máximas en función de parámetros morfométricos y de infiltración; teniendo como datos la información de diferentes cuencas hidrográficas.

En la división hidrográfica del Ecuador se reconocen 871 microcuencas, 137 subcuencas, 79 cuencas hidrográficas, las mismas que se agrupan para su manejo en 31 sistemas hidrográficos, 24 en la vertiente del Pacífico y 7 en la vertiente del Amazonas. (Ver Anexo 1)

2.1.1 Ubicación Geográfica.

La República del Ecuador se encuentra ubicada en el Hemisferio Occidental de Sudamérica y ocupa parte de los dos hemisferios: Norte y Sur, separados por la línea equinoccial, se encuentra formando parte de los catorce países de América del Sur, limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú, al oeste con el Océano Pacífico.

Es uno de los países más pequeños de Sudamérica, tiene una extensión de 256.370 km², su territorio incluye además, las islas Galápagos o Archipiélago de Colón y varias islas litorales, entre las que se destaca la isla Puná. Además, ejerce soberanía sobre una parte del continente Antártico. (Ministerio del Ambiente, 2002)

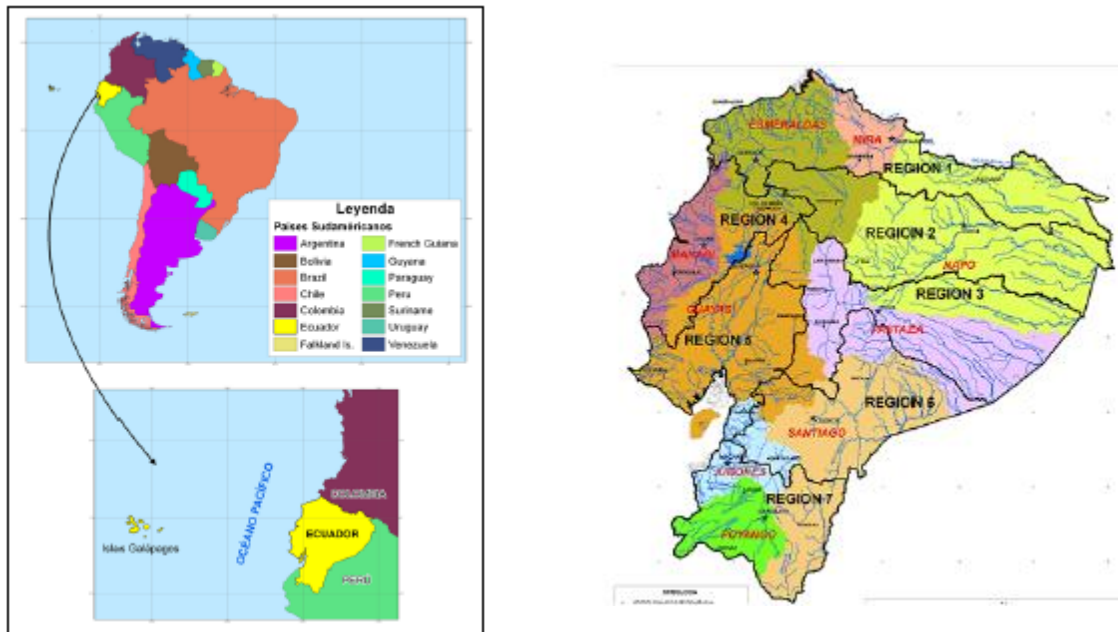


Figura 1. Área de estudio
Fuente: INAMHI, 2010.

2.1.2 Regiones Naturales.

Desde el punto de vista geográfico, el Ecuador se halla dividido en cuatro regiones naturales:

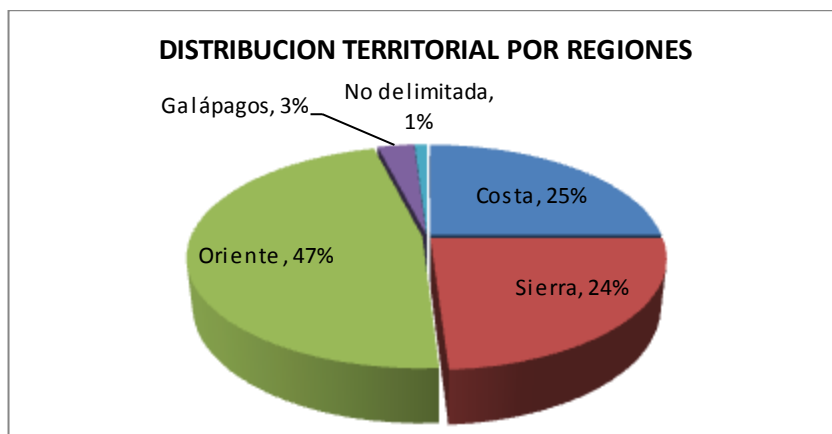


Figura 2. Distribución territorial del Ecuador por regiones.
Fuente: Ecuador su realidad. (Vásquez S. & Saltos G., 2009)

2.1.2.1 Costa o litoral.

La costa es una región localizada al oeste de la Cordillera de los Andes y está atravesada de norte a sur por una cadena montañosa de poca altura (800 m) y constituida por extensas planicies aluviales.

La costa está dividida en seis provincias: Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena, Los Ríos, y El Oro; cada uno con diferentes lugares de atracción y variada vegetación que va desde los bosques lluviosos, hasta los bosques nublados y áreas semidesérticas. (Vásquez S. & Saltos G., 2009)

2.1.2.2 Sierra o región interandina.

Comprende el sector montañoso, se configura por la prolongación de la Cordillera de los Andes meridionales que viene desde Colombia. Se encuentra ubicada entre el nudo de Pasto al norte hasta el de Loja al sur, ocupando una franja de 600km de largo por 100 a 120 km de ancho, la altura media es de 4000m.

Está conformado por 11 provincias: Carchi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja. Cada una de ellas cuenta con innumerables atractivos turísticos.

Las condiciones climáticas existentes en la Sierra, así como la actividad volcánica han provocado un desarrollo peculiar de las especies vegetales, el mismo que caracteriza a los paisajes de paramo. (Vásquez S. & Saltos G., 2009)

2.1.2.3 Región oriental o amazónica.

La Amazonía ecuatoriana se extiende sobre un área de 131 km² de exuberante vegetación propia de los bosques húmedos. En la región se encuentran ancha llanuras y grandes valles aluviales atravesados por extensos ríos. Entre los principales están: el Napo, Curaray, Pastaza, Tigre, Morona; todos desembocan en el río Amazonas.

La Amazonía está conformada por seis provincias: Sucumbíos, Napo, Orellana, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. (Vásquez S. & Saltos G., 2009)

2.1.3 Recursos Naturales.

Ecuador se caracteriza por ser un país de gran riqueza natural, considerado megadiverso ya que concentra en un pequeño territorio una gran diversidad de plantas y animales por km², que el resto de países en el planeta.

En el mundo existen alrededor 200 países y en solo 12 de ellos (Australia, Brasil, China, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, India, Indonesia, Madagascar, México, Perú, y República Democrática del Congo) se encuentra el 70% de la biodiversidad total del planeta.

Entre los factores que favorecen la diversidad están: la presencia de la Cordillera de los Andes, la alta precipitación fluvial y la uniformidad de temperaturas, el vulcanismo; la amplia gama de condiciones ambientales genera una impresionante diversidad de ecosistemas naturales, a los cuales se han adaptado distintas especies y variedades de plantas y animales. (Vásquez S. & Saltos G., 2009)

2.2 Subcuencas en estudio

De las 137 subcuencas hidrográficas con las que cuenta el país se han seleccionado 18, para realizar la investigación; las cuales se encuentran detalladas en las tablas 2 y 3 con sus correspondientes estaciones meteorológicas e hidrológicas.

2.2.1 Estaciones meteorológicas.

Las estaciones meteorológicas del INAMHI, que se encuentran en las zonas de estudio constan en la tabla 2. En donde se lista su ubicación, cota, fecha de instalación.

La codificación de las estaciones responde al INAMHI y es la siguiente:

CODIGO DEL TIPO DE ESTACION	EQUIVALENCIA
AP	Agrometeorológica
CP	Climatológica Principal
CO	Climatológica Ordinaria
CE	Climatológica Especial
AR	Aeronáutica
RS	Radio Sonda
PV	Pluviométrica
PG	Pluviográfica
PC	Plataforma Colectora de Datos
AN	Anemográfica

Tabla 2. Estaciones meteorológicas en las cuencas.

ESTACIONES METEOROLOGICAS								
Cuenca	Codigo	Nombre de la estación	Tipo	Coordenadas			Provincia	Fecha de instalación
				LongitudGMS	LatitudGMS	Altitud (m)		
TEAONE	M444	TEAONE-TABIAZO	PV	79G 40' 59" W	0G 47' 54" N	100	ESMERALDAS	20/04/1964
JAMA	M167	JAMA	CO	80G 15' 53" W	0G 11' 49" S	70	MANABI	01/01/1963
BRICEÑO	M163	BOYACA	PV	80G 10' 41" W	0G 34' 15" S	46	MANABI	04/12/1976
CHONE	MA2K	RIO GRANDE (CHONE)	PV	79G 59' 0" W	0G 40' 0" S	0	MANABI	01/01/1985
	MA34	RIO GRANDE INAMHI	PV	79G 56' 44" W	0G 43' 52" S	124	MANABI	28/03/2008
CARRIZAL	M462	JUNIN	PV	80G 12' 30" W	0G 56' 4" S	20	MANABI	01/09/1972
	M1230	ESPAM-MFL- CALCETA	CP	80G 11' 1" W	0G 49' 23" S	15	MANABI	01/01/2011
CHICO	M454	RIO CHICO EN ALAJUELA	PV	80G 17' 33" W	1G 3' 16" S	118	MANABI	29/07/1967
	M464	RIO CHAMOTETE-JESUS MARIA	PV	80G 13' 58" W	1G 2' 12" S	128	MANABI	01/10/1970
CAÑAR	M031	CAÑAR	CP	78G 56' 43" W	2G 33' 7" S	3083	CAÑAR	01/04/1958
	M411	INGAPIRCA	PV	78G 52' 29" W	2G 32' 21" S	31	CAÑAR	10/10/1963
	M412	SUSCALPAMBA(CAPILLA DOLOROSA)	PV	79G 3' 51" W	2G 27' 38" S	2620	CAÑAR	22/05/1963
	M477	PUERTO INCA(CANNAR EN)	PV	79G 32' 38" W	2G 31' 49" S	50	GUAYAS	24/08/1967
SIETE	M185	MACHALA-UTM	AP	79G 44' 0" W	3G 3' 0" S	13	EL ORO	01/09/1977
RIRCAY	M032	SANTA ISABEL INAMHI	CO	79G 16' 36" W	3G 14' 51" S	1450	AZUAY	01/04/1958
	M419	GIRON	PV	79G 8' 58" W	3G 9' 14" S	2130	AZUAY	01/05/1963
	M422	HDA.STALUCIA-CAMINO RIRCAY	PV	79G 15' 26" W	3G 16' 20" S	1310	AZUAY	01/09/1967
LEON	M421	ONNA	PV	79G 9' 15" W	3G 27' 52" S	2320	AZUAY	20/08/1963
	MA95	MATER	PV	79G 9' 59" W	3G 38' 30" S	2800	AZUAY	
JUBONES DRENAJES MENORES	M040	PASAJE	PV	79G 46' 8" W	3G 19' 19" S	40	EL ORO	15/06/1931
	M195	PUERTO BOLIVAR	CO	80G 0' 0" W	3G 15' 24" S	4	EL ORO	01/01/1952
	M481	USHCURRUMI	PV	79G 35' 0" W	3G 19' 16" S	290	EL ORO	01/02/1975
SANTAROSA	M183	SANTA ROSA-EL ORO	CO	79G 55' 46" W	3G 27' 22" S	30	EL ORO	16/06/1931
	M483	RIO NEGRO	PV	79G 49' 55" W	3G 23' 21" S	30	EL ORO	
	M747	RIO CHICO-EL ORO	PV	79G 51' 0" W	3G 28' 0" S	50	EL ORO	01/03/1981
	M823	CALUGURO	PV	79G 55' 0" W	3G 29' 0" S	0	EL ORO	01/09/1973
MOROMORO	M743	MOROMORO	PV	79G 44' 28" W	3G 40' 48" S	980	EL ORO	20/02/1971
	MA90	CAPIRO	PV	79G 42' 43" W	3G 44' 30" S	1180	EL ORO	01/01/2011
LUIS	M758	EL PRADO(GUAYQUICHUMA) 200 CC	PV	79G 33' 36" W	3G 49' 16" S	850	LOJA	19/02/1971
	MA30 o M1101	SAN JOSE (PREDESUR)	PV	79G 29' 20" W	3G 48' 50" S	1560	LOJA	01/09/1987
PUYANGO DRENES MENORES	M736	BALSAS	PV	79G 49' 30" W	3G 46' 0" S	700	EL ORO	01/01/1972
	M770	ORIANGA	PV	79G 52' 2" W	3G 53' 35" S	1140	LOJA	01/05/1984
CATAMAYO	M145	QUINARA INAMHI	CO	79G 14' 36" W	4G 18' 50" S	1559	LOJA	01/11/1981
	M147	YANGANA	CO	79G 10' 29" W	4G 22' 5" S	1835	LOJA	21/08/1978
ALAMOR	M437	SAUCILLO(ALAMOR EN)	PV	80G 11' 55" W	4G 16' 51" S	328	LOJA	01/11/1967
CHAMBO	M396	ALAO	PV	78G 29' 0" W	1G 53' 0" S	3200	CHIMBORAZO	16/07/1974
	M401	RIO OZOGOCHÉ(LAGOS)	PV	78G 35' 50" W	2G 14' 38" S	3715	CHIMBORAZO	

Fuente: Anuario meteorológico, INAMHI.

Elaboración: Autora

2.2.2 Estaciones hidrológicas.

La caracterización hidrológica de las cuencas demanda el acopio, revisión y procesamiento de la información de las estaciones existentes en las cuencas de interés y que son operadas por el INAMHI. El listado de estas estaciones se incluye en la tabla 3.

La codificación de las estaciones responde al INAMHI y es la siguiente:

CODIGO DEL TIPO DE ESTACION	DESCRIPCION
LG	Limnigráfica
LM	Limnimétrica
AU	Automática
PP	Pozo perforado
PE	Pozo excavado
VV	Vertiente
VT	Vertiente termal
Ga	Galería

Tabla 3. Estaciones hidrológicas en las cuencas.

ESTACIONES METEOROLOGICAS								
Cuenca	Codigo	Nombre de la estación	Tipo	Coordenadas			Provincia	Fecha de instalación
				LongitudGMS	LatitudGMS	Altitud (m)		
TEAONE	H0171	SUBERE AJ TEAONE	LM	79G 41' 52" W	0G 50' 38" N	35	ESMERALDAS	01/03/1976
	H0173	TEAONE AJ ESMEALDAS	LG	79G 42' 18" W	0G 51' 29" N	9	ESMERALDAS	10/01/1976
JAMA	H0206	JAMA EN JAMA	LM	80G 15' 0" W	0G 12' 52" S	6	MANABI	
BRICEÑO	H0210	BRICEÑO EN BOTADERO	LM	80G 21' 5" W	0G 31' 20" S	15	MANABI	
CHONE	H0230	GARRAPATA AJ CHONE	LM	80G 2' 17" W	0G 39' 51" S	50	MANABI	01/01/1971
	H0232	MOSQUITO AJ GRANDE	LM	80G 2' 10" W	0G 39' 31" S	55	MANABI	01/01/1971
CARRIZAL	H0227	CARRIZAL DJ BEJUCO	LM	80G 1' 58" W	0G 55' 52" S	0	MANABI	01/01/1970
	H0229	CARRIZAL EN CALCETA	LM	80G 9' 22" W	0G 50' 26" S	47	MANABI	01/11/1962
CHICO	H0272	CHICO AJ PORTOVIEJO	LM	80G 25' 8" W	0G 58' 16" S	35	MANABI	26/01/1972
CAÑAR	H0467	VENDELECHE EN HDALA CURIA	LM	78G 52' 31" W	2G 34' 7" S	3020	CAÑAR	01/12/1975
	H0468	SAN PEDRO EN INGAPIRCA	LM	78G 51' 47" W	2G 31' 31" S	2700	CAÑAR	01/12/1975
	H0469	QDA.YURACYACU AJ S.ANTONIO	LM	78G 51' 51" W	2G 25' 20" S		CAÑAR	10/06/1976
	H0470	SAN ANTONIO DJ QDA.YURACYACU	LM	78G 52' 15" W	2G 25' 35" S		CAÑAR	10/06/1976
	H0471	CAÑAR DJ RAURA	LG	79G 9' 20" W	2G 28' 52" S	860	CAÑAR	01/03/1965
	H0472	CAÑAR EN PTO.INCA	LM	79G 33' 24" W	2G 32' 50" S	25	CAÑAR	01/12/1963
	H0474	SAN ANTONIO AJ CAÑAR	LM	78G 57' 46" W	2G 29' 28" S		CAÑAR	10/06/1976
	H0475	YANACACHI AJ CAÑAR	LM	79G 0' 56" W	2G 27' 30" S		CAÑAR	01/04/1979
SIETE	H0476	CELEL AJ CAÑAR	LM	79G 1' 36" W	2G 29' 55" S	2300	CAÑAR	01/04/1980
	H0477	PATOCOCHA	LM	79G 0' 21" W	2G 35' 31" S	3600	CAÑAR	27/10/1983
RIRCAY	H0504	SIETE EN PTE.CARRETERA	LM	79G 45' 9" W	3G 4' 36" S	13	EL ORO	01/05/1971
	H0528	JUBONES DJ MINAS	LM	79G 13' 56" W	3G 16' 0" S	1120	EL ORO	01/11/1973
	H0540	RIRCAY EN SULUPALI(GIRON)	LG	79G 15' 57" W	3G 17' 18" S	1110	AZUAY	01/08/1965
LEON	H0543	BURRO AJ S.GREGORIO	LM	79G 10' 34" W	3G 14' 39" S	2280	AZUAY	01/01/1975
	H0526	PAQUISHAPA EN PTE.CARRETERA	LM	79G 12' 35" W	3G 36' 55" S	2206	LOJA	01/09/1963
	H0527	LEON EN PTE.CARRETERA	LG	79G 9' 34" W	3G 25' 5" S	2020	AZUAY	01/10/1962
	H0541	CURIACU EN PTE.CARRETERA	LM	79G 22' 14" W	3G 33' 22" S	2780	LOJA	05/10/1982
	H0542	LLACO EN PTE.JARA RENTA	LM	79G 17' 28" W	3G 36' 34" S	2460	LOJA	15/11/1981
	H0625	ALAMOR EN PTE.MERCADILLO	LM	79G 12' 54" W	3G 36' 42" S	1080	LOJA	01/10/1966
JUBONES DRENAJES MENORES	H0529	JUBONES DJ S.FRANCISCO	LG	79G 30' 33" W	3G 18' 26" S	712	AZUAY	01/01/1964
	H0530	JUBONES EN USHCURRUMI	LM	79G 36' 21" W	3G 19' 19" S	282	AZUAY	01/09/1958
	H0531	CASACAY AJ JUBONES	LM	79G 42' 42" W	3G 19' 30" S	134	EL ORO	01/08/1972
	H0532	CANAL CERRITOS	LM	79G 45' 40" W	3G 19' 10" S	50	EL ORO	01/08/1963
	H0533	JUBONES EN PTE.IBERIA	LM	79G 52' 9" W	3G 15' 15" S	12	EL ORO	01/09/1971
	H0537	JUBONES EN PASAJE	LG	79G 45' 54" W	3G 18' 31" S	15	EL ORO	01/09/1963
	H0539	CANAL GUABO BARBONES	LM	79G 54' 29" W	3G 12' 0" S	60	EL ORO	
	H0547	RIRCAY EN P.ALTO SALTANA	LM	79G 30' 20" W	3G 18' 21" S	249	AZUAY	01/09/1987

Fuente: Anuario hidrológico, INAMHI

Elaboración: Autora

Continúa...

SANTA ROSA	H0571	RASPA EN ASERRIO(BUENA VISTA)	LM	79G 47' 55" W	3G 23' 47" S	80	EL ORO	01/05/1972
	H0572	CALUGURO ABT CANAL DE RIEGO	LM	79G 52' 43" W	3G 30' 47" S	55	EL ORO	01/09/1971
	H0573	SANTA ROSA EN EL VADO	LM	79G 56' 38" W	3G 33' 18" S	80	EL ORO	01/04/1971
MOROMORO	H0592	MOROMORO EN MOROMORO	LM	79G 44' 27" W	3G 41' 18" S	800	EL ORO	01/12/1984
LUIS	H0586	CALERA AJ AMARILLO	LG	79G 38' 37" W	3G 40' 40" S	680	EL ORO	01/10/1963
	H0587	PINDO AJ AMARILLO	LG	79G 38' 8" W	3G 45' 43" S	520	EL ORO	01/10/1963
	H0588	AMARILLO EN PORTOVELO	LM	79G 36' 45" W	3G 42' 44" S	660	EL ORO	01/10/1963
DRENES	H0589	AMARILLO EN PORTOVELO	LG	79G 36' 45" W	3G 42' 44" S	360	EL ORO	05/09/1978
MEÑORES	H0590	MARCABELI AJ PUYANGO	LM	79G 55' 55" W	3G 48' 37" S	450	EL ORO	01/10/1977
CATAMAYO	H0617	ARENAL EN PTE.BOQUERON	LM	79G 22' 22" W	4G 3' 15" S	1143	LOJA	01/08/1963
	H0619	CANAL ARENAL	LM	79G 22' 25" W	4G 3' 15" S	1143	LOJA	01/08/1963
	H0620	CATAMAYO EN PTE.SANTA ROSA	LG	79G 51' 32" W	4G 9' 24" S	640	LOJA	01/05/1975
	H0628	CATAMAYO DJ GUAYABAL	LG	79G 24' 39" W	4G 0' 14" S	1120	LOJA	01/01/1980
	H0630	QDA.TONGULA	LM	79G 51' 58" W	4G 12' 35" S	630	LOJA	01/03/1972
	H0631	GUAYABAL EN PERIQUERA	LM	79G 23' 15" W	3G 57' 16" S	1390	LOJA	01/02/1981
	H0634	GUAYABAL D.DESC.MONTERREY	LM	79G 23' 16" W	3G 57' 21" S	1240	LOJA	01/11/1964
	H0635	QDA.TRAPICHILLO EN LA TOMA	LM	79G 21' 53" W	3G 58' 34" S	1230	LOJA	01/01/1976
	H0637	CHUQUIRIBAMBA EN PORDEL	LM	79G 19' 29" W	3G 51' 1" S	2480	LOJA	01/01/1981
	H0638	PORDEL EN PORDEL	LM	79G 19' 30" W	3G 51' 4" S	2480	LOJA	01/01/1981
	H1112	CHUQUIRIBAMBA	LM	79G 20' 0" W	3G 51' 1" S		LOJA	
ALAMOR	H0616	ALAMOR EN SAUCILLO(DJ CELICA)	LG	80G 11' 47" W	4G 15' 31" S	247	LOJA	01/01/1965
	H0618	ALAMOR AJ Q.PILARES(AJ CHIRA)	LM	80G 25' 0" W	4G 27' 30" S		LOJA	01/12/1975
	H0639	MATALANGA EN GUAPALAS	LM	80G 0' 12" W	4G 1' 39" S	910	LOJA	15/11/1980
CHAMBO	H0784	MAHUAZO AJ ALAO	LM	78G 32' 0" W	1G 51' 39" S	3070	CHIMBORAZO	01/08/1967
	H0785	CHIBUNGA EN CALPI	LM	78G 45' 9" W	1G 38' 48" S	3020	CHIMBORAZO	01/04/1963
	H0786	GUAMOTE AJ CEBADAS	LM	78G 38' 1" W	1G 52' 34" S	2840	CHIMBORAZO	01/11/1965
	H0787	ALAO EN HDA.ALAO	LG	78G 30' 42" W	1G 52' 38" S	3200	CHIMBORAZO	01/12/1963
	H0788	PUELA AJ CHAMBO	LM	78G 28' 29" W	1G 30' 44" S	2475	CHIMBORAZO	01/04/1965
	H0789	GUARGUALLA AJ CEBADAS	LM	78G 36' 17" W	1G 52' 5" S	2828	CHIMBORAZO	01/07/1964
	H0790	CEBADAS AJ GUAMOTE	LM	78G 38' 31" W	1G 53' 48" S	2840	CHIMBORAZO	01/11/1965
	H0791	BALSACON EN SAN ANDRES	LM	78G 43' 11" W	1G 34' 18" S	3112	CHIMBORAZO	01/11/1962
	H0816	CHAMBO DJ GUANO	LG	78G 32' 55" W	1G 38' 0" S		CHIMBORAZO	02/04/1982
	H0825	CHAMBO EN PENIPE	LG	78G 31' 55" W	1G 33' 47" S	2360	CHIMBORAZO	01/02/1963
	H0826	CHAMBO EN HDA.CAHUAJI	LG	78G 29' 26" W	1G 27' 30" S	2295	TUNGURAHUA	01/01/1978
	H0862	BLANCO AJ COLLANES	LG	78G 29' 55" W	1G 39' 32" S	3180	CHIMBORAZO	22/09/1984
	H0864	COLLANES AJ BLANCO	LM	78G 29' 46" W	1G 39' 11" S	3170	CHIMBORAZO	22/09/1984

Fuente: Anuario hidrológico, INAMHI

Elaboración: Autora.

En los anexos 2 y 3 se puede apreciar la ubicación de cada una de las estaciones.

2.2.3 Cuenca hidrográfica de Esmeraldas.

En la figura 3 se puede apreciar la cuenca de esmeraldas con sus subcuencas.

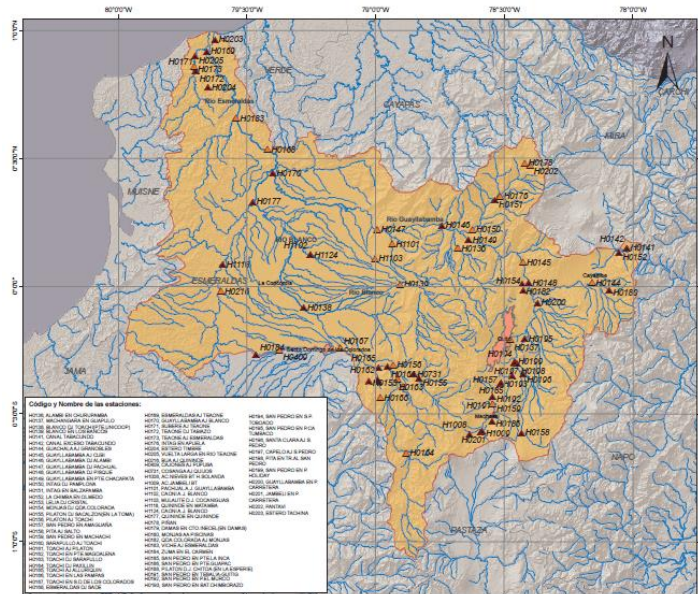


Figura 3. Cuenca hidrográfica de Esmeraldas.

Fuente: INAMHI, 2011

2.2.3.1 Cuenca del río Teaone.

Sistema Esmeraldas.- cubre la cuenca del río Esmeraldas que, tiene una superficie de 4718.25 km² y un desnivel aproximadamente de 2000 m. Este río nace en los deshielos de la cordillera, está formado por el río Blanco, el Teaone, el Canandé, el Viche y el Guayllabamba que es el afluente más largo, otros afluentes menores son el Cupa, Cole, Sade, Sasay Cuquiva. Desde la confluencia de estos dos ríos se inicia la navegación hasta la capital de Esmeraldas. (Esmeraldas, 2012)

2.2.4 Cuenca hidrográfica Jama.

En la figura 4 se puede apreciar la cuenca de Jama con sus subcuencas.

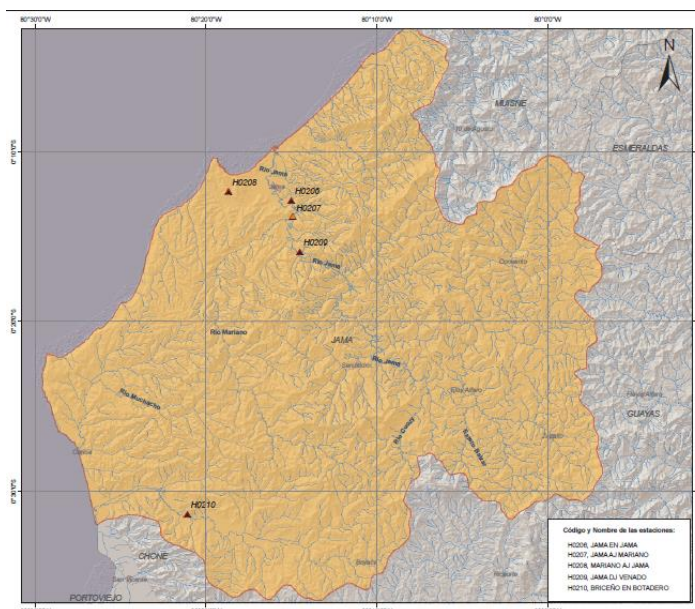


Figura 4. Sistema hidrográfico de Jama, incluye subcuencas de Jama y Briceño.
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.4.1 Cuenca del río Jama.

Jama está a una altura de 185 m.s.n.m., se encuentra rodeada de colinas, de alturas menores a los 500m.s.n.m. presenta relieves que van desde planos a casi planos de valles fluviales, terrazas llanuras y cuencas deprimidas costeras. En cuanto a la hidrografía se encuentra representada por los ríos Jama, El Venado, Don Juan, Camarones y Mariano; esteros como José Loor, Bigua y Salima. (INAMHI, SENPLADES, MINISTERIO DE DEFENSA, MAGAP, & IEE, 2012)

2.2.5 Cuenca hidrográfica Chone.

En la figura 5 se puede observar la cuenca hidrográfica de Chone con sus subcuencas.

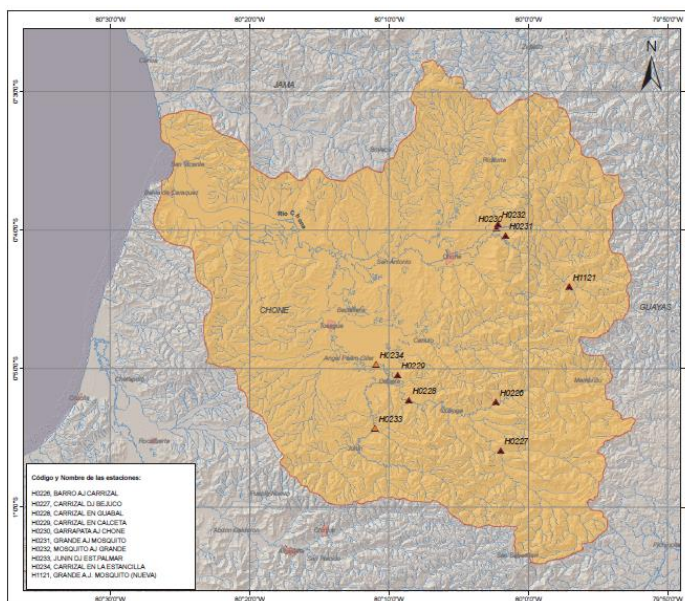


Figura 5. Cuenca del río Chone, incluye subcuencas de Chone y Carrizal.
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.5.1 Cuenca del río Chone.

Esta cuenca está situada en la zona central de la provincia de Manabí. Constituye una zona muy plana con alturas que en los bordes de la unidad no sobrepasa los 40m hacia el oeste, baja hasta 0m en la desembocadura del río Chone en el Océano Pacífico. El río principal es el Chone con sus afluentes Garrapata, Grande, Carrizal y Canuto que recoge el agua de los cerros y colinas circundantes además de las pequeñas cuencas de los ríos Canoa, Briceño y Bahía. (Burbano O., Becerra P., & Pasquel S., 2006)

2.2.5.2 Cuenca del río Carrizal.

Esta cuenca se encuentra ubicada en la provincia de Manabí. Gran extensión de esta cuenca está destinada a uso agropecuario debido a que el suelo es bastante apto para el desarrollo de la agricultura. El río Carrizal, con sus afluentes río Canuto, río Chico, Estero Tigra, río Severino, Estero Julián, río Bejuco, Estero Chorrillo, Mamey, Estero Zapote, río Canoas, río Barro, río Trueno, río Mosca, Estero Sarampión, río Junín y, río Bachillero. (Barahona Dos Santos & Tapia Ortega, 2010)

2.2.6 Cuenca hidrográfica de Portoviejo.

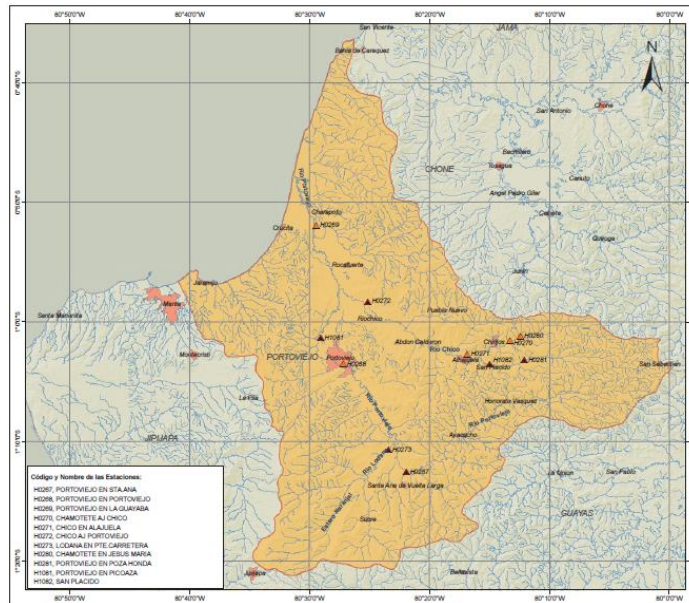


Figura 6. Cuenca del río Portoviejo, incluye subcuenca del río Chico.
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.6.1 Cuenca del río Chico

Originada en la cordillera costanera de Chongón Colonche, no reciben escurrimiento de los Andes. Importantes obras de aprovechamiento del agua para riego, consumo humano y generación eléctrica. El río Portoviejo nace en las montañas de Paján y Puca, desembocando en la Bahía de Charopotó. Tiene como afluentes al río Chico y los esteros Bonce y Lodana. (Barahona Dos Santos & Tapia Ortega, 2010)

2.2.7 Cuenca hidrográfica de Cañar.

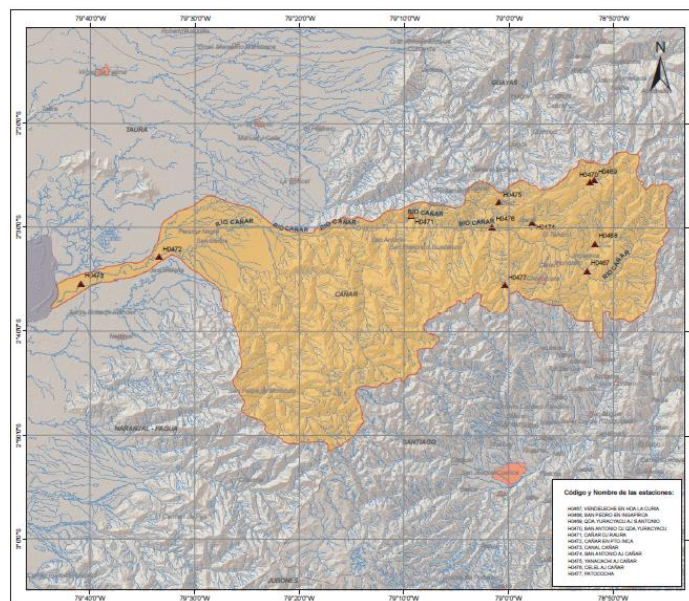


Figura 7. Cuenca del río Cañar.
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.7.1 Cuenca del río Cañar.

Se ubica en las provincias de cañar y guayas, se encuentra a una altitud de 3.450 - 3.120 msnm. Está influenciado por bajas temperaturas, alta presencia de vientos y heladas en gran parte del año.

2.2.8 Cuenca hidrográfica de Naranjal

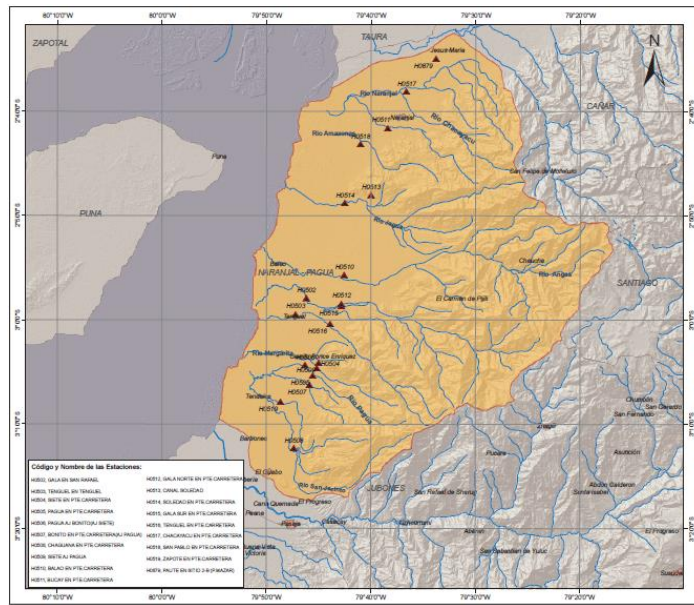


Figura 8. Cuenca hidrográfica del río Siete
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.8.1 Cuenca del río Siete.

El río Siete nace en la Cordillera Occidental y desemboca en el Océano Pacífico.

2.2.9 Cuenca hidrográfica de Jubones.

La Cuenca Hidrográfica del Jubones está ubicada en la cordillera Occidental. Es considerada la sexta cuenca más grande de la vertiente Occidental y la doceava a nivel nacional. Este importante sistema hídrico y cuenca hidrográfica del Jubones, se ubica en la hoya del Jubones, al Sur del Ecuador, en el Austro del país, en Los Andes ecuatorianos.

La unión de las subcuencas del Rircay, que baja desde las alturas del territorio del cantón San Fernando; y la subcuenca del León, que baja desde las alturas del cantón Nabón, en la provincia del Azuay, forman la cuenca del Jubones. Sumándose aguas abajo las subcuencas del Minas, San Francisco, Vivar, Uchucay, Ganacay, Chillayacu y Casacay; para sin mayores interrupciones llegar hasta la Costa, en El Oro, para luego desembocar en el Océano Pacífico. (Fajardo Sánchez, 2010)

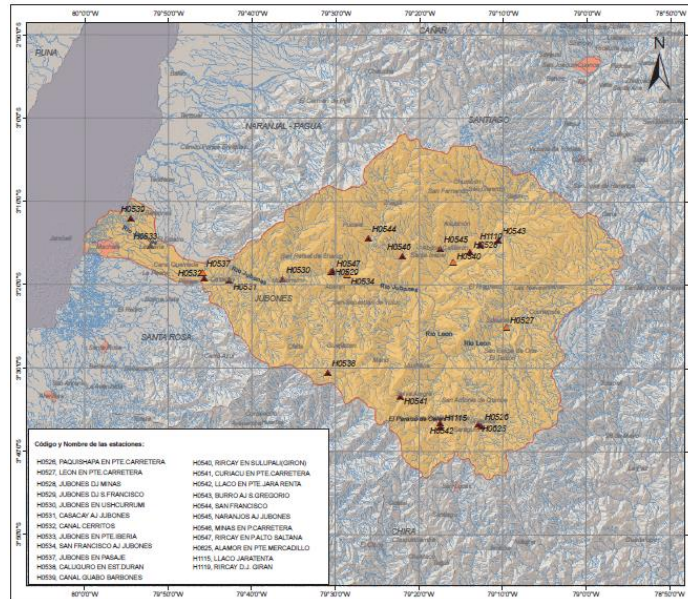


Figura 9. Cuenca hidrográfica de Jubones; inc. Cuenca Rircay, León y Drenajes menores.
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.10 Cuenca hidrográfica de Santa Rosa.

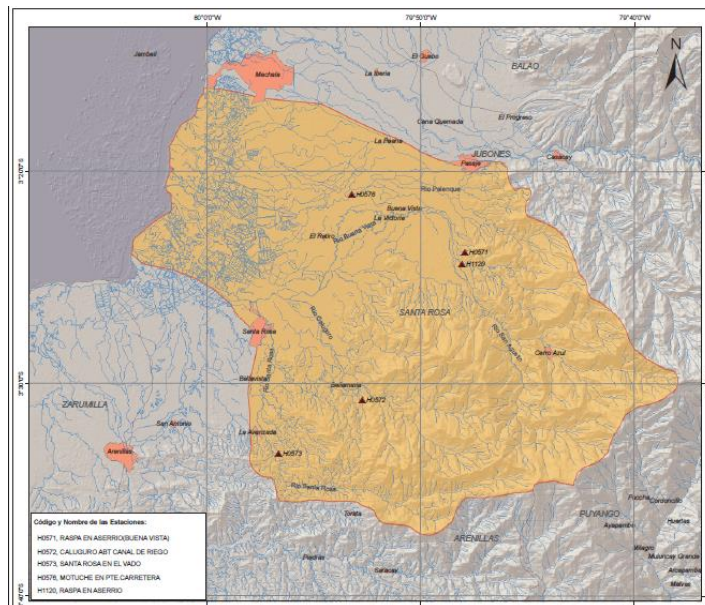


Figura 10. Cuenca del río Santa Rosa.
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.10.1 Cuenca del río Santa Rosa.

El río Santa Rosa, uno de los más representativos sistemas hidrográficos de la zona, comprende a los ríos que nacen y bajan desde las faldas occidentales de las cordilleras de Dumará, Chilca y Sambotambo. Su mayor afluente es el río Buenavista; su curso hacia el occidente, pasa por la población de Bellavista, luego por Santa Rosa que se asienta a la margen izquierda del río, continúa a puerto Pital donde forma un estero navegable por embarcaciones pequeñas y desemboca en el estero de Jambelí. (Manzano Herrera & Naranjo Calero, 2012)

2.2.11 Cuenca hidrográfica de Puyango.

La cuenca del río Puyango-Tumbes se ubica en las provincias de El Oro y Loja en la República del Ecuador y en el departamento de Tumbes en la República del Perú.

Posee un potencial escasamente utilizado. Las posibilidades de aprovechamiento que presenta tanto para la agricultura como para la generación de energía, además de otros beneficios.

El proceso de regulación por medio de embalses y trasvases hacia las tierras a irrigar puede además generar grandes cantidades de potencia y energía hidroeléctrica. El control del río para evitar riesgos de inundaciones. Está conformado por las subcuencas de los ríos Moro moro, Luis y Drenajes menores.

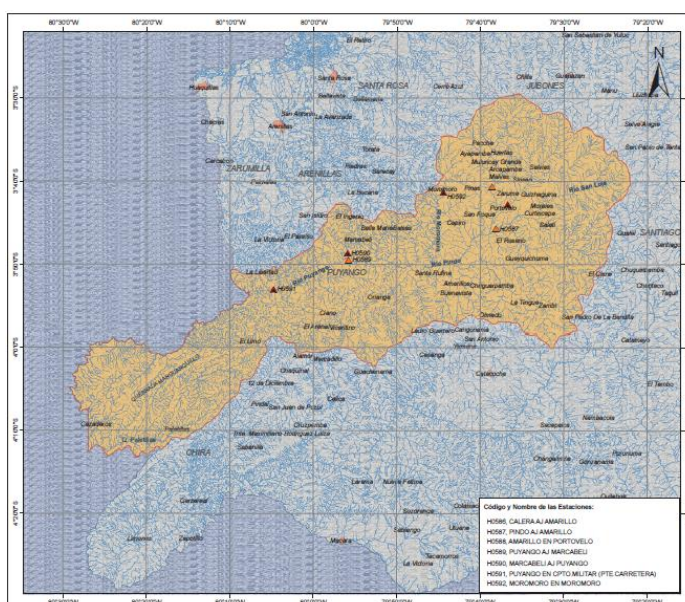


Figura 11. Cuenca de Puyango; incluye subcuencas de Moro moro, Luis y Drenajes Menores. Fuente: INAMHI, 2011

2.2.12 Cuenca hidrográfica de Catamayo-Chira.

La cuenca hidrográfica binacional Catamayo-Chira, ocupa una superficie de 17199,18 km², de los cuales 7212,37km² están en territorio ecuatoriano, los que corresponden aproximadamente al 66,82% de la superficie de la provincia de Loja y en él se encuentran los cantones de Célica, Pindal, Macará, Sozoranga, Calvas, Espíndola, Gonzanamá, Quilanga, y parte de los territorios de los cantones de Loja, Catamayo, Paltas, Olmedo, Puyango y Zapotillo. En territorio peruano, la Cuenca, ocupa una superficie de 9 986,81 km² del departamento de Piura, en la que se encuentra la provincia de Sullana y parte de las provincias de Ayabaca, Huancabamba, Morropón, Paita, Talara y Piura. (ATA, UNP, & UNL, 2005)

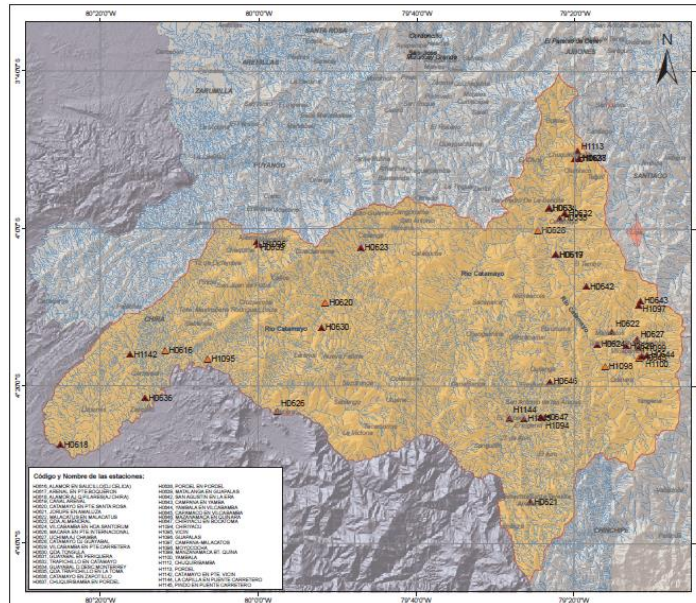


Figura 12. Cuenca hidrográfica de Catamayo-Chira, incl.. Subcuencas de Catamayo y Alamor.
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.12.1 Cuenca del río Catamayo.

El río Catamayo toma este nombre a partir de la unión de dos importantes afluentes: i) el río Guayabal, conformado por los río Gualiel y el Ari por un lado y por otro el río Trapichillo, que nacen en la parte norte de la Cuenca en la cordillera de Fierrouroco, con altitud máxima de 3754 m s.n.m., y ii) el río Chinguilamaca, que aguas arriba se llama Piscobamba, conformado de los aportes de los ríos Chota, Vilcabamba, Masanamaca, Palmira que se forma de los aportes de los ríos de la Tuna y otros que nacen en altitudes de 3673 m s.n.m. y constituyen los orígenes de la cuenca del río Catamayo Chira. El río Catamayo termina cuando se une con el río Macará y conforma el río Chira a una altura de 284 m s.n.m. (ATA, UNP, & UNL, 2005)

2.2.12.2 Cuenca del río Alamor.

Se localiza al sur de la provincia de Loja, en los cantones: Zapotillo, Pindal, Puyango, Célica y Paltas, jurisdicción de la provincia de Loja, que corresponde a la subcuenca del río Alamor de la zona baja de la cuenca hidrográfica del río Catamayo, en la región costera del Ecuador, entre las siguientes coordenadas geográficas: 9527500 y 9560000 de latitud sur; 580000 y 625000 de longitud oeste; en las cotas 280 y 3080 msnm. (Guaya Pauta, 2013)

2.2.13 Cuenca hidrográfica de Pastaza.

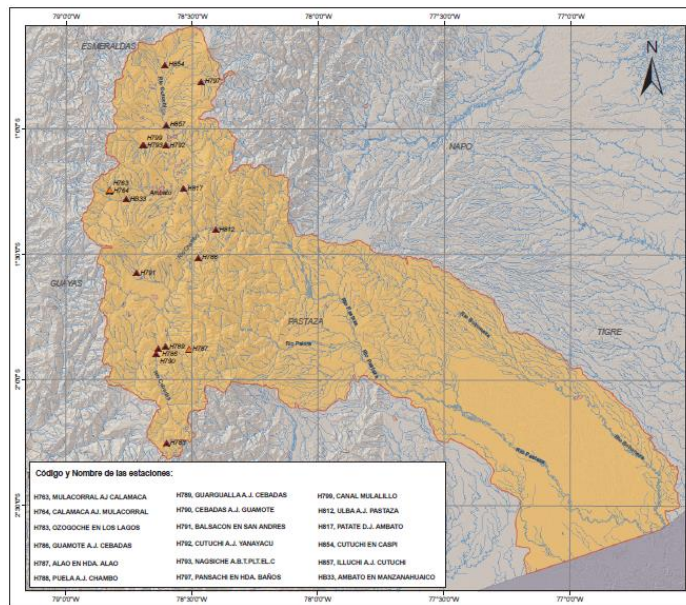


Figura 13. Cuenca del río Pastaza, subcuenca del río Chambo
Fuente: INAMHI, 2011

2.2.13.1 Cuenca del río Chambo.

La subcuenca del río Chambo, forma parte de la Cuenca alta del río Pastaza, su principal afluente es el río Chambo, se encuentra ubicada en su totalidad dentro de la provincia de Chimborazo. El río principal de esta subcuenca es el río Chambo, que corre de sur a norte, la subcuenca del río Chambo, está conformada de 21 microcuencas, dentro de las cuales las más importantes son las microcuencas de los ríos Cebadas, Guamote, Chibunga, Guano, Puela, Alao, Blanco y Uldán. Las elevaciones de la subcuenca del río Chambo, varían desde 2000 msnm en la desembocadura del río Chambo, hasta los 6280 en el nevado Chimborazo. (Naranjo Gaibor, 2013)

2.3 Características morfométricas de una cuenca

2.3.1 Tamaño de cuenca.

a) Área (A)

El área de la cuenca es considerada como la superficie que aporta con la escorrentía superficial y es toda la porción encerrada por la divisoria de aguas, influyendo directamente en la cantidad de agua que la misma pueda producir.

La línea imaginaria que pasa por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca en estudio de otras vecinas conocida como: línea divisoria de aguas, parte aguas, divortium aquarum.

b) Perímetro (P)

El perímetro es la longitud de la divisoria de aguas, para conocer el perímetro de una cuenca se lo puede hacer utilizando los siguientes métodos:

2.3.2 Forma de la cuenca.

Dada la importancia de la configuración de la cuenca, varios autores han tratado de cuantificar por medio de índices o coeficientes. Se trata de relacionar el movimiento del agua y la respuesta de la cuenca a tal movimiento. Además, brinda la posibilidad de comparar las cuencas de tamaño, localización y características geológicas similares.

a) Índice de Gravelius o Coeficiente de compacidad (Kc)

El índice de compacidad de una cuenca, está definido como la relación del perímetro de la cuenca y el área de la cuenca.

El análisis del índice de Gravelius, es un indicador preventivo de inundaciones o llegadas súbitas de agua hacia los poblados cercanos a cauces y arroyos, donde el tiempo de escurrimiento dependerá únicamente de la forma de la cuenca.

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Ecuación 7.

En donde:

A: Área en Km².

P: Perímetro en Km.

El coeficiente de Gravelius está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración.

Generalmente las cuencas extensas tienen forma de pera y las pequeñas de abanico pero estos calificativos descriptivos deben evitarse y emplear datos numéricos que ofrecen mayor facilidad y seguridad para comparación con base a la cuantificación. Se distinguen cuatro clases de formas.

Tabla 4. Caracterización de acuerdo al índice de Gravelius.

Clase de forma	Rangos de clase (Kc)	Forma de la cuenca
Clase C1	De 1 a 1.25	Casi redonda a oval redonda
Clase C2	De 1.25 a 1.50	Oval redonda a oval oblonga
Clase C3	De 1.50 a 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
Clase C4	>1.75	Casi rectangular (alargada)

Fuente: FAO 1985

Elaboración: Autor

b) Índice o factor de forma de una cuenca (F)

Con este factor se expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud, teniendo.

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Ecuación 8.

En donde:

A: Área en Km².

L: Longitud del cauce en Km.

“Si una cuenca tiene un factor de forma más alto que otra cuenca existe una mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre toda la cuenca. Por lo contrario, si la cuenca posee un F menor, tiene menos tendencias a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área pero con un F mayor.”(Villón, 2002)

2.3.3 Parámetros de relieve.

El relieve es un factor importante en el comportamiento de la cuenca, ya que cuanto mayor son los desniveles en la misma, mayor es la velocidad de circulación y menor el tiempo de concentración, lo cual involucra una crecida del caudal de punta. Llegando a influenciar la tendencia hidrológica. Estos parámetros son:

a) Pendiente media de la cuenca

La pendiente de una cuenca, es un parámetro muy significativo en el estudio de la cuenca, que guarda una estrecha relación con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía.

“Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en la relación a la magnitud de las crecidas” (Villón, 2002)

Existen algunos criterios para calcular la pendiente de una cuenca, entre las que se pueden citar:

- Criterio de Alvord
- Criterio de Horton
- Criterio de Nash
- Criterio del rectángulo equivalente

Criterio del rectángulo equivalente

Con este criterio, para hallar la pendiente de la cuenca, se toma la pendiente media del rectángulo equivalente:

$$S = \frac{H}{L}$$

Ecuación 9.

Dónde:

S: Pendiente de la cuenca

H: Desnivel total (cota en la parte más alta – cota en la estación de aforo), en Km.

L: Lado mayor del rectángulo equivalente, en Km.

Análisis de las pendientes medias

La clasificación según Henao (1988), adoptada en términos descriptivos es:

Tabla 5. Rango de pendientes medias

Pendientes medias %	Relieve
0 - 3	Plano
3 - 7	Suave
7 - 12	Mediano
12 - 20	Accidentado
20 - 35	Fuerte
35 - 50	Muy fuerte
50 - 75	Escarpado
Mayor de 75	Muy escarpado

Fuente: Henao, 1988

Elaboración: Adaptación (Manzano & Naranjo, 2012)

El relieve de una cuenca está determinado por el desnivel específico (Ds) que es una medida adimensional y que se lo obtiene en base de los siguientes parámetros:

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right] \quad \text{Ecuación 10.}$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right] \quad \text{Ecuación 11.}$$

$$I_g = \frac{D}{L} \quad \text{Ecuación 12.}$$

Siendo

$$D_s = I_g \cdot A^{1/2} \quad \text{Ecuación 13.}$$

$$\frac{D_s}{D} = K = \frac{A^{1/2}}{L} \quad \text{Ecuación 14.}$$

$$D_s = D \left[\frac{c}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{c} \right)^2} \right] \right]^{-1} \quad \text{Ecuación 15.}$$

Dónde:

L: Lado mayor del rectángulo equivalente.

l: Lado menor del rectángulo equivalente.

Ig: Índice de pendiente global.

D: Desnivel calculado en metros, es la diferencia existente entre una curva mínima que abarca bajo ella el 5% de la superficie total de la cuenca y una curva máxima que comprende sobre ella el 5% de dicha superficie.

Por lo tanto Ds es el algoritmo del desnivel (D) por un coeficiente que está en función del índice de compacidad.

b) Índice de pendiente global (Ig)

El índice de pendiente global permite caracterizar el relieve de la cuenca a partir de la información de la curva hipsométrica y del rectángulo equivalente, se expresa en m/Km.

“Curva hipsométrica, es la curva que puesta en coordenadas representa la relación entre la altitud, y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud” (Villón, 2002)

$$I_g = \frac{(H5-H95)}{L}$$

Ecuación 16.

Dónde:

L: Lado mayor de rectángulo equivalente en Km.

H5: Altura sobre la que está el 5% de la superficie (curva hipsométrica)

H95: Altura sobre la que está el 95% de la superficie (curva hipsométrica)

Tabla 6. Caracterización de acuerdo al índice de pendiente

Tipo de relieve	Ig
Muy débil	< 2
Débil	2 a 5
Débil moderado	5 a 10
Moderado	10 a 20
Moderado fuerte	20 a 50
Fuerte	50 a 100
Muy fuerte	100 a 200
Extrem. Fuerte	> 200

Fuente: Monsalve, G. Hidrología en la Ingeniería, 1995

Elaboración: Autor.

2.3.4 Red de drenaje.

Se refiere al recorrido o arreglo que tienen los cauces de corrientes naturales dentro de la cuenca, mediante estas características se puede conocer la eficacia del sistema de drenaje en el escurrimiento. La forma de drenaje, además puede proporcionar indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca.

Las principales características de una red de drenaje son:

a) Densidad de la red de los cauces (Dr)

Es el coeficiente entre el número de segmentos de ríos, quebradas de la cuenca y la superficie de la misma; viene dada en cauces/Km².

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Ecuación 17.

Dónde:

N: Es la suma de todos los segmentos de canal que conforman la red hidrográfica.

b) Densidad de drenaje (Dd)

Este es un coeficiente que proporciona una información más real que la anterior, ya que se expresa como la longitud de las corrientes, por unidad de área.

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

Ecuación 18.

L: Longitud total de los cursos de agua.

Tabla 7. Densidad de drenaje

Características de la cuenca	Dd
Drenaje regular	0 a 1
Drenaje normal	1 a 1.5
Drenaje bueno	> 1.5

Fuente: Monsalve, G. Hidrología en la Ingeniería, 1995

Elaboración: Autor.

2.3.5 Características hidráulica hidrológica.

Con el propósito de conocer la precipitación se recopiló información de las estaciones meteorológicas activas y más cercanas en cada una de las cuencas en estudio, con ayuda de los anuarios meteorológicos registrados en el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

Para calcular la precipitación efectiva se determinó el número de la curva, en cada una de las zonas de estudio mediante la utilización de mapas de tipos de suelos y uso de suelos hallados en el SIN (Sistema Nacional de Información).

a) Método del número de la curva

El Soil Conservation Service, desarrollo un método para obtener la llamada precipitación efectiva o eficaz. Este procedimiento es muy empleado para determinar las tormentas de diseño, cuando se estudian caudales máximos.

En este método la capacidad de infiltración del suelo depende de varios factores:

- Uso del suelo
- Tratamiento superficial a que ha sido sometido
- Condiciones hidrológicas del suelo, si los suelos están erosionados, si están protegidos con cobertura vegetal.
- Grupo hidrológico.

El método clasifica en cuatro grupos de acuerdo al potencial de escurrimiento: A, B, C y D, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 8. Clasificación hidrológica del suelo

Grupo del suelo	Propiedades
A	(Bajo potencial de escorrentía). Suelos que tienen alta tasa de infiltración aun cuando estén muy húmedos. Consisten en arenas o gravas bien o excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	(Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderada.
C	(Moderadamente alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración lenta cuando estén muy húmedos. Consiste en un suelo con un estrato que impide el movimiento de agua hacia abajo; suelos con texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o alkali, o suelos con niveles freáticos moderados. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados.
D	(Alto potencial de escorrentía). Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten de suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o alkali; y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen tasas de transmisión de agua muy lenta.

Fuente: Villón, M. Hidrología, 2002

Elaboración: Autor.

Este método permite relacionar la precipitación total P con la precipitación efectiva Pe, mediante la siguiente ecuación:

$$Pe = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad \text{Ecuación 19.}$$

Donde la S es el almacenaje máximo de la captación (mm) que puede ser calculado de la ecuación siguiente basada en el valor decidido de número de curva (CN):

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad \text{Ecuación 20.}$$

CN es el número de la curva que depende de todos los factores antes mencionados. Cuando se tiene otra condición de humedad para el suelo, se puede hacer ajustes a la tabla.

AMC I para suelos secos, (Pe) < 2.5 cm

AMC II para suelos intermedios, 2.5 cm < (Pe) < 5 cm

AMC III para suelos húmedos, (Pe) > 5cm

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

Ecuación 21.

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Ecuación 22.

Tabla 9. Valores de CN AMC II para áreas urbanas

Tipo de cobertura y condición hidrológica	% Promedio Áreas Impermeables	Número de la Curva para grupos de suelos hidrológicos			
		A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida). Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.):					
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		68	79	86	89
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)		39	51	74	80
Áreas impermeables:					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc. (excluyendo derecho de la vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentadas: zanjas abiertas (Incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (Incluyendo derecho de la vía)		76	85	89	91
Tierra (Incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
Áreas desiertas urbanas occidentales:					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables)		63	77	85	88
Paisajes desértico artificiales (barrera impermeable de maleza, arbustos de desierto 1 a 2 pulg de diámetro; cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)		96	96	96	96
Áreas urbanas:		89	92	94	95
Comercial y de negocios	85	81	88	91	93
Industrial	72				
Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote					
1/8 acre	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
2 acre	12	46	65	77	82
Áreas urbanas					
Áreas recientemente conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Fuente: Monsalve, G. Hidrología en la Ingeniería, 1995

Elaboración: Autora

O también los valores de CN de acuerdo al grupo de suelo para áreas rurales.

Tabla 10. Valores de CN AMC II para áreas rurales

COBERTURA			GRUPO DE SUELOS			
Uso de la Tierra	Tratamiento o práctica	Condición Hidrológica	A	B	C	D
			Número de curva			
Rastrojo	Hileras rectas	_____	77	86	91	94
Cultivos en hileras	Hileras rectas	Mala	71	81	88	91
		Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
		Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
		Buena	62	71	78	81
Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
		Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
		Buena	59	70	78	81
Leguminosas en 1 hileras estrechas o forraje en rotación	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
		Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
		Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
		Buena	51	67	76	80
Pastos de pastoreo	Curvas de nivel	Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	88
		Buena	39	61	74	80
		Mala	47	67	81	88
		Regular	25	59	75	83
		Buena	6	35	70	79
Pastos de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Pacios			59	74	82	86
Caminos de tierra 2			72	82	87	89
Pavimentos			74	84	90	92

Fuente: Monsalve, G. Hidrología en la Ingeniería, 1995

Elaboración: Autora

$$CN = \frac{1}{A} (A_1 * CN_1 + A_2 * CN_2 + \dots + A_N * CN_N)$$

Ecuación 23.

Dónde:

CN: Número de la curva.

A: Área en Km².

2.4 Relación de datos

2.4.1 Regresión.

Un análisis de regresión es un intento de examinar la relación existente entre una variable dependiente y un conjunto de variables independientes.

Tipos de regresión:

“La regresión está clasificada en base de tres criterios: en función del número de variables independientes (simples y múltiples), dependiendo del tipo de función $f(x)$ (regresión lineal y no lineal) y observando la naturaleza de relación que existe entre las dos variables.” (Duque, 2009)

- Regresión Lineal
- Regresión Logarítmica
- Regresión Exponencial
- Regresión Cuadrática
- Regresión Potencial

Correlación

La correlación es un elemento estadístico que nos permite: comprobar que las medidas son razonables, comprobar una hipótesis e intentar descubrir algo nuevo.

Coefficiente de correlación R

El coeficiente de correlación mide el grado de relación efectivo entre dos variables, el valor de R varía de -1 a 1, pero en la práctica se trabaja con un valor absoluto de R.

El valor del coeficiente se interpreta de modo que a medida R se aproxime a 1, es más grande la relación entre los datos, por lo tanto R mide la aproximación entre las variable. Este coeficiente se lo puede clasificar de la siguiente manera:

Tabla 11. Valores de coeficiente R

Correlación	Valor o Rango
Perfecta	$R = 1$
Excelente	$R = 0.9 \leq R < 1$
Buena	$R = 0.8 \leq R < 0.9$
Regular	$R = 0.5 \leq R < 0.8$
Mala	$R < 0.5$

Fuente: Duque, L., 2009

Elaboración: Autor

2.4.2 Regresión lineal múltiple

Utilizamos regresión lineal múltiple cuando estudiamos la posible relación entre variables independientes (predictoras o explicativas) y otra variable dependiente (criterio, explicada, respuesta).

Modelo de regresión

El modelo que se plantea en regresión múltiple es el siguiente:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + u_i \quad \text{Ecuación 24.}$$

Donde x_{1i} , x_{2i} , x_{ki} , son las variables independientes y $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$, son los valores estimados del modelo, los cuales minimizan los residuos.

La variable respuesta depende de las variables independientes y de una componente de error que se distribuye según una normal. (Rojo, 2007)

2.5 Validación del método con cuencas internacionales.

Entre los objetivos de este trabajo de fin de titulación está validar la ecuación con cuencas internacionales; para lo cual se ha seleccionado las siguientes cuencas.

2.5.1 Cuenca del río Cañete.

La cuenca del río Cañete posee una extensión de 6192 km², se encuentra ubicada en la Vertiente del Pacífico entre los paralelos 11°58' y 13°09' de latitud Sur y los meridianos 75°31' y 76°31' de longitud Oeste. La cuenca tiene la forma de una "L" nace en la laguna de Tecllacochoa aproximadamente a 4600 msnm. La longitud del cauce es de 2.19 km. (Acosta Rivas, 2009).

2.5.2 Cuenca del río Huallaga.

El río Huallaga es un largo río del Perú, un afluente del río Marañón, parte por tanto de la cuenca superior del río Amazonas.

“La cuenca del río Huallaga abarca los departamentos de Loreto, San Martín, Huánuco, Cerro Pasco y La Libertad. El río Huallaga nace en las alturas de Cerro de Pasco, por la confluencia de dos ríos Ticlayán, Pariamarca y Pucurhuay. El río Huertas es uno de los principales tributarios del río Huallaga y uno de los más caudalosos. El río Huallaga recorre hacia el Nor Este por los departamentos de Cerro de Pasco y Huánuco, alcanzando mayor

amplitud en Huánuco; donde, recorre las provincias de Huánuco, Ambo, Dos de Mayo, Humalies, Leoncio Prado, Marañón, Huacaybamba y Pachitea". (SENAMHI, 2014)

2.5.3 Cuenca alta del río Sauce Grande.

La cuenca alta del río Sauce Grande ubicado en Argentina, abastece el complejo hidráulico Embalse Paso de las Piedras, comportándose como servicio ambiental primordial para el consumo hídrico de Bahía Blanca. (Gaspari, y otros, 2012).

2.5.4 Cuenca del río Zadorra.

El río Zadorra nace en la Sierra de Entzia. La cuenca del Zadorra es la más extensa de todas las existentes en Álava; con unos 1.350 Km², su curso fluvial principal tiene unos 85 Km. de longitud.

La altura máxima de la cuenca se alcanza en la cima del monte Gorbea, con 1.482 m de altitud, situado en el extremo noroccidental, y el punto más bajo se alcanza en la desembocadura en el río Ebro, a 450 m. Su red de drenaje ha sido labrada sobre materiales carbonatados del Cretácico Superior y el Terciario, sobre los cuales se han asentado materiales cuaternarios en la zona del fondo de valle. Cuenta con unas características climáticas de transición entre el clima puramente oceánico y el mediterráneo (RUIZ URRESTARAZU, 1982), con precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 500 mm del tramo bajo y 1.500 mm del tramo alto. (González de Matauco, 2004)

2.5.4 Cuenca del río Santa María.

La Cuenca del Río Santa María (identificada como la número 132 en el sistema hidrológico de América Central) se encuentra localizada en la vertiente del pacífico en 11 municipios (distritos) de las provincias de Veraguas, Coclé y Herrera y la Comarca Ngöbe Buglé en la República de Panamá. Conformada por 9 subcuencas que son: las subcuencas del río Corita, río Cuay-Higuí, río Gatú, el río San Francisco y el río Bulabá o Mulubá (en la parte alta) y las subcuencas del río Cañazas, Cocobó- Las Guías, río Escotá y el río Estero Salado (en la parte media y baja). (Mendoza Barrera, 2008)

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Resultados

En el presente capítulo presentamos los cálculos realizados y obtenidos del trabajo de fin de titulación. En la Tabla 12 se presentan las correspondientes cuencas en estudio con sus respectivos sistemas hidrográficos.

Tabla 12. Cuencas seleccionadas para el estudio.

SISTEMA HIDROGRAFICO	CUENCA HIDROGRAFICA	SUB CUENCA
ESMERALDAS	RIO ESMERALDAS	RIO TEAONE
JAMA	RIO JAMA	RIO JAMA
	RIO BRICEÑO	RIO BRICEÑO
CHONE	RIO CHONE	RIO CHONE
		RIO CARRIZAL
PORTOVIEJO	RIO PORTOVIEJO	RIO CHICO
CAÑAR	RIO CAÑAR	RIO CAÑAR
NARANJAL	RIO SIETE	RIO SIETE
JUBONES	RIO JUBONES	RIO RIRCAY
		RIO LEON
		DRENAJE MENORES
SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA
PUYANGO	RIO PUYANGO	RIO MOROMORO
		RIO LUIS
		DRENAJE MENORES
CATAMAYO	RIO CATAMAYO -CHIRA	RIO CATAMAYO
		RIO ALAMOR
PASTAZA	RIO PASTAZA	RIO CHAMBO

Fuente: Elaboración propia.

La caracterización morfométrica de cada una de las cuencas se encuentra resumido en las tablas 13, 14, y 15.

En la tabla 13 se puede observar que el área de las cuencas fluctúa entre 4157.03 Km² (río Catamayo) como la máxima, y 146.55 Km² (río Siete) la mínima. Perímetros que varían de 436.08 Km a 71.34 Km, cuya relación permite calcular el coeficiente de Gravelius para conocer que la mayoría de cuencas tienen una forma Oval redonda -oval oblonga que le otorgan una tendencia media a las crecidas. (Tabla 14).

En la tabla 15 se puede observar las pendientes medias de las cuencas las cuales oscilan entre 17% y 80%, lo que corresponde a un relieve moderado fuerte y muy fuerte; además las cuencas gozan redes de cauces que pueden ser considerados regulares.

Tabla 13. Resumen de características morfométricas de las subcuencas.

TAMAÑO DE LA CUENCA				
CUENCA HIDROGRAFICA	SUB CUENCA	AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	L(Km)
RIO ESMERALDAS	RIO TEAONE	511.09	127.09	121.15
RIO JAMA	RIO JAMA	1345.56	192.44	133.42
RIO BRICEÑO	RIO BRICEÑO	355.56	92.82	60.34
RIO CHONE	RIO CHONE	895.23	141.15	162.60
	RIO CARRIZAL	1347.04	176.84	138.78
RIO PORTOVIEJO	RIO CHICO	470.68	110.45	42.13
RIO CAÑAR	RIO CAÑAR	2411.54	345.10	61.51
RIO SIETE	RIO SIETE	146.55	76.12	49.40
RIO JUBONES	RIO RIRCAY	830.69	121.59	54.01
	RIO LEON	1531.47	211.01	150.43
	DRENAJE MENORES	708.31	303.83	184.01
RIO SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA	902.24	138.14	119.91
RIO PUYANGO	RIO MOROMORO	188.01	71.34	73.52
	RIO LUIS	1174.23	153.47	87.63
	DRENAJE MENORES	1028.70	284.15	193.01
RIO CATAMAYO -CHIRA	RIO CATAMAYO	4157.03	436.08	218.15
	RIO ALAMOR	1097.19	198.47	144.98
RIO PASTAZA	RIO CHAMBO	3589.56	339.39	279.47

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Resumen de parámetros de forma de la cuenca.

NOMBRE DE LA CUENCA		PARAMETROS DE FORMA LA CUENCA			
CUENCA HIDROGRAFICA	SUB CUENCA	C. Gravelius (Kc)	Factor de Forma (Kf)	Forma de la Cuenca	Tipo de Crecida
RIO ESMERALDAS	RIO TEAONE	1.59	0.03	Oval oblonga a rectangular oblonga	Baja
RIO JAMA	RIO JAMA	1.48	0.08	Oval redonda a oval oblonga	Media
RIO BRICEÑO	RIO BRICEÑO	1.39	0.1	Oval redonda a oval oblonga	Media
RIO CHONE	RIO CHONE	1.33	0.03	Oval redonda a oval oblonga	Media
	RIO CARRIZAL	1.36	0.07	Oval redonda a oval oblonga	Media
RIO PORTOVIEJO	RIO CHICO	1.44	0.27	Oval redonda a oval oblonga	Media
RIO CAÑAR	RIO CAÑAR	1.98	0.64	Casi rectangular (alargada)	Muy baja
RIO SIETE	RIO SIETE	1.77	0.06	Casi rectangular (alargada)	Muy baja
RIO JUBONES	RIO RIRCAY	1.19	0.28	Casi redonda a oval redonda	Alta
	RIO LEON	1.52	0.07	Oval oblonga a rectangular oblonga	Baja
	DRENAJE MENORES	3.22	0.02	Casi rectangular (alargada)	Muy baja
RIO SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA	1.3	0.06	Oval redonda a oval oblonga	Media
RIO PUYANGO	RIO MOROMORO	1.47	0.03	Oval redonda a oval oblonga	Media
	RIO LUIS	1.26	0.15	Oval redonda a oval oblonga	Media
	DRENAJE MENORES	2.5	0.03	Casi rectangular (alargada)	Muy baja
RIO CATAMAYO -CHIRA	RIO CATAMAYO	1.91	0.09	Casi rectangular (alargada)	Muy baja
	RIO ALAMOR	1.69	0.05	Oval oblonga a rectangular oblonga	Baja
RIO PASTAZA	RIO CHAMBO	1.6	0.05	Oval oblonga a rectangular oblonga	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Resumen de parámetros de relieve de la cuenca.

Parametros Relativos al Relieve							
SUB CUENCA	Rectangulo Equivalente		Pendiente			Drenaje	
	L (Km)	I (Km)	Pendiente Media	Curva Hipsometrica IG	Tipo de Relieve	Densidad de Drenaje	Drenaje de la Cuenca
RIO CAYAPAS	75.21	10.44	41.40	53.19	Fuerte	0.26	Drenaje Regular
RIO TEAONE	54.67	9.35	70.85	73.16	Fuerte	0.24	Drenaje Regular
RIO JAMA	80.15	16.79	18.57	49.91	Moderado fuerte	0.10	Drenaje Regular
RIO BRICEÑO	37.20	9.56	31.76	107.53	Muy Fuerte	0.17	Drenaje Regular
RIO CHONE	54.75	16.35	18.26	73.06	Fuerte	0.18	Drenaje Regular
RIO CARRIZAL	69.78	19.30	80.37	57.32	Fuerte	0.10	Drenaje Regular
RIO CHICO	45.23	10.41	22.77	88.43	Fuerte	0.09	Drenaje Regular
RIO CAÑAR	158.64	15.20	24.94	25.21	Moderado fuerte	0.03	Drenaje Regular
RIO SIETE	34.04	4.31	80.94	117.52	Muy Fuerte	0.34	Drenaje Regular
RIO RIRCAY	40.98	20.27	15.12	97.60	Fuerte	0.07	Drenaje Regular
RIO LEON	89.11	17.19	18.39	44.89	Moderado fuerte	0.10	Drenaje Regular
DRENAJE MENO	148.27	4.78	21.58	26.98	Moderado fuerte	0.26	Drenaje Regular
RIO SANTA ROS	52.35	17.23	17.37	76.41	Fuerte	0.13	Drenaje Regular
RIO MOROMORCO	29.58	6.36	48.85	135.21	Muy Fuerte	0.39	Drenaje Regular
RIO LUIS	56.54	20.77	14.42	70.74	Fuerte	0.07	Drenaje Regular
DRENAJE MENO	135.55	7.59	60.73	29.51	Moderado fuerte	0.19	Drenaje Regular
RIO CATAMAYO	198.76	20.92	17.59	20.13	Moderado fuerte	0.05	Drenaje Regular
RIO ALAMOR	87.43	12.55	26.86	45.75	Moderado fuerte	0.13	Drenaje Regular
RIO CHAMBO	146.45	24.51	19.87	27.31	Moderado fuerte	0.08	Drenaje Regular

Fuente: Elaboración propia

Los principales elementos morfológicos que intervienen en el cálculo de la descarga máxima son el área, pendiente, y longitud del cauce, mientras los factores hidrológicos son el volumen de precipitación, la precipitación máxima. (McIntyre et al., 2007).

Con el fin de probar la correlación entre algunos de estos parámetros, se recogieron una serie de datos de precipitación en las diferentes subcuencas seleccionadas.

Se relacionaron las variables:

- Área de la cuencas VS Caudal medio mensual
- Perímetro de la cuenca VS Caudal medio mensual
- Longitud del cauce VS Caudal medio mensual
- Pendiente media VS Caudal medio mensual
- Número de la curva VS Caudal medio mensual
- Precipitación media mensual VS Caudal medio mensual
- Precipitación efectiva VS Caudal medio mensual

Se realizó un primer análisis con el total de datos (1564 registros) de precipitaciones medias mensuales y de caudales medios mensuales obtenidos desde los anuarios meteorológicos e hidrológicos del INAMHI; desde 1990 hasta el 2011.

Tabla 16. Los parámetros morfológicos e hidrológicos de los acontecimientos de final de precipitación usados en calibración de método y verificación.

SUB CUENCA	AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	L(Km)	Pendiente Media (m/m)	CN	P (mm)	Pe (mm)	Qobs (m ³ /s)
RIO TEAONE	511.086	127.092	121.151	0.709	69.66	186.668	98.390	17.903
RIO JAMA	1345.560	192.435	133.415	0.186	70.33	60.535	10.455	20.482
RIO BRICEÑO	355.561	92.819	60.335	0.318	71.25	23.042	0.062	2.597
RIO CHONE	895.227	141.147	162.605	0.183	77	137.409	75.421	3.607
RIO CARRIZAL	1347.036	176.842	138.775	0.804	78.5	266.236	197.791	26.483
RIO CHICO	470.675	110.452	42.132	0.228	69.33	202.260	110.639	6.609
RIO CAÑAR	2411.542	345.104	61.514	0.249	70.85	273.362	178.552	54.589
RIO SIETE	146.554	76.116	49.402	0.809	66.8	312.752	199.782	0.027
RIO RIRCAY	830.686	121.594	54.014	0.151	75.6	125.718	62.474	32.494
RIO LEON	1531.470	211.014	150.425	0.184	79.42	58.037	18.191	8.490
DRENAJE MENORES	708.313	303.829	184.015	1.216	82.4	108.364	62.655	72.068
RIO SANTA ROSA	902.242	138.137	119.910	0.174	83.75	98.652	57.102	2.789
RIO MOROMORO	188.013	71.343	73.519	0.488	76	166.107	97.794	2.921
RIO LUIS	1174.231	153.472	87.627	0.144	75.66	251.629	174.637	22.494
DRENAJE M.	1028.704	284.145	193.012	0.607	66.25	183.380	86.465	70.041

RIO CATAMAYO	4157.027	436.083	218.145	0.176	75.5	166.373	96.709	44.679
RIO ALAMOR	1097.187	198.469	144.977	0.269	72.33	294.053	202.846	40.730
RIO CHAMBO	3589.555	339.386	279.472	0.199	71.83	131.923	59.279	49.777

Fuente: Elaboración propia

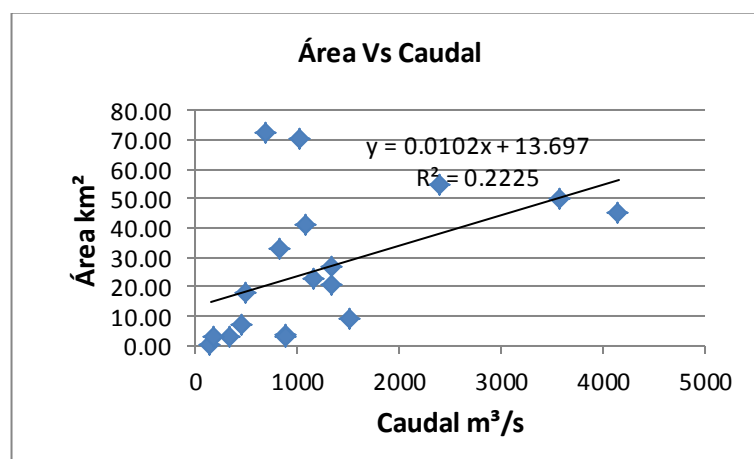
Con estos datos se procedió a realizar las respectivas correlaciones, resultando que las variables analizadas permitieron establecer valores de (R^2).

Tabla 16. Resultado de las correlaciones en las cuencas pequeñas.

Relación	Ecuación	R^2
Área Vs Caudal	$y = 0.0102x + 13.697$	0.225
Perímetro Vs Caudal	$y = 0.1802x - 8.6354$	0.6296
Longitud Vs Caudal	$y = 0.196x + 1.8363$	0.2921
Ancho Vs Caudal	$y = 0.9718x + 16.533$	0.1206
Gravelius Vs Caudal	$y = 0.0003x + 1.6203$	0.0021
Pendiente media Vs Caudal	$y = 1.0687x + 1.2451$	0.4374
Índice dependiente Vs Caudal	$y = -0.7568x + 2.1568$	0.2722
Precipitación Vs Caudal	$y = 0.0409x + 19.669$	0.0215
Precipitación efectiva Vs Caudal	$y = -0.0412x + 22.501$	0.013

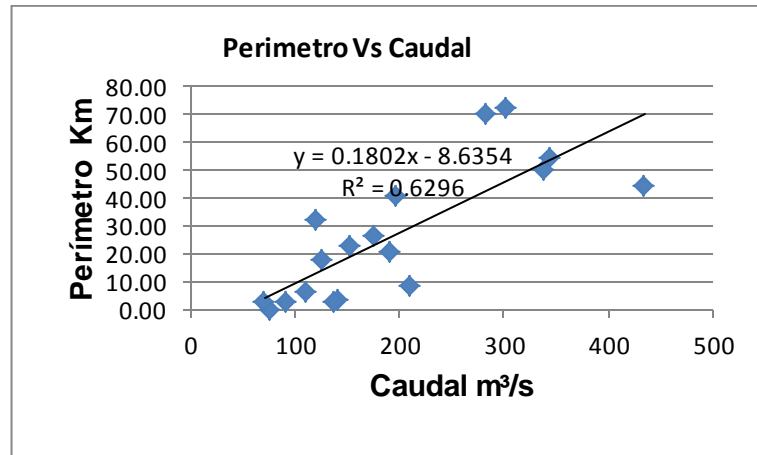
Fuente: Elaboración propia

A continuación se pueden observar las gráficas de las correlaciones resumidas en la tabla 17.

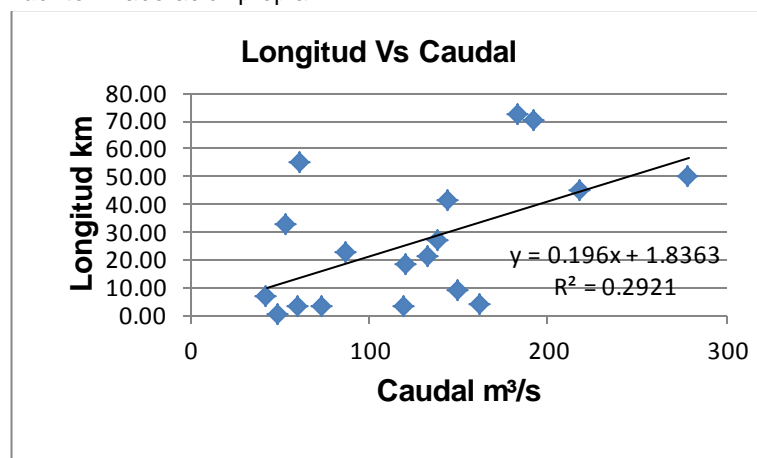


Grafica 1. Relación entre el área y el caudal medio mensual.

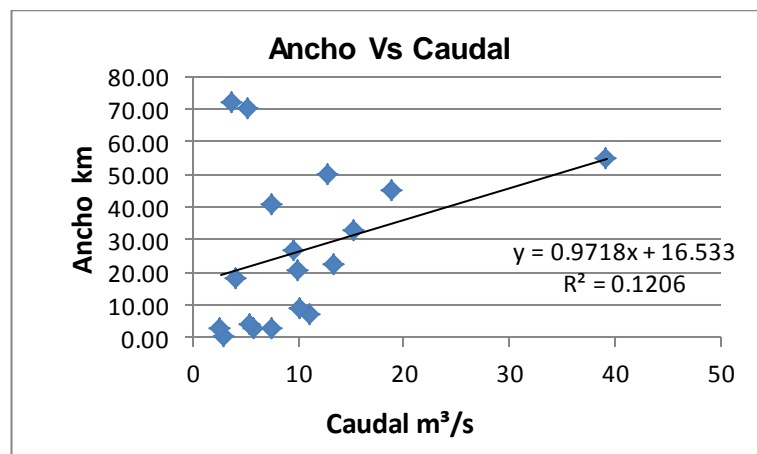
Fuente: Elaboración propia



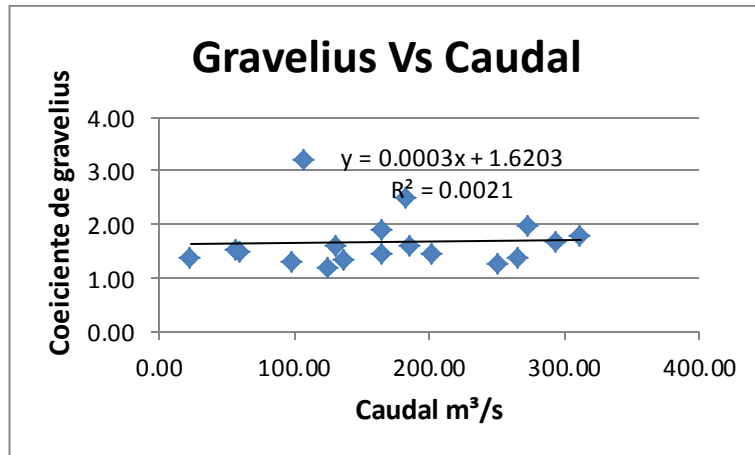
Grafica 2. Relación entre el perímetro y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia



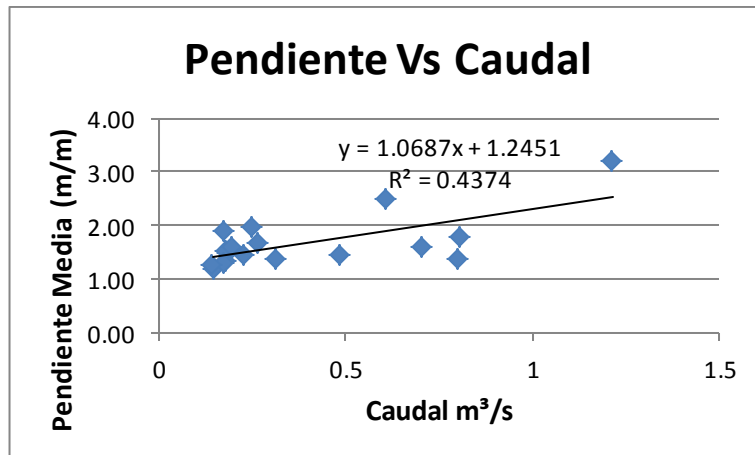
Grafica 3. Relación entre longitud del cauce y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia



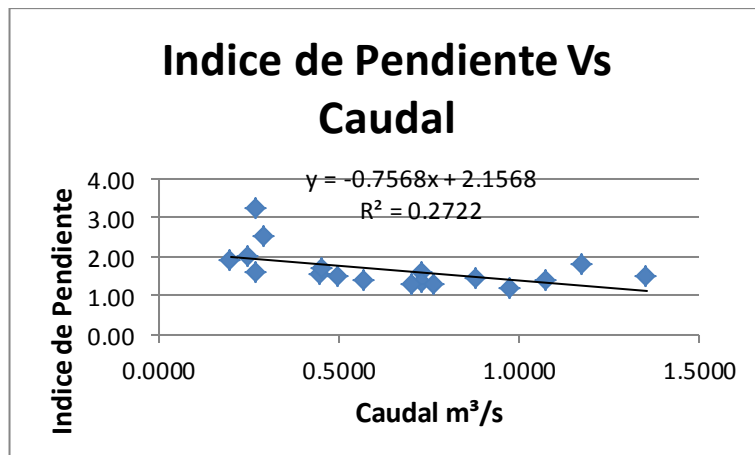
Grafica 4. Relación entre ancho de la cuenca y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia



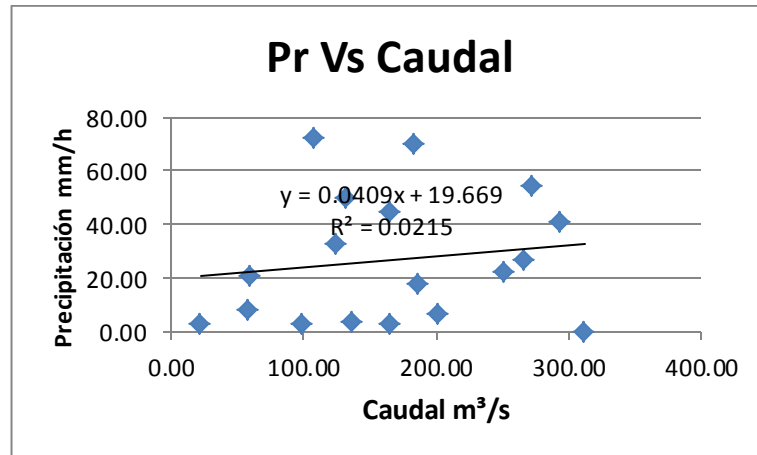
Grafica 5. Relación entre el coeficiente de Gravelius y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia



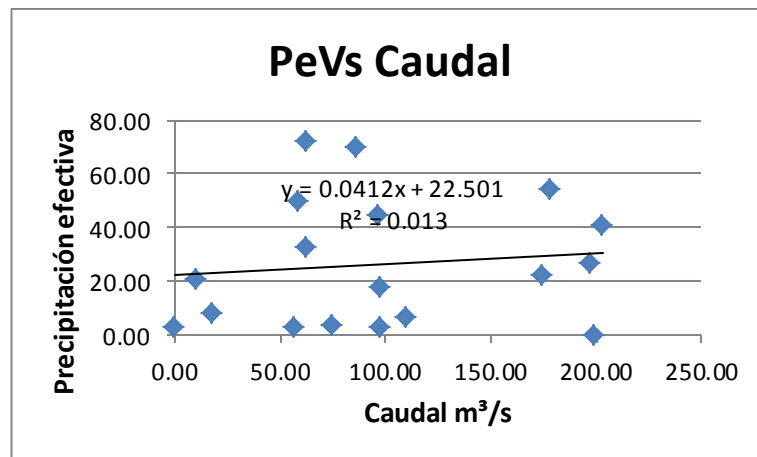
Grafica 6. Relación entre la pendiente media y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia



Grafica 7. Relación entre el índice de pendiente y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia



Grafica 8. Relación entre la precipitación media mensual y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia



Grafica 9. Relación entre la precipitación efectiva y el caudal medio mensual.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los coeficientes de correlación de las 9 relaciones realizadas, se seleccionó las mejores variables para realizar una regresión múltiple.

- Área (A)
- Perímetro (P)
- Longitud del cauce (L)
- Pendiente (Y)
- Número de la curva
- Precipitación (Pr)

Tabla 17. Resumen regresión múltiple.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.904111163
Coefficiente de determinación R ²	0.817416994
R ² ajustado	0.741340742
Error típico	12.1062333
Observaciones	18

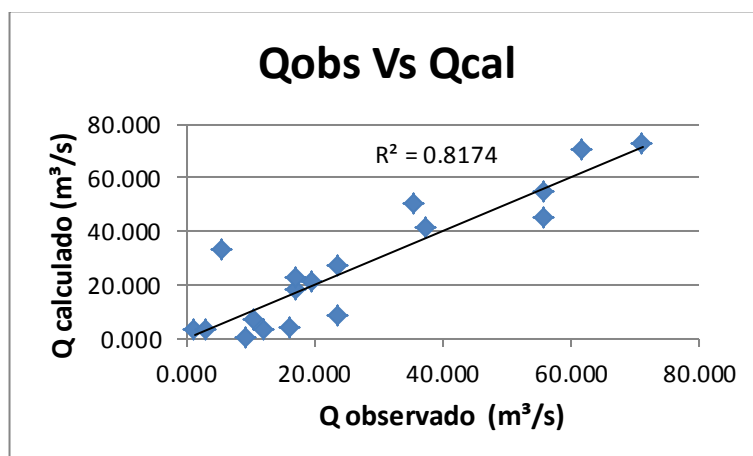
Fuente: Elaboración propia

Esto demuestra que la variable dependiente (Qcal) depende de las variables independientes (A, P, L, Y, Pe). La fuerza de esta relación entre la variable dependiente y las variables independientes es ilustrada como $R = 0.90$ que muestra que la regresión puede explicar casi toda la variación en las variables dependientes.

Esto fue probado utilizando el software "EXCEL" para obtener la ecuación de caudal calculado del análisis de regresión. El proceso de calibración dio la siguiente ecuación para calcular la descarga máxima.

$$Q_{cal} = -24.3549 - 0.0182A + 0.3279P + 0.0449L - 2.1573Y + 0.055Pe \quad \text{Ecuación 25.}$$

Entre descargas observadas (Qobs) y descargas calculadas (Qcal) con el coeficiente de correlación (R^2) de 0.81 en el nivel de confianza del 80 % como mostrado en la gráfica 10 y la Tabla 19.



Grafica 10. Método de calibración para caudal observado y calculado.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Resumen de caudal observado y caudal obtenido con la formula.

SISTEMA HIDROGRAFICO	CUENCA HIDROGRAFICA	SUB CUENCA	Qobs (m³/s)	Qcal (m³/s)
ESMERALDAS	RIO ESMERALDAS	RIO TEAONE	17.903	17.135
JAMA	RIO JAMA	RIO JAMA	20.482	19.882
		RIO BRICEÑO	2.597	1.494
CHONE	RIO CHONE	RIO CHONE	3.607	16.331
		RIO CARRIZAL	26.483	23.952
PORTOVIEJO	RIO PORTOVIEJO	RIO CHICO	6.609	10.593
CAÑAR	RIO CAÑAR	RIO CAÑAR	54.589	55.994
NARANJAL	RIO SIETE	RIO SIETE	0.027	9.338
JUBONES	RIO JUBONES	RIO RIRCAY	32.494	5.600
		RIO LEON	8.490	23.709
		DRENAJE MENORES	72.068	71.182

SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA	2.789	12.309
PUYANGO	RIO PUYANGO	RIO MOROMORO	2.921	3.167
		RIO LUIS	22.494	17.356
		DRENAJE MENORES	70.041	61.794
CATAMAYO	RIO CATAMAYO - CHIRA	RIO CATAMAYO	44.679	56.050
		RIO ALAMOR	40.730	37.402
PASTAZA	RIO PASTAZA	RIO CHAMBO	49.777	35.544

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de obtener mejores correlaciones se realizó un análisis con las precipitaciones máximas en 24 horas y caudales máximos diario.

Tabla 20. Los parámetros morfológicos e hidrológicos de los acontecimientos de final de precipitación usados en calibración de método y verificación.

SUB CUENCA	AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	L(Km)	Pendiente Media (m/m)	Pe (mm)	Q obs (m ³ /seg)
RIO TEAONE	511.09	127.09	121.15	0.71	213.98	553.84
RIO JAMA	1345.56	192.44	133.42	0.19	58.68	82.13
RIO BRICEÑO	355.56	92.82	60.34	0.32	386.12	363.66
RIO CHONE	895.23	141.15	162.60	0.18	175.05	245.03
RIO CARRIZAL	1347.04	176.84	138.78	0.80	456.15	1066.54
RIO CHICO	470.68	110.45	42.13	0.23	322.76	482.95
RIO CAÑAR	2411.54	345.10	61.51	0.25	376.68	436.02
RIO SIETE	146.55	76.12	49.40	0.81	5.87	0.00
RIO RIRCAJ	830.69	121.59	54.01	0.15	0.01	11.04
RIO LEON	1531.47	211.01	150.43	0.18	151.81	253.42
DRENAJE MENORES	708.31	303.83	184.01	1.22	136.77	146.58
RIO SANTA ROSA	902.24	138.14	119.91	0.17	57.31	42.50
RIO MOROMORO	188.01	71.34	73.52	0.49	294.69	217.54
RIO LUIS	1174.23	153.47	87.63	0.14	899.78	1018.70
DRENAJE MENORES	1028.70	284.15	193.01	0.61	92.34	160.89
RIO CATAMAYO	4157.03	436.08	218.15	0.18	118.02	181.25
RIO ALAMOR	1097.19	198.47	144.98	0.27	694.49	755.26
RIO CHAMBO	3589.56	339.39	279.47	0.20	17.28	52.27

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se procedió a realizar una regresión múltiple considerando las variables independientes (A, P, L, Y, Pe) y Qobs como la variable dependiente; dando como resultado:

Tabla 19. Resumen de regresión múltiple.

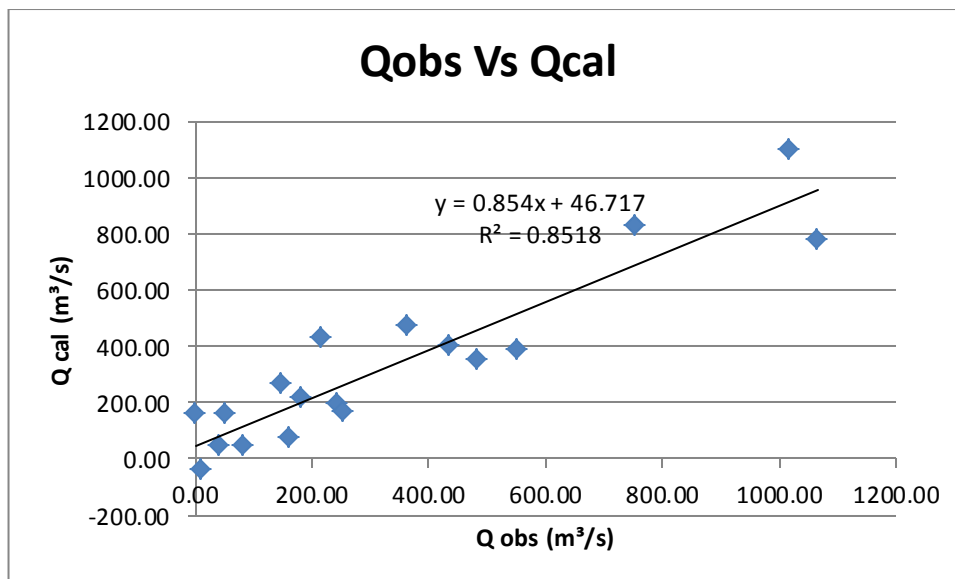
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.922962774
Coefficiente de determinación R ²	0.851860282
R ² ajustado	0.790135399
Error típico	150.0801077
Observaciones	18

Fuente: Elaboración propia

Esto demuestra que la variable dependiente (Qcal) depende de las variables independientes (A, P, L, Y, Pe). La fuerza de esta relación entre la variable dependiente y las variables independientes es ilustrada como $R = 0.92$ que muestra que la regresión puede explicar toda la variación en las variables dependientes.

$$Q_{cal} = -57.72 + 0.5A - 1.38P + 0.20L - 351Y + 1.25Pe$$

Ecuación 26.



Grafica 11. Método de calibración para caudal observado y calculado.

Fuente: Elaboración propia

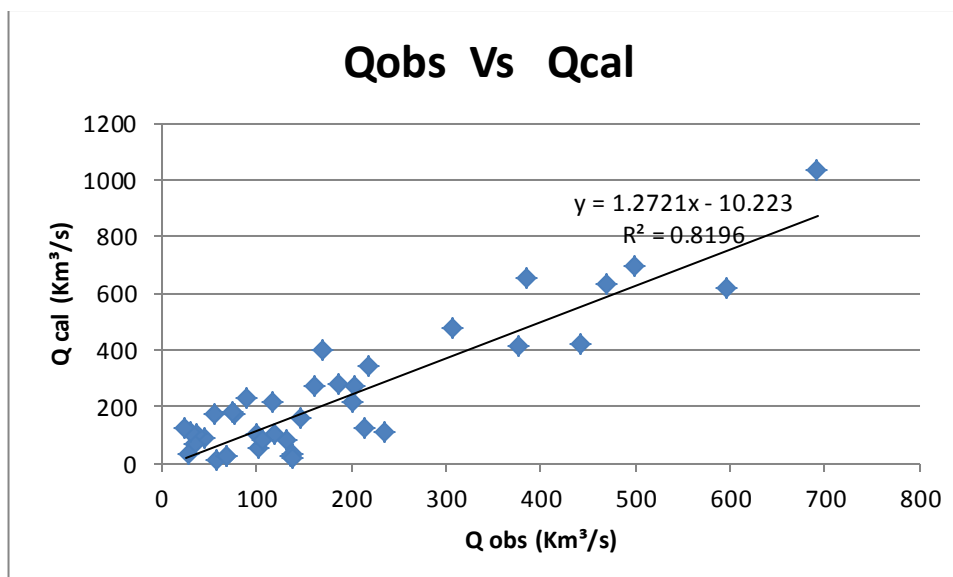
Entre el caudal observadas (Qobs) y el caudal calculado (Qcal) con el coeficiente de correlación (R^2) de 0.85 en el nivel de confianza del 90 % como se muestra en la gráfica 11 y la Tabla 22.

Tabla 20. Resumen de caudal observado y caudal obtenido con la formula.

SISTEMA HIDROGRAFICO	CUENCA HIDROGRAFICA	SUB CUENCA	Qobs (m³/seg)	Qcal (m³/seg)
ESMERALDAS	RIO ESMERALDAS	RIO TEAONE	553.84	383.94
JAMA	RIO JAMA	RIO JAMA	82.13	43.75
	RIO BRICEÑO	RIO BRICEÑO	363.66	473.72
CHONE	RIO CHONE	RIO CHONE	245.03	197.21
		RIO CARRIZAL	1066.54	780.34
PORTOVIEJO	RIO PORTOVIEJO	RIO CHICO	482.95	352.26
CAÑAR	RIO CAÑAR	RIO CAÑAR	436.02	398.47
NARANJAL	RIO SIETE	RIO SIETE	0.00	160.56
JUBONES	RIO JUBONES	RIO RIRCAY	11.04	-37.03
		RIO LEON	253.42	165.20
		DRENAJE MENORES	146.58	263.75
SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA	RIO SANTA ROSA	42.50	43.56
PUYANGO	RIO PUYANGO	RIO MOROMORO	217.54	426.55
		RIO LUIS	1018.70	1099.48
		DRENAJE MENORES	160.89	71.66
CATAMAYO	RIO CATAMAYO -CHIRA	RIO CATAMAYO	181.25	216.95
		RIO ALAMOR	755.26	824.34
PASTAZA	RIO PASTAZA	RIO CHAMBO	52.27	159.60

Fuente: Elaboración propia

Validación.



Grafica 12. Método de validación para caudal observado y calculado.

Fuente: Elaboración propia

La ecuación obtenida fue validada para 40 eventos; de las diferentes captaciones en estudio con lo que se obtuvo un R^2 : 0.81, alcanzando un rango de confianza de un 80% como se puede observar en la gráfica 12.

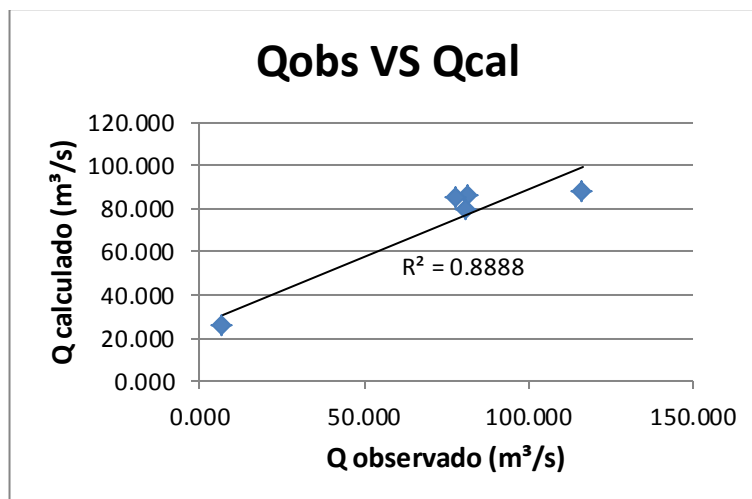
3.2 Validación con cuencas internacionales

Para validar la ecuación obtenida se la aplico en cuencas internacionales la tabla 23 y en la gráfica 13., se observar que el coeficiente de correlación $R^2 = 0.89$, por lo cual está dentro de un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 21. Parámetros morfométricos e hidrológicos de cuencas internacionales.

CUENCA HIDROGRAFICA	PAIS	AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	L(Km)	Pendiente Media (m/m)	Pe (mm)	Q obs (m ³ /seg)	Q cal (m ³ /seg)
RIO CAÑETE	PERÚ	6062	578	2.19	0.5	550.87	85.340	81.736
RIO HUALLAGA	PERÚ	20964.5	1179.7	427.4	0.067	285.8	24.900	7.294
RIO SANTA MARÍA	PANAMA	3326	101	168	0.318	2265	84.220	78.332
RIO SAUCE GRANDE	ARGENTINA	1502.6	382.5	58.34	0.48	763	87.660	116.667
ZADORRA	ESPAÑA	1361.28	190	88.79	0.7	1200	78.800	81.103

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 13. Validación cuencas internacionales.

Fuente: Elaboración propia

3.3 Resumen de la propuesta metodológica

Los propuestos a continuación, se basan en el análisis de las relaciones de las características morfométricas y de infiltración de las cuencas en estudio para obtener la descarga máxima, descritas en el capítulo III.

Objetivos:

- Obtener una ecuación aplicable para las condiciones específicas de Ecuador.
- Mejorar los diseños de obras de ingeniería a partir de caudales pico.

Justificación:

Los problemas como: la falta de vías en buen estado y transporte, la falta de tecnología en cuanto a estaciones hidro- meteorológicas, hacen que el trabajo de caracterización morfométrica de las cuencas sea difícil es por ello que con el presente trabajo se pretende lograr una ecuación; confiando en fotografías aéreas y la utilización de GIS.

Propuesta:

Es necesario obtener los datos tanto de morfometría como hidrológicos y meteorológicos de las cuencas o subcuencas a analizar. En caso de no encontrar la caracterización morfométrica, se consigue una carta topográfica (SIN) de la zona de estudio y con la ayuda de una herramienta GIS, se realiza los respectivos cálculos. Para obtener:

- Área
- Perímetro
- Longitud del cauce
- Factores de forma

Para la parte de la infiltración, se lo realizara por medio del número de la curva que consiste en un estudio del tipo de suelo, cobertura vegetal. En este punto se podría ayudar del SIG tierras, donde se encontrara mapas del tipo de suelo, cobertura vegetal, tipo de sembrío.

Los datos referentes a caudal (anuarios hidrológicos) y a precipitación (anuarios meteorológicos) se encuentran en la página del INAMHI. Con esta última información se tiene todos los datos requeridos para llevar a efecto la regresión lineal simple y regresión lineal múltiple.

Se seleccionara los mejores resultados para obtener la ecuación de descarga máxima.

CONCLUSIONES

- De los valores obtenidos de la regresión lineal múltiple se observa y se afirma que las variables área, perímetro, longitud del cauce, pendiente media y precipitación efectiva se encuentran asociadas con la variable dependiente Qcal (caudal calculado) en un 85%.
- Durante el análisis se obtuvieron mejores resultados aplicando una distribución de frecuencia que utilizando la totalidad de datos, esto se debió a que se trabajó con un número limitado de cuencas, por lo tanto los datos de morfometría tendían a hacerse repetitivos en relación a los datos de precipitación máxima en 24 horas y caudal máximo diarios.
- La variable Pe (precipitación efectiva) puede ser determinada en base al uso del suelo, es decir el número de la curva, con lo que se está cumpliendo el objetivo principal del trabajo de fin de titulación, de relacionar parámetros de morfometría con infiltración para obtener una ecuación de descarga máxima.
- Se seleccionó cinco cuencas de diferentes continentes para validar la ecuación obtenida del análisis de datos obteniendo un 90% de confiabilidad.

$$Q_{cal} = -57.72 + 0.5A - 1.38P + 0.20L - 351Y + 1.25P_e$$

- Se tendría mayor confiabilidad trabajando con datos de eventos en fechas exactas, es decir se requerirían datos de precipitación y caudal instantáneo. Pero en nuestro país los anuarios meteorológicos e hidrológicos solo cuentan con datos mensuales; y con previa solicitud datos de precipitaciones y caudales diarios; solos que no para todas las estaciones activas.
- También se pudo observar que nuestro país cuenta con 1205 estaciones meteorológicas y 723 estaciones hidrológicas activas. Pero no todas ellas cuentan con un registro de datos, o algunas tienen por intervalos de tiempo.

RECOMENDACIONES

Finalizado el trabajo de fin de carrera se recomienda lo siguiente:

- Para un mayor ajuste de la curva de descarga es necesario tener una gran cantidad de aforos diarios y anotar las irregularidades que se presenten, para crear una base de datos más real y confiable de las estaciones activas, ya que con la realización de la investigación se pudo notar que existe una falta de información en ciertas estaciones.
- Aplicar la ecuación en cuencas con características similares para conocer su adaptabilidad, pudiendo hacerse modificaciones para obtener una ecuación por región o por tipo de cuenca.
- Continuar con el análisis de este tema a partir de una base de datos de al menos dos años, de precipitación como de caudal; diarios, en una determinada región o estaciones específicas para así alcanzar un mejor resultado

BIBLIOGRAFÍA

- A.S., E.-H. (2012). An empirical method for peak discharge prediction in ungauged arid and semi-arid region catchments based on morphological parameters and SCS curve number . *EL SEVIER*, 7.
- Acosta Rivas, C. R. (2009). *Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Aguirre Nuñez, M. (2002). *Delimitación y codificación de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Amazonas - Nivel 5*. Sudamérica : UICN SUR.
- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Mexico: LIMUSA, S.A de C.V.
- ATA, UNP, & UNL. (2005). *CUENCA BINACIONAL CATAMAYO-CHIRA "Caracterización Hídrica y Adecuación entre la oferta y la demanda caracterización territorial y documentación básica"*. LOJA - PIURA: CONSORCIO APA- UNP- UNL.
- Barahona Dos Santos, M. C., & Tapia Ortega, R. S. (2010). *Calidad y Tratabilidad de aguas provenientes de rios de llanura y embalses eutrofizados caso de estudio: Carrizal - Chone La Esperanza* . Sangolquí: Escuela Polotecnica del Ejercito.
- Bateman, A. (2007). *Hidrologia Basica y Aplicada*. GITS.
- Borreiros López, Á. (2014). *Evaluacion de caudales de avenida mediante modelos hidrologicos distribuidos basados en las ecuaciones de aguas someras 2D*. UNIVERSIDADE DA CORUÑA.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Burbano O., N., Becerra P., S., & Pasquel S., E. (2006). *Gestion hidrologica.- Estudio e investigación de la caracterización hidrogeologica de las cuencas Portoviejo Chone*. Quito: INAMHI.
- Castillo , V. M., Martinez Mena , M., & Albaladejo, J. (s.f.). *Validez del metodo del numero de curva para el calculo de caudales de escorrentia en areas mediterraneas semiaridas*. Murcia: Departamento de Conservación de Suelo y Agua. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura C.S.I.C.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada* . Bogotá: McGraW- HILL.
- Clavijo Ayala, H. V. (2013). *Diseño de una red de estaciones metereologicas e hidrologicas para previsión de crecidas e inundaciones, en las subcuencas de los ríos Chone, Portoviejo, Bulu-Bulu y Chongón*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

- Esmeraldas, G. A. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Esmeraldas*. Esmeraldas: Dirección de Planificación GADPE.
- Fajardo Sánchez, J. R. (2010). *Desarrollo de una propuesta de gerenciamiento del recurso hídrico en la cuenca de Jubones*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Gaspari, F., Rodríguez Vagaría, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2012). Morphometric characterization of the upper watershed of the Sauce. *AUGMDOMUS*, 4:143-158,.
- González de Matauco, A. I. (2004). ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA Y DE LA RED DE DRENAJE DEL RÍO ZADORRA Y SUS AFLUENTES APLICADO A LA PELIGROSIDAD DE CRECIDAS. *Boletín de la A.G.E. N.º 38*, 311-329.
- Guaya Pauta, P. (2013). *Validación de dos modelos de predicción de caudales medios mensuales para tres cuencas no aforadas en Ecuador*. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- INAMHI. (2010). *Fortalecimiento e implementación de la red básica de estaciones meteorológicas e hidrológicas de la República del Ecuador*. Quito.
- INAMHI, I. (1999). *Anuario meteorológico*. QUITO: INAMHI.
- INAMHI, SENPLADES, MINISTERIO DE DEFENSA, MAGAP, & IEE. (2012). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1:25.000*. Quito: IEE.
- Lange, J., & Leibundgut, C. (2000). *Non-calibrated arid zone rainfall- runoff modelling*. Germany: Institute of Hydrology of Freiburg.
- LINSLEY, R. J., KOHLER, M., & PAULHUS, J. (1975). *Hidrología para ingenieros*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Manzano Herrera, R. A., & Naranjo Calero, H. G. (2012). *Caracterización Hidrogeológica de la Unidad Machala*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Mendoza Barrera, A. F. (2008). *Mecanismo de financiamiento sostenible para el plan de manejo de la cuenca hidrográfica del río Santa Mará, Panamá*. Turrialba-Costa Rica: CATIE.
- Ministerio del Ambiente. (2002). *División Hidrográfica del Ecuador*. Quito.
- Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- MOP. (1995). *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluvimétrica*. Santiago de Chile: DGA.
- MOP, M., & DGA, D. (1995). *Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimas en cuencas sin información fluvimétrica*. Santiago de Chile: DGA.

MOPU. (1987). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Madrid: Alanmer S.A.

Naranjo Gaibor, L. F. (2013). *Caracterización hidrogeológica de la subcuenca del río Chambo*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Paz- Pellat, F. (2009). *MYTHS AND FALLACIES ABOUT THE CURVE NUMBER HYDROLOGICAL METHOD OF THE SCS/NRCS*. Mexico.

Rojo, J. M. (2007). *Regresión lineal múltiple*. Madrid: Instituto de Economía y Geografía.

Rosas, L. (2009). *Manual de Procedimiento de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas*. Quito: UICN SUR.

Sandoval Erazo, W., & Aguilera Ortiz, E. (2014). Determinación de Caudales en cuencas con poca información Hidrológica. *Revista Ciencia UNEMI*, 100-110.

SENAMHI. (2014). —*Suministro, instalación y puesta en funcionamiento de un sistema hidrológico automático y equipos de medición para fines hidroenergéticos*,. Lima.

Trejos Castillo, N. (2011). *Recursos hídricos Panama*. Panamá.

UICN, Secretaría Nacional del Agua, & Comunidad Andina. (2009). *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador*. Quito.

Vásquez S., L., & Saltos G., N. (2009). *Ecuador su realidad*. Quito: José Peralta.

Vera Mutre, C., Jaramillo Nieto, J., & Sanga Suárez, C. (1997). *Análisis Hidrológico de la Cuenca del Cerro Colorado y su Interacción con la Autopista Terminal Terrestre - Pascuales*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral .

Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Max Soft.

Enlaces web

<http://www.ign.es/ign/layoutln/actividadesSistemaInfoGeografica.do>

http://www.hidromet.com.pa/hidro_historicos.php

http://www.hidromet.com.pa/estaciones_meteo.php?f_cuenca=noopcion&f_status=2&f_institucion=noopcion&f_latitud_1=0&f_latitud_2=0&f_longitud_1=0&f_longitud_2=0&f_provincia=noopcion&f_distrito=noopcion&f_corregimiento=noopcion&f_nombre=

<http://mapas.alternativaslibres.es/descargas.php>

<http://sni.gob.ec/coberturas>

<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/caudales-datos-historicos/>

Anexo 1.- División hidrográfica de sistemas, cuencas y subcuencas hidrográficas

SISTEMA HIDROGRAFICO	CUENCA HIDROGRAFICA	SUBCUENCAS HIDROGRAFICAS	
01 CARCHI	0101 Río Carchi	010101 Río Carchi	
02 MIRA	0202 Río Mira	020201 Río Mira	
		020202 Río San Juan	
03 MATAJE	0303 Río Mataje	030301 Río Mataje	
04 CAYAPAS	0404 Río Cayapas	040401 Río Cayapas	
		040402 Río Santiago	
		040403 Drenes Menores	
05 VERDE	0505 Estero Vainilla	050501 Estero Vainilla	
	0506 Estero Lagarto	050601 Estero Lagarto	
	0507 Río Ostiones	050701 Río Ostiones	
	0508 Río Mate	050801 Río Mate	
	0509 Río Verde	050901 Río Verde	
	0510 Río Calope	051001 Río Calope	
06 ESMERALDAS	0612 Río Esmeraldas	051101 Estero Camarones	
		061201 Río Blanco	
		061202 Río Guayllabamba	
		061203 Río Canande	
		061204 Río Viche	
		061205 Río Teaone	
07 MUISNE	061206 Drenes Menores		
	0713 Río Atacames	071301 Río Atacames	
	0714 Río Súa	071401 Río Súa	
	0715 Río Tonchingue	071501 Río Tonchingue	
	0716 Estero Galera	071601 Estero Galera	
	0717 Río San Francisco	071701 Río San Francisco	
	0718 Río Bunche	071801 Río Bunche	
	0719 Río Muisne	071901 Río Muisne	
	0720 Río Salima	072001 Río Salima	
	0721 Río Cojimies	072101 Río Cojimies	
08 JAMA	0722 Río Marcos	072201 Río Marcos	
	0723 Río Cuaque	072301 Río Cuaque	
	0824 Estero Don Juan	082401 Estero Don Juan	
	0825 Río Jama	082401 Río Jama	
09 CHONE	0826 Río Muchacho	082601 Río Muchacho	
		0827 Río Briceño	082701 Río Briceño
		0928 Río Chone	092801 Río Chone
10 PORTOVIEJO	092802 Río Carrizal	092803 Drenes Menores	
		1029 Estero Pajonal	102901 Estero Pajonal
		1030 Río Portoviejo	103001 Río Portoviejo
			103002 Río Chico
		103003 Drenes Menores	
11 JIPIJAPA	1031 Río Jaramijó	103101 Río Jaramijo	
	1132 Río Mnta	113201 Río Manta	
	1133 Río San Mateo	113301 Río San Mateo	
	1134 Río Cañas	113401 Río Cañas	
	1135 Río Bravo	113501 Río Bravo	
	1136 Río Cantagallo	113601 Río Cantagallo	
	1137 Río Jipijapa	113701 Río Jipijapa	
	1138 Río Salaite	113801 Río Salaite	
	1139 Río Buenavista	113901 Río Buenavista	
12 ZAPOTAL	1140 Río Ayampe	114001 Río Ayampe	
	1241 Río Manglaralto	124101 Río Manglaralto	
	1242 Río Valdivia	124201 Río Valdivia	

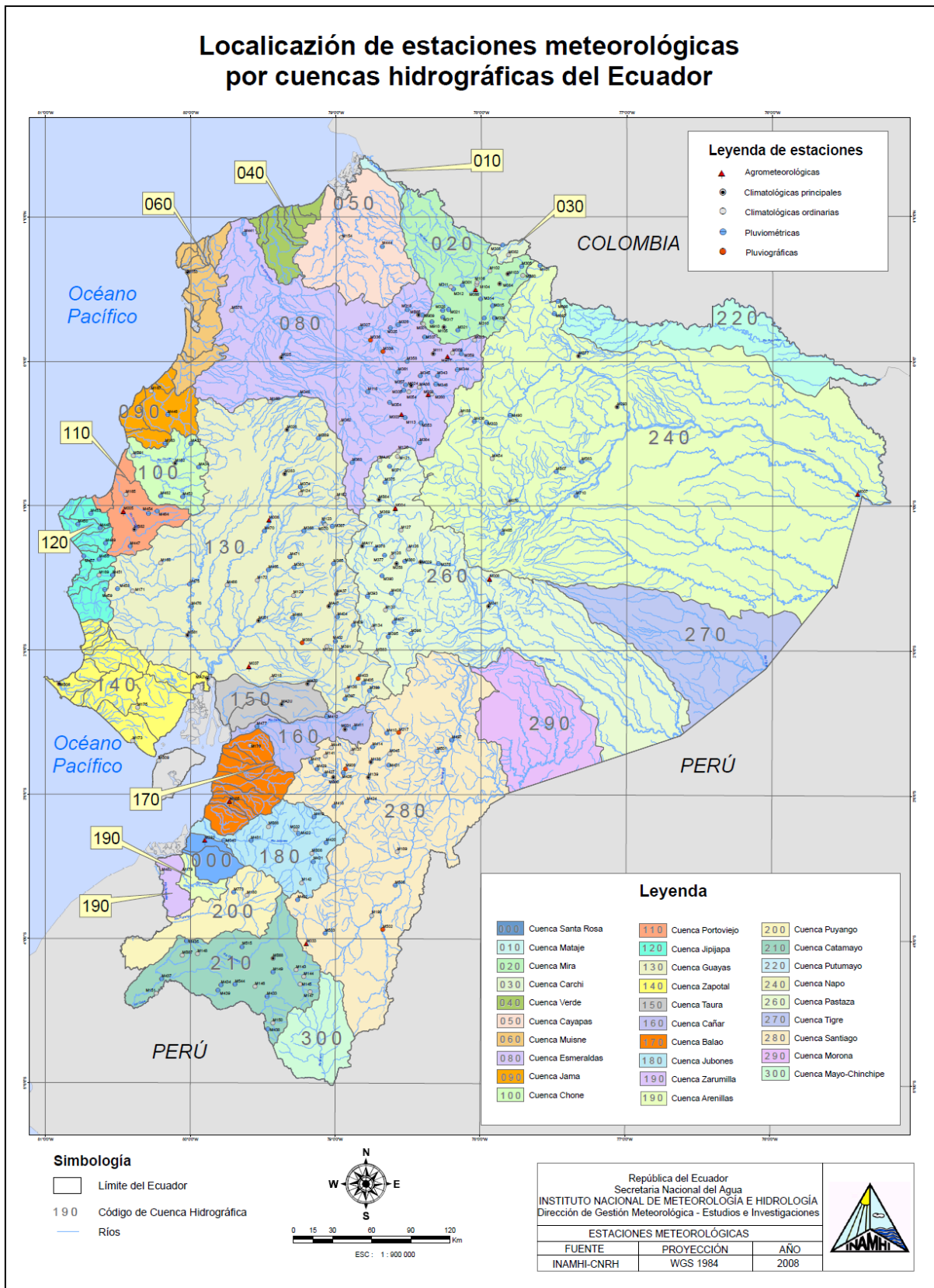
	1243 Río Viejo	124301 Río Viejo
	1244 Río Javita	124401 Río Javita
	1245 Río Grande	124501 Río Grande
	1246 Río Salado	124601 Río Salado
	1247 Río La Seca	124701 Río La Seca
	1248 Río Zapotal	124801 Río Zapotal
	1249 Estero del Morro	124901 Estero del Morro
	1250 Río Daular	125001 Río Daular
	1251 Río Chongón	125101 Río Chongón
13 GUAYAS	1352 Río Guayas	135201 Río Daule
		135202 Río Vinces
		135203 Río Macul
		135204 Río Babahoyo
		135205 Río Yaguachi
		135206 Río Jujan
		135207 Drenes Menores
14 TAURA	1453 Río Taura	145301 Río Taura
	1454 Río Churute	145401 Río Churute
15 CAÑAR	1555 Río Cañar	155501 Río Cañar
16 NARANJAL PAGUA	1656 Río Naranjal	165601 Río Naranjal
	1657 Río San Pablo	165701 Río San Pablo
	1658 Río Jagua	165801 Río Jagua
	1659 Río Balao	165901 Río Balao
	1660 Río Gala	166001 Río Gala
	1661 Río Tenguel	166101 Río Tenguel
	1662 Río Siete	166201 Río Siete
	1663 Río Pagua	166301 Río Pagua
17 JUBONES	1764 Río Jubones	176401 Río León
		176402 Río Rircay
		176403 Río Ucguay
		176404 Río San Francisco
		176405 Drenes Menores
18 SANTA ROSA	1865 Estero Motuche	186501 Estero Motuche
	1866 Río Santa Rosa	186601 Río Santa Rosa
19 ARENILLAS	1967 Río Arenillas	196701 Río Arenillas
20 ZARUMILLA	2068 Río Zarumilla	206801 Río Zarumilla
21 PUYANGO	2169 Río Puyango	216901 Río Pindo
		216902 Río Moromoro
		216903 Qda. Coventos
		216904 Qda. Cazadores
		216905 Frenes Menores
22 CHIRA	2270 Río Chira	227001 Río Catamayo
		227002 Río Macara
		227003 Río Alamor
		227004 Drenes Menores
23 PUNA	2371 Isla Puna	237101 Isla Puna
24 GALAPAGOS	2472 Islas Galápagos	247201 Islas Galápagos
25 SAN MIGUEL - PUTUMAYO	2573 Río San Miguel - Putumayo	257301 Río San Miguel - Putumayo
26 NAPO	2674 Napo	267401 Río Coca
		267402 Río Jatunyacu
		267403 Río Anzu
		267404 Río Misahauli
		267405 Río Arajuno
		267406 Río Bueno
		267407 Río Payamino
		267408 Río Jivino
		267409 Río Indilana

		267410 Río Tipuntini
		267411 Río Yasuní
		267412 Río Aguarico
		267413 Río Nashiño
		267414 Río Curaray
		267415 Drenes Menores
27 CUNAMBO	2775 Río Cunambo	277501 Río Pintoyacu
		277502 Río Cunambo
		277503 Río Corrientes
28 PASTAZA	2876 Río Pastaza	287601 Río Patate
		287602 Río Chambo
		287603 Río Llushin
		287604 Río Palora
		287605 Río Chiguaza
		287606 Río Copataza
		287607 Río Capahuari
		287608 Río Ishpingo
		287609 Río Bobonaza
		287610 Río Huasaga
		287611 Drenes Menores
29 MORONA	2977 Río Morona	297701 Río Morona
30 SANTIAGO	3078 Río Santiago	307801 Río Zamora
		307802 Río Namangoza
		307803 Río Coangos
		307804 Drenes Menores
31 CHINCHIPE	3179 Río Mayo	317901 Río Mayo

Fuente: Ministerio del Ambiente.

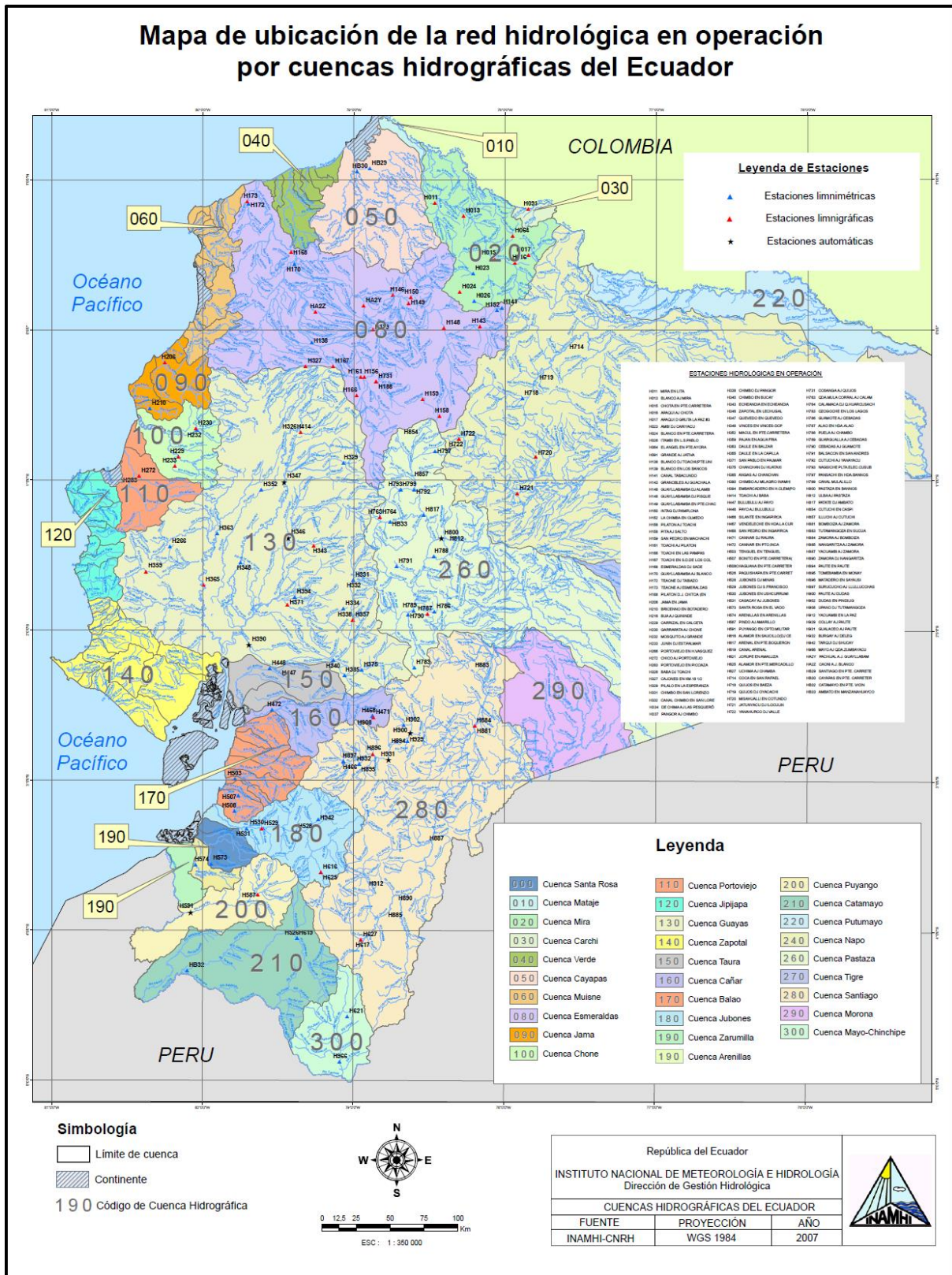
Elaboración: Autor.

Anexo 2.- Ubicación de las estaciones meteorológicas



Fuente: INAMHI, 2008.

Anexo 3.- Ubicación de las estaciones hidrológicas



Fuente: INAMHI, 2007.