



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaboración de la base de información hidrometeorológica de la
cuenca del río Guayas para el procesamiento con el modelo
hydraccess ante inundaciones.

Trabajo de Titulación modalidad Estudio Técnico, previo a la
obtención del Título de Ingeniera Civil.

AUTORAS: Aguilar Aza Jessica Carolina
Naranjo Sandoval Lisseth Gabriela

TUTOR: Ing. Jaime Hernán Gutiérrez Padilla MSc.

Quito, 2018

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, **AGUILAR AZA JESSICA CAROLINA** y **NARANJO SANDOVAL LISSETH GABRIELA** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **ELABORACIÓN DE LA BASE DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS PARA EL PROCESAMIENTO CON EL MODELO HYDRACCESS ANTE INUNDACIONES**, modalidad Estudio Técnico, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Central del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Central del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Las autoras declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Firma:

Jessica Carolina Aguilar Aza

CC. 1726603283

jess_tyno@hotmail.com

Firma:

Lisbeth Gabriela Naranjo Sandoval

CC. 1716175169

lisbethgns@hotmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por, **AGUILAR AZA JESSICA CAROLINA y NARANJO SANDOVAL LISSETH GABRIELA**, para optar por el Título de Ingeniera Civil; cuyo título es: **ELABORACIÓN DE LA BASE DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS PARA EL PROCESAMIENTO CON EL MODELO HYDRACCESS ANTE INUNDACIONES**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 14 días del mes de mayo de 2018

Ing. Jaime Hernán Gutiérrez Padilla MSc
DOCENTE- TUTOR
CC: 0500951827

DEDICATORIA

A mi padre Vinicio Aguilar, por ser el apoyo incondicional, por todo el amor, sacrificio, dedicación y paciencia con lo cual he logrado mi formación personal y profesional.

A mi madre Elvia Aza, por todo su amor y cariño con el cual hizo posible cada paso dado, por sus cuidados, su entrega y consideración diaria, por sus enseñanzas de que todo en la vida se logra con esfuerzo y humildad.

A mi hermana Gabriela, quien ha sido mi mejor ejemplo, por estar siempre presente, por sus palabras de aliento y superación en los momentos oportunos.

Jessica C. Aguilar Aza

DEDICATORIA

A mi madre Leito, principio de mi existencia que con su amor y cariño alcanzo sus anhelos de forjarme en el camino del bien, ha sido el pilar fundamental para llegar al lugar en donde ahora estoy, por su dedicación y sacrificio entregado como madre y amiga. Por alentarme a encontrar mi propio camino y estar siempre a mi lado, madre eres tú mi amor más grande, mi orgullo más inmenso y la mujer de mi vida.

A mi padre Luisito, quien a pesar de todos los malos momentos ha estado conmigo, apoyándome en mi formación profesional y personal, por ayudarme a convertir en un mejor ser humano sacando a flote mis cualidades y atenúen mis defectos, con su esfuerzo me ha brindado todo lo necesario para alcanzar un objetivo más en mi vida, padre aunque nos separan miles de kilómetros, siempre te tengo a mi lado y te llevo conmigo en mis pensamientos.

A mis hermanas Mayra, Tatiana y Paola por ser mis mejores amigas y estar presentes en todo momento, que cuando no tenía a quien acudir, sabía que podía contar con ustedes, por ser mis compañeras, mis profesoras, mis abogadas, mis defensoras, mis cómplices e incluso mis psiquiatras, por su aliento a que siga adelante y sobre todo por cuidar de mí, tenerlas como hermanas es el mejor regalo que la vida me ha dado.

A mis sobrinos Indira, Luis y Raquel por enseñarme lo divertida que es la vida porque juntos nos reímos y hacen que vuelva en el tiempo para sentir lo que es ser un niño, por ser mis mejores compañeros de aventuras y también locuras. Soy muy afortunada de tenerlos, mis pequeños.

A mi novio Rubén, por su paciencia y apoyo en mi proceso de formación profesional, me ha enseñado que la vida tiene muchas cosas bellas y otras no tan bellas, porque cada virtud y cada defecto combinado te hacen un ser especial.

Lisbeth G. Naranjo Sandoval

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme su bendición y sabiduría para poder culminar con una de las metas propuestas.

A la Universidad Central del Ecuador particularmente a la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática que ha sido la base de mi formación profesional, en la cual he conocido a las personas indicadas que han contribuido en este logro.

A todos los docentes de la carrera por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales, con una mención especial al Ing. Jaime Gutiérrez quien siempre mostró apoyo e interés en el desarrollo y culminación del presente trabajo de titulación.

Al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y a sus funcionarios quienes muy amablemente siempre estuvieron pendientes en la colaboración de nuestro estudio de manera especial al Ing. Rodrigo Pombosa e Ing. Wilmer Guachamín ya que su ayuda fue muy importante para el progreso del presente.

A Lisseth, mi amiga de tesis, de quien tuve todo el apoyo, con quien hemos compartido experiencias que fortalecieron nuestra amistad y junto con su esfuerzo y dedicación hemos alcanzado con éxito este logro.

A todos mis amigos que a lo largo de la carrera estuvieron junto a mí compartiendo momentos únicos, por su tiempo y apoyo en todo momento.

Jessica C. Aguilar Aza

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme con la vida, la salud y las personas indicadas para conseguir una meta más en mi vida. Te agradezco Dios por la sabiduría que me diste, por la tenacidad de buscar siempre lo mejor y poder lograrlo.

A la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática de la Universidad Central del Ecuador la cual llevo en el corazón siempre, que me dio todo y abrió sus puertas del conocimiento, a la cual con mucho orgullo, amor y respeto representaré.

A todos mis profesores de la carrera por sus conocimientos, consejos, confianza y formación en especial al Ing. Jaime Gutiérrez quien siempre nos apoyó en el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Rodrigo Pombosa quien fue la pieza clave en la realización de este trabajo.

Ing. Wilmer Guachamín y a los funcionarios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) que siempre estuvieron prestos a colaborar con lo necesario para el correcto desarrollo de este proyecto.

A mi amiga de tesis y futura colega, Jessy quien con gran esfuerzo y dedicación hizo posible que sacáramos adelante este proyecto, a pesar de las noches sin dormir lo logramos amiga.

A cada uno de mis grandes amigos que estuvieron a lo largo de mi carrera profesional, muchas gracias por su valioso tiempo, sus bromas, sus consejos y su apoyo incondicional.

Lisseth G. Naranjo Sandoval

CONTENIDO

DERECHOS DE AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
CONTENIDO	viii
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE GRÁFICAS	xix
LISTA DE ECUACIONES.....	xx
LISTA DE ANEXOS.....	xxi
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES.	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Objetivos.	5
1.5.1 Objetivo general.	5
1.5.2 Objetivos específicos.	5
1.6 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II	6
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1 Cuenca hidrográfica.	6

2.1.1 Partes de una cuenca.	6
2.1.1.1 Altitud.....	7
2.1.1.2 Topografía.	7
2.1.2 División de una cuenca.	8
2.2 Base de información hidrometeorológica.	9
2.2.1 Indicadores hidrometeorológicos.	10
2.2.2 Tipos de indicadores hidrometeorológicos.	10
2.2.2.1 Estación hidrológica.	10
2.2.2.2 Estación meteorológica.	11
2.3 Software hydraccess.....	12
2.3.1 Datos manejados por hydraccess.	13
2.3.2 Procesamientos en hydraccess.....	14
2.3.2.1 Funciones básicas	14
2.3.2.2 Funciones avanzadas	15
2.3.2.3 Utilitarios.....	16
2.4 Métodos de estimación y relleno de datos.	16
2.4.1 Método de estimación mediante sustitución por el promedio.....	17
2.4.2 Método de valores circundantes o en cruz.	17
2.4.3 Método de regresión lineal simple.	17
2.4.3.1 Recta de regresión.	18
2.4.4 Método por regresiones múltiples.....	19
2.4.5 Método de la razón Normal.....	19
2.4.6 Método del vector regional MVR.	20
2.4.6.1 Métodos utilizados.	22
2.5 Validación de datos.....	23
2.5.1 Método de Prueba de Rachas o de tendencias	24

2.5.1.1	Procedimiento.....	25
2.5.2	Método de curva de doble masa o curva de acumulación.....	26
2.5.2.1	Procedimiento.....	27
2.6	Evento inundación.....	27
2.6.1	Tipos de Inundaciones.....	29
2.6.1.1	Según su origen.	29
2.6.1.2	Según el tiempo de respuesta de la cuenca.....	31
2.6.1.3	Según la atención al impacto de la crecida de los ríos.	32
2.6.2	Factores que influyen en las inundaciones.....	32
2.6.2.1	Pendiente.	32
2.6.2.2	Cobertura vegetal y uso del suelo.....	32
2.6.2.3	Suelos.	33
2.6.2.4	Precipitación.....	33
2.7	Sistema de alerta temprana (SAT).	34
2.7.1	Sistema de alerta temprana ante inundaciones.....	34
2.7.1.1	Sistemas automatizados.....	35
2.7.1.2	Sistemas comunitarios.....	36
2.7.2	Instrumentos utilizados.	36
2.7.3	Funcionamiento de un SAT.	37
2.7.3.1	Lectura y Registro.	37
2.7.3.2	Transmisión de datos.....	38
2.7.3.3	Procesamiento y análisis de datos.	38
2.7.3.4	Evaluación de la situación y definición de la alerta.	39
2.7.3.5	Difusión de la alerta	39
2.7.3.6	Activación del plan de emergencia.....	39
2.7.4	Metodología de implementación.....	40

CAPÍTULO III	41
3. DIAGNÓSTICO O ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS	41
3.1 Introducción.	41
3.2 Información cartográfica base.....	41
3.3 Información hidrometeorológica.....	42
3.4 Estudios Anteriores.	42
3.5 Caracterización general del área de estudio.	43
3.5.1 Ubicación del área de estudio.	44
3.5.1.1 Límites.....	44
3.5.2 División política – administrativa.	45
3.5.2.1 Subcuenca del río Daule.....	47
3.5.2.2 Subcuenca del río Babahoyo.	47
3.5.2.3 Subcuenca del río Yaguachi.	47
3.5.2.4 Subcuenca del río Vinces.	47
3.5.3 Hidrología.	48
3.5.4 Clima.....	51
3.5.4.1 Clima ecuatorial de alta montaña.	51
3.5.4.2 Clima ecuatorial mesotérmico seco.....	52
3.5.4.3 Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo.	52
3.5.4.4 Tropical megatérmico húmedo.....	52
3.5.4.5 Tropical megatérmico seco a semi-húmedo.....	52
3.5.5 Geología.	54
3.5.5.1 Depósitos aluviales.....	55
3.5.5.2 Depósitos coluviales.....	55
3.5.5.3 Depósitos coluvio-aluviales.	55

3.5.5.4 Formación Pichilingue (Terrazas Indiferenciadas – Pleistoceno).....	56
3.5.5.5 Formación Balzar (PlioB).....	56
3.5.5.6 Formación Borbón (PlioBb) (Stainforth, 1948).	56
3.5.5.7 Formación Onzole (MioOz) (Stainforth, 1948).	56
3.5.5.8 Formación Cayo (K3y) (Olsson, 1942).....	56
3.5.5.9 Formación Piñón (K3P) (Landes en Tschopp, 1948).....	57
3.5.5.10 Unidad Macuchi: (PalEocM) (BGS - CODIGEM, 1993). ...	57
3.5.6 Relieve.....	58
3.5.7 Suelos.	60
3.5.7.1 Taxonomía.....	61
3.5.8 Vegetación.....	64
3.5.9 Uso del suelo.	66
3.6 Caracterización física.	68
3.6.1 Área de drenaje.	68
3.6.2 Perímetro.	69
3.6.3 Coeficientes de forma.	69
3.6.3.1 Índice de gravelius o coeficiente de compacidad (Kc).....	69
3.6.3.2 Coeficiente de forma (Kf).	70
3.6.4 Sistemas de drenaje.	72
3.6.4.1 Orden de las corrientes de agua.....	72
3.6.4.2 Densidad de drenaje.	72
3.6.4.3 Extensión media de la escorrentía superficial.	73
3.6.4.4 Sinuosidad de las corrientes de agua.	73
3.6.5 Longitud.	73
3.6.5.1 Longitud del cauce principal (L).	73

3.6.5.2	Longitud total de los cauces.	74
3.6.6	Relieve.....	74
3.6.6.1	Curva hipsométrica.....	76
3.6.6.2	Cota media de la cuenca.	79
3.6.6.3	Pendiente media de la cuenca (lp).	80
3.6.6.4	Pendiente del río principal.....	80
3.6.6.5	Tiempo de concentración.	81
3.6.6.6	Rectángulo equivalente.	83
CAPÍTULO IV		86
4.	ANÁLISIS Y RELLENO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.....	86
4.1	Introducción.	86
4.2	Datos hidrológicos.	87
4.2.1	Identificación de Estaciones Hidrológicas.....	87
4.2.2	Estaciones hidrológicas para caudales.	89
4.3	Datos Meteorológicos.	90
4.3.1	Identificación de las estaciones meteorológicas.	90
4.3.2	Estaciones meteorológicas para precipitación.	95
4.3.3	Estaciones meteorológicas para temperatura.	98
4.3.4	Estaciones meteorológicas para evaporación.....	99
4.4	Elaboración de la base de información.	100
4.4.1	Ingreso de estaciones al software hydraccess.	101
4.4.2	Tabla de los captores.....	101
4.4.3	Inventario de datos.	101
4.4.3.1	Parámetros del inventario.....	102
4.5	Relleno de datos meteorológicos.	103

4.5.1 Método 1: Promedio de datos diarios.	106
4.5.2 Método 2: Valores Circundantes o en cruz.	112
4.5.3 Método 3: Regresión Lineal Simple.	114
4.5.4 Método 4: Regresión lineal múltiple.	119
4.5.5 Método 5: Vector regional.	128
4.6 Validación de datos.	134
4.6.1 Prueba de rachas.	135
4.6.1.1 Procedimiento.	135
CAPÍTULO V	141
5. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN Y CAUDALES DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS	141
5.1 Introducción.	141
5.2 Precipitación.	144
5.2.1 Distribución temporal de precipitación.	144
5.3 Caudal Medio.	155
5.3.1 Distribución temporal de caudal.	155
CAPÍTULO VI.	161
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	161
6.1 CONCLUSIONES	161
6.2 RECOMENDACIONES	163
BIBLIOGRAFÍA	165
ANEXOS	169

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Tipos de estaciones meteorológicas.....	12
Tabla 2.2: Distribución del número de rachas según Thom.....	26
Tabla 3.1: Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas	41
Tabla 3.2: Áreas de las subcuencas en relación al área total de la cuenca del río Guayas.....	46
Tabla 3.3: Distribución de las subcuencas - porcentaje de aportación y drenaje – caudales mínimos y máximos de la cuenca del Guayas.....	50
Tabla 3.4: Detalle de los tipos de clima en la cuenca del Río Guayas.....	54
Tabla 3.5: Tipos de relieve en la cuenca del río Guayas.....	59
Tabla 3.6: Formaciones vegetales en la cuenca del río Guayas	66
Tabla 3.7: Uso del suelo - Principales cultivos de la cuenca del Guayas	67
Tabla 3.8: Clasificación del coeficiente de gravelius.....	70
Tabla 3.9: Clasificación Morfométrica del relieve	76
Tabla 3.10: Tabla para elaborar la curva hipsométrica de la cuenca del río Guayas	78
Tabla 3.11: Características físicas y morfológicas de la cuenca del río Guayas...	84
Tabla 4.1: Estaciones hidrológicas de la cuenca del río Guayas.....	88
Tabla 4.2: Estaciones hidrológicas por grupos	89
Tabla 4.3: Estaciones meteorológicas de la cuenca del río Guayas	91
Tabla 4.4: Estaciones meteorológicas por provincias para precipitación	96
Tabla 4.5: Estaciones meteorológicas distribuidas por clima para temperatura ...	98
Tabla 4.6: Estaciones meteorológicas distribuidas por clima para evaporación.	100
Tabla 4.7: Captores	101
Tabla 4.8: Datos - Captor	103
Tabla 4.9: Datos originales de precipitación media mensual – Estación Meteorológica Guale M0589	104
Tabla 4.10: Precipitación media mensual corregida – Método 1: Promedio de datos diarios - Estación Meteorológica Guale – M0589	110

Tabla 4.11: Precipitación media mensual corregida – Método 2: Valores circundantes o en cruz - Estación Meteorológica Guale – M0589	112
Tabla 4.12: Regresión lineal simple – Estación meteorológica Guale M0589...	115
Tabla 4.13: Regresión lineal simple – Estaciones: Guale M0589 – 24 de mayo M0447	115
Tabla 4.14: Precipitación media mensual corregida – Método 3: Regresión lineal simple - Estación Meteorológica Guale – M0589 y 24 de mayo M0447	117
Tabla 4.15: Coeficientes de correlación múltiple	125
Tabla 4.16: Estimación de correlación múltiple para la estación M0589-Guale	125
Tabla 4.17: Precipitación media mensual corregida – Método 4: Regresión lineal múltiple - Estación Meteorológica Guale – M0589	126
Tabla 4.18: Prueba de rachas o secuencias. Precipitación media mensual – Estación meteorológica Guale- M0589	137
Tabla 4.19: Distribución del número de rachas según Thom.....	138
Tabla 5.1: Pisos Bioclimáticos.....	141
Tabla 5.2 Estaciones meteorológicas en función de los pisos Bioclimáticos	143
Tabla 5.3: Cálculo de la precipitación media mensual – Estación meteorológica M0589 Guale.....	145
Tabla 5.4: Resumen – Estaciones Meteorológicas – Precipitación media mensual – Zona Baja	148
Tabla 5.5: Resumen – Estaciones Meteorológicas – Precipitación media mensual – Zona media.....	151
Tabla 5.6: Resumen – Estaciones Meteorológicas – Precipitación media mensual – Zona alta.....	153
Tabla 5.7: Estaciones meteorológicas en función de los pisos Bioclimáticos	157
Tabla 5.8: Resumen – Estaciones Hidrológicas – Caudal medio mensual	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Partes de una cuenca hidrográfica	6
Figura 2.2: División de una cuenca hidrográfica	8
Figura 2.3: Menú principal hydraccess	13
Figura 2.4: Método de valores circundantes o en cruz.....	17
Figura 2.5: Recta de regresión lineal.....	18
Figura 2.6: Proceso y formación de las inundaciones.....	28
Figura 2.7: Inundación pluvial (Manabí-Ecuador)	29
Figura 2.8: Inundación fluvial (Río Damas - Sto. Domingo de los Tsáchilas).....	30
Figura 2.9: Inundación costera (Salinas-Ecuador)	30
Figura 2.10: Inundación por falla de infraestructura hidráulica (Presa Oroville-California)	31
Figura 2.11: Funcionamiento de un SAT	37
Figura 2.12: Lectura y Registro SAT	38
Figura 3.1: Ubicación de la cuenca del río Guayas.....	44
Figura 3.2: Mapa de división política de la cuenca del río Guayas	46
Figura 3.3: Mapa de subcuencas del río Guayas.....	48
Figura 3.4: Sistema hídrico de la cuenca del río Guayas	49
Figura 3.5: Mapa de tipos de clima de la cuenca del río Guayas.....	53
Figura 3.6: Mapa de formaciones geológicas de la cuenca del río Guayas	58
Figura 3.7: Mapa de relieve de la cuenca del río Guayas.	59
Figura 3.8: Porcentajes de los tipos de suelo de la cuenca del río Guayas	62
Figura 3.9: Mapa de taxonomía de la cuenca del río Guayas	64
Figura 3.10: Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Guayas.....	65
Figura 3.11: Mapa de uso del suelo de la cuenca del río Guayas	67
Figura 3.12: Área de drenaje de la cuenca del río Guayas.....	68
Figura 3.13: Mapa de pendientes de la cuenca del río Guayas.	75
Figura 3.14: Tipos de curva hipsométrica.....	77
Figura 4.1: Mapa de estaciones hidrológicas de la cuenca del Guayas	87
Figura 4.2: Mapa de estaciones meteorológicas de la cuenca del Guayas.....	91
Figura 4.3: Método 1: Promedio de datos diarios	106

Figura 4.4: Menú principal hydracces.....	107
Figura 4.5: Cálculo del valor faltante – lluvias mensuales	108
Figura 4.6: Relleno de datos	109
Figura 4.7: Menú principal de hydraccess	120
Figura 4.8: Selección de estaciones meteorológicas del grupo de Manabí.....	120
Figura 4.9: Hydraccess Interfaz Cormul – Estructura del archivo.....	121
Figura 4.10: Variables dependiente e independientes.....	122
Figura 4.11: Análisis de regresión múltiple	122
Figura 4.12: Gráfico de edición de puntos	123
Figura 4.13: Análisis de regresión múltiple – coeficientes	123
Figura 4.14: Generación de archivo de correlación múltiple.....	124
Figura 4.15 Menú principal de hydraccess	128
Figura 4.16: MVR – Parámetros del procesamiento.....	129
Figura 4.17: Correlación de vector regional (HA_Vector)	130
Figura 4.18: Menú principal hydraccess – edición mensual- método vector regional	130
Figura 4.19: Método vector regional estación M0589 - Guale	131
Figura 4.20: Precipitación media mensual corregida – Método 5: Vector Regional - Estación Meteorológica Guale – M0589	132
Figura 4.21: Historial El Niño – La Niña.....	139
Figura 5.1: Ubicación de estaciones meteorológicas en la cuenca del río Guayas en función de los pisos Bioclimáticos.....	142
Figura 5.2: Ubicación de estaciones hidrológicas en la cuenca del río Guayas en función de los pisos Bioclimáticos.....	156

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1: Curva hipsométrica de la cuenca del río Guayas.	78
Gráfica 3.2: Curva hipsométrica y cota media de la cuenca del río Guayas.....	80
Gráfica 4.1: Regresión lineal simple – Estaciones Guale M0589 – 24 de mayo M0447	114
Gráfica 5.1: Distribución temporal de precipitación dentro de la cuenca del río Guayas para la zona baja.....	150
Gráfica 5.2: Distribución temporal de precipitación dentro de la cuenca del río Guayas para la zona media.....	152
Gráfica 5.3: Distribución temporal de precipitación dentro de la cuenca del río Guayas para la zona alta.....	154
Gráfica 5.4: Distribución temporal de caudal dentro de la cuenca del río Guayas para la zona baja.....	159
Gráfica 5.5: Distribución temporal de caudal dentro de la cuenca del río Guayas para la zona media.....	159
Gráfica 5.6: Distribución temporal de caudal dentro de la cuenca del río Guayas para la zona alta.....	160

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 2.1: Valores Circundante o en Cruz	17
Ecuación 2.2: Coeficiente de correlación.....	19
Ecuación 2.3: Regresión lineal múltiple	19
Ecuación 2.4: Razón normal	20
Ecuación 2.5: Vector regional.....	20
Ecuación 2.6: Función de probabilidad R, cuando R es impar	25
Ecuación 2.7: Función de probabilidad de R, cuando R es par.....	25
Ecuación 2.8: Curva de doble masa cuando no existe homogeneidad.....	27
Ecuación 3.1: Índice de gravelius o coeficiente de compacidad.....	69
Ecuación 3.2: Coeficiente de forma	70
Ecuación 3.3: Ancho medio	70
Ecuación 3.4: Coeficiente de forma	71
Ecuación 3.5: Densidad de drenaje	72
Ecuación 3.6: Extensión media de la esorrentía superficial	73
Ecuación 3.7: Sinuosidad de las corrientes de agua.....	73
Ecuación 3.8: Cota media de la cuenca.....	79
Ecuación 3.9: Pendiente del río principal	81
Ecuación 3.10: Tiempo de concentración según Kirpich.....	81
Ecuación 3.11: Tiempo de concentración – California Culverts Practice 1942 ...	82
Ecuación 3.12: Tiempo de concentración – Pérez	82
Ecuación 3.13: Tiempo de concentración – Témez (1991).....	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Anuarios de estaciones hidrometeorológicas proporcionadas por el INAMHI, para la elaboración de la base de información de la cuenca del río Guayas.	169
Anexo 2: Base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas rellena mediante todos los métodos.	169
Anexo 3: Método de regresión lineal simple para la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas.	169
Anexo 4: Resumen de datos hidrometeorológicos rellenos mediante todos los métodos, para la elaboración de la información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas.	169
Anexo 5: Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas.	169
Anexo 6: Base de información hidrometeorológica de la cuenca del Guayas procesada mediante el software hydraccess	169
Anexo 7: Validación de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas	169

TÍTULO: Elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas para el procesamiento con el modelo hydraccess ante inundaciones.

Autoras: Jessica Carolina Aguilar Aza
Lisbeth Gabriela Naranjo Sandoval

Tutor: Ing. Jaime Hernán Gutiérrez Padilla MSc.

RESUMEN

Los fenómenos meteorológicos adversos suscitados a lo largo de la historia en la cuenca del río Guayas han afectado a nivel nacional tanto a su población como a su economía debido a que representa el sistema fluvial más grande del país, para comprender las variables hidrometeorológicas suscitadas en la cuenca, es necesario tener una base de información que nos permita estimar su comportamiento, sin embargo, debido a que existen datos que no han sido registrados, por la inobservancia, negligencia, errores involuntarios o por ausencia de instrumentación durante un tiempo determinado, estos datos requieren ser completados mediante distintos métodos estadísticos y el procesamiento de los mismos en el software hydraccess se pretende elaborar la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas que sirva de punto de partida cualitativo y cuantitativo para estudios e investigaciones afines, partiendo de la caracterización de la cuenca para su diagnóstico, mediante información cartográfica.

PALABRAS CLAVE: CUENCA RÍO GUAYAS/ BASE
HIDROMETEOROLÓGICA/ HYDRACCESS

TITLE: Preparation of the hydro meteorological database of the Guayas river basin for processing with the hydraccess model for floods.

Authors: Jessica Carolina Aguilar Aza
Lisbeth Gabriela Naranjo Sandoval

Tutor: Jaime Hernán Gutiérrez Padilla MSc.

ABSTRACT

The adverse meteorological phenomena that have arisen throughout history in the Guayas river basin have affected both its population and its economy at the national level because it represents the largest fluvial system in the country. To understand the hydro meteorological variables raised in the basin, it is necessary to have a base of information that allows estimating its behavior; however, because there are data that have not been recorded, due to non-observance, negligence, involuntary errors or lack of instrumentation during a certain time, these data require to be completed by means of different statistical methods and the processing of them in the hydraccess software is intended to elaborate the base of hydro meteorological information of the Guayas river basin that serves as qualitative and quantitative starting point for studies and related researches, starting from the characterization of the basin for diagnosis, through cartographic information.

KEYWORDS: GUAYAS RIVER BASIN / HYDROMETEOROLOGICAL / INFORMATION / HYDRACCESS.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.

1.1 Antecedentes.

El Ecuador presenta un clima muy variado, así como su orografía e hidrología que favorece a la aparición de fenómenos meteorológicos.

Los fenómenos meteorológicos adversos que se presentan en el país y que afectan a la población y a la economía son: la presencia de heladas en épocas secas y granizo en verano, lo cual implica daño y deterioro significativo en la agricultura, principalmente en las regiones frutícolas; Lluvias abundantes y con ellas inundaciones significativas que llegan a provocar graves deslizamientos de tierra, generando consecuencias negativas como: pérdidas humanas, infraestructura, daño en las carreteras, en los cultivos, entre otros.

Este último fenómeno ha afectado principalmente a la zona costera, los desastres naturales de origen hidrometeorológico son condicionados por la influencia del fenómeno de El Niño.

La cuenca hidrográfica del río Guayas se conforma por los ríos: Babahoyo, Daule, Vinces y Yaguachi, por situarse en la principal región ganadera y agrícola del Ecuador, en ella se encuentra la mayoría de población nacional y comprende también una gran parte de la red hídrica de la costa noroeste de América del Sur. (ESPOL, 2000)

Los inviernos de 1982 y 1997 (Fenómeno el Niño) destruyeron la red vial de la costa, muchas vías que atraviesan la cuenca obstruyeron el drenaje natural, convirtiéndose en diques de contención de las aguas y presentando socavaciones de importancia.

Las inundaciones producidas por las causas señaladas, constituyeron amenazas para los centros poblados más importantes, como fue el caso de Chone y Bahía de Caráquez, así como para los sistemas de cultivos intensivos que allí se desarrollan. Durante el Niño 1997-98 esto se acentuó, debido a los niveles extraordinarios del caudal del río (seis veces más de lo esperado para períodos de retorno de 100 años), lo que se revirtió en una amenaza tanto para la capital de la provincia que se ubica a lo largo de su cauce (Portoviejo), como para la densa población rural de esa área. Adicionalmente, fueron destacadas situaciones de deslaves y hundimientos de consideración, propiciados por otra característica del sector que es la de estar sujeta a la influencia de veranos prolongados e inviernos cortos con lluvias de gran intensidad. (CAF, 2000)

A partir del año 2001, se presenta un desfase en el inicio de la época lluviosa, condición que genera graves problemas a los agricultores, a la actividad agropecuaria y otros sectores de la producción, sumado a esto una perceptible irregularidad en la distribución de la precipitación en el mencionado periodo. Se tiene como registro en cuanto a las intensidades de lluvia que se han incrementado, en la ciudad de Guayaquil en el mes de enero, en 24 horas se ha presentado un valor de precipitación equivalente al 77% del total registrado en todo el mes, así como en el mes de marzo de 2002, el día 19, se tiene 102 mm, en 24 horas, lo que significa que en menos días con precipitación se registra un valor igual o superior al esperado durante el mes, con las correspondientes complicaciones que genera esta mala distribución de la precipitación, destacándose inundaciones y deslaves.

La cuenca hidrográfica del Río Guayas desemboca en el Océano Pacífico; abarca ciudades principales como Babahoyo, Guayaquil y Milagro donde la población ha sido afectada periódicamente por el desborde de las aguas del río. Las consecuencias se agravan cuando se hace presente el fenómeno el Niño, período en el que se incrementa tanto la cantidad como la intensidad de las precipitaciones.

1.2 Planteamiento del problema.

Una cuenca hidrográfica es el territorio natural demarcado o limitado generalmente por puntos altos o de cotas máximas, desde donde fluye las aguas naturales y superficiales hasta las zonas más bajas, es decir, se compone de un sistema hidrológico determinado por una divisoria de aguas, en donde el componente fundamental es el agua, elemento vital tanto de la vida como de su desarrollo en las diferentes actividades, de la cual si no se tiene la respectiva intervención y el suficiente control puede generar agresiones predominantes que actúan sobre los procesos geomorfológicos en forma de inundaciones, motivo por el cual es necesario conocer el comportamiento de esta área geográfica.

Para comprender y percibir las agresiones causadas principalmente por inundaciones originadas por el desbordamiento de los ríos que conforman la cuenca del Guayas, junto con el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) se pretende elaborar la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas mediante el procesamiento de datos con el software hydraccess, la cual sirva de punto de partida para el estudio de incidentes hidrometeorológicos extremos que pueden suscitarse en la cuenca del río Guayas y mediante ello se pueda emitir a futuro criterios que permitan definir los sitios de implementación de estaciones automáticas para monitorear las condiciones climáticas de dicha cuenca y pronosticar las amenazas por inundación de tal manera que se pueda implementar un sistema de alerta temprana como medida preventiva.

1.3 Justificación.

La elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas mediante el procesamiento de datos con el software hydraccess ante inundaciones es de gran importancia ya que dicha cuenca representa el sistema fluvial más grande de la costa, es considerada como una zona de prioridad debido a los fenómenos hidrometeorológicos presentados a lo largo de la historia, razón por la cual se hace indispensable elaborar una base de información mensual que refleje un registro completo de los datos hidrometeorológicos más importantes

como son: precipitación, temperatura, evaporación y caudales medios. La falta de datos tiene gran importancia decisiva en unos factores más que en otros, la carencia de datos resulta ser muy cuestionable al momento de tomar decisiones, no es lo mismo no tener registros de un evento extremo que el de un día en donde no se produjo precipitación. Cada estación hidrológica o meteorológica debe disponer de un registro completo en un orden cronológico prescrito de tal manera que sirvan de sustento, respaldo y continuidad para futuros proyectos.

Debido a la disposición morfológica de la cuenca y los procesos antropogénicos junto con el insuficiente drenaje de los suelos y el desbordamiento de los ríos ocasionado por la pérdida de su cauce natural, la presencia de inundaciones en esta zona es evidente, generando grandes pérdidas materiales e inclusive vidas humanas.

Por las razones expuestas es necesario caracterizar la cuenca con el fin de conocer el comportamiento hidrometeorológico, de tal manera que se permita un monitoreo de las condiciones climáticas de la cuenca hidrográfica, haciendo posible pronosticar su proceder y las potenciales amenazas a causa de inundaciones, en base a la información recopilada, rellenada y disponible de registros históricos con el objetivo de diagnosticar el problema central.

1.4 Alcance.

La presente investigación pretende elaborar la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas, mediante la selección de registros hidrometeorológicos y su posterior procesamiento con el empleo del software hydracces, el cual procesa datos hidrometeorológicos, la información cartográfica e hidrometeorológica de la cuenca, permitirá establecer criterios en cuanto a su comportamiento, toda la investigación se clasificará mediante una zonificación de la cuenca, la información hidrometeorológica obtenida debido a la carencia de datos debe ser rellenada y validada, esta base de información servirá como línea base de la cuenca del río Guayas, la cual es el punto de partida para cualquier estudio relacionado a su hidrología, principalmente para futuros proyectos de interés como

lo es la implementación de un sistema de alerta temprana (SAT) promovido por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general.

- Elaborar la base de información hidrometeorológica para la cuenca hidrográfica del río Guayas mediante el procesamiento con el software hydraccess ante inundaciones.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Seleccionar información cartográfica e hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas.
- Analizar la información cartográfica e hidrometeorológica, mediante la clasificación de áreas potenciales de inundación existentes debido a la presencia de fenómenos hidrometeorológicos.
- Establecer la caracterización física y morfológica de la cuenca hidrográfica del río Guayas mediante información cartográfica.
- Realizar el relleno y validación de datos hidrometeorológicos mensuales de las estaciones seleccionadas mediante métodos estadísticos.

1.6 Hipótesis.

A partir de la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas, se obtendrá parámetros para determinar los riesgos hidrometeorológicos y establecer patrones para el esquema de funcionamiento del sistema de alerta temprana ante inundaciones provenientes del río Guayas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1 Cuenca hidrográfica.

Denominamos cuenca hidrográfica al territorio natural conformado por un sistema hídrico demarcado por una divisoria de aguas, donde se identifican segmentos o porciones con características similares de las cuales su actividad hidrológica es analizada mediante una caracterización.

2.1.1 Partes de una cuenca.

Según el criterio que se utilice las cuencas hidrográficas pueden estar compuestas como se indica en la figura 2.1:

Figura 2.1: Partes de una cuenca hidrográfica



Fuente: Manual de manejo de una cuenca, 2009.

2.1.1.1 Altitud.

En este criterio se toma en cuenta la diferencia de altura, teniendo de esta manera: si el rango de altura es de 0 a 2 500 m.s.n.m se evidencia tres zonas, si el rango es de 0 a 1 000 m.s.n.m probablemente se distinguen dos partes y si la cuenca es relativamente plana la diferenciación de estas zonas será menos probable. (Carrie, 2009)

- **Zona Alta.-** delimitada por puntos altos o de cotas máximas, desde donde fluyen o drenan aguas naturales y superficiales generalmente provenientes de la precipitación local hasta zonas más bajas, la temperatura es menor en relación a las zonas subsiguientes, las operaciones ejecutadas en esta zona influenciarán en las demás.
- **Zona Media.-** también llamada zona de amortiguamiento debido a que en este punto se ejerce presión hacia la parte alta para generar la mayor cantidad de actividades productivas.
- **Zona Baja.-** Es la zona que resiste las acciones y actividades ejecutadas en la zona alta de la cuenca, es conocida también como desembocadura ya que da lugar a la culminación del drenaje, del cual si no se tiene el respectivo control se pueden ocasionar fenómenos como inundaciones o a su vez desbordamientos en los puntos de acumulación como lagos y mares. (Tapia, 2012)

2.1.1.2 Topografía.

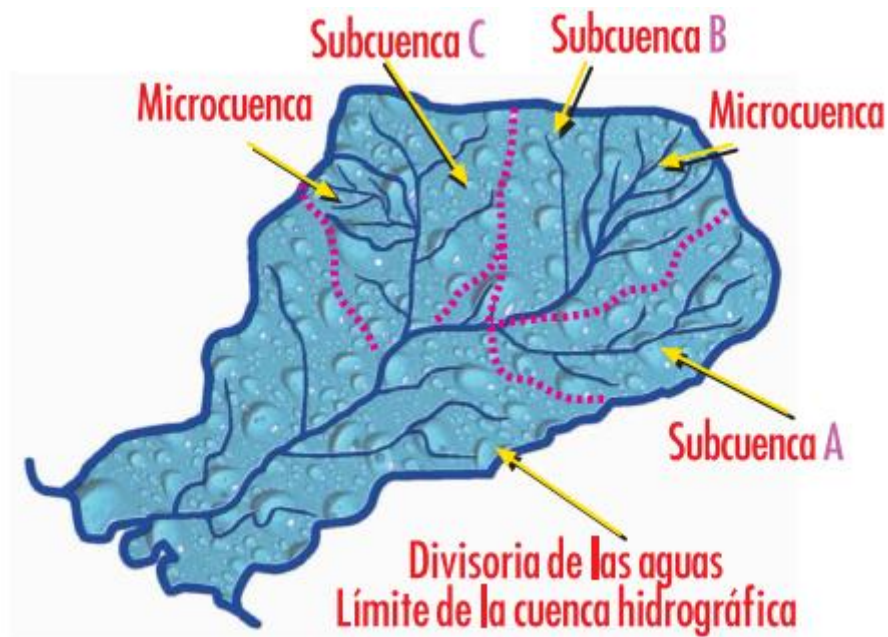
Se refiere al relieve y forma del terreno, pudiéndose diferenciar tres partes: la parte accidentada que da lugar a las laderas y montañas, la parte ondulada-plana que forman los valles, concluyendo con el cauce que es el lugar donde circula el río principal. (Carrie, 2009)

2.1.2 División de una cuenca.

Una cuenca hidrográfica puede ser dividida dependiendo de la importancia del curso principal de su cauce o de su drenaje superficial. Para la división de la cuenca se debe tomar en cuenta el trazo de la red hídrica como se indica en la figura 2.2, delimitando de esta manera los espacios requeridos para el estudio, es así que podemos dividir a la cuenca de la siguiente manera:

A una trayectoria principal se aproxima un cauce secundario, este conforma una subcuenca. Luego a la trayectoria principal de una subcuenca, se ramifica un afluente terciario, este compone una microcuenca, de la misma manera se encuentran las quebradas que son cuerpos hídricos cada vez más pequeños. (Carrie, 2009)

Figura 2.2: División de una cuenca hidrográfica



Fuente: Manual de manejo de cuencas, 2009

Las cuencas hidrográficas deben ser analizadas en su totalidad como unidades de organización y planificación para la administración de los recursos naturales y su clasificación territorial, dado que los recursos hídricos y edáficos no toman en

cuenta las demarcaciones políticas, sino que dependen de la influencia de la producción y protección regional, debido a factores sociales, económicos y en función del grado de deterioro ambiental. (Gaspari et al., 2009)

Las actividades ejecutadas por la población dentro de la zona de influencia de la cuenca, se encuentran en relación directa como un “sistema indivisible e interdependiente”, de la siguiente manera: En la zona alta se tiene una cobertura forestal apropiada, de tal forma que controle la cantidad de agua y sedimento que escurre hacia las zonas media y bajas de la cuenca. Esta acción beneficia a las localidades de la cuenca baja, en cuanto a la calidad y cantidad de agua destinadas a su consumo, del mismo modo la ocurre en el caso de inundaciones y sequías. (López et al., 2009)

2.2 Base de información hidrometeorológica.

Es el punto de partida cuantitativa y cualitativa que nos permite estudiar los fenómenos y eventualidades presentadas a nivel hidrometeorológico, concerniente con las acciones ejecutadas en una cuenca hidrográfica.

En el estudio de las cuencas hidrográficas, los fenómenos y eventualidades se generan a mediano o largo plazo, teniendo en cuenta que el monitoreo de los procesos es fundamental para implantar los ajustes necesarios y validar las actividades realizadas en los distintos mecanismos. (Carrie, 2009)

Mientras que para periodos de 3 ó 4 años (corto plazo), las variaciones suelen ser poco apreciables en magnitud, debido a que no se evidencia un cambio significativo, por lo tanto, lo que se puede conseguir en este lapso de tiempo es:

- Realizar reformas a las distintas estrategias y métodos.
- Sustentar la necesidad de intensificar y fortalecer a determinados componentes.

- Respalda la continuidad del Proyecto en base a indicadores de los primeros años.
- Demostrar los beneficios del Proyecto, la importancia y beneficios de las actividades.
- Proveer criterios e información para la formulación de propuestas de continuidad del Proyecto.
- Lograr la interacción de otros actores e interesados en el Proyecto.
- Permite reconocer el éxito, fracaso o avance del Proyecto.

Los datos e información de la base de información hidrometeorológica pueden ser organizados y manipulados mediante indicadores. (Carrie, 2009)

2.2.1 Indicadores hidrometeorológicos.

El indicador es una expresión resumida y determinada, que muestra un acontecimiento hidrometeorológico que posee un valor determinado en el tiempo. Los indicadores pueden ser cualitativos y cuantitativos, dependiendo de la naturaleza de la eventualidad presentada, estos deben ser medibles y demostrables, depende de estos indicadores para el éxito, fracaso o progreso del proyecto. (Carrie, 2009)

2.2.2 Tipos de indicadores hidrometeorológicos.

2.2.2.1 Estación hidrológica.

El lugar donde se realizan un conjunto de operaciones que permiten determinar y obtener datos sobre el agua de los ríos, lagos o embalses tales como: nivel o caudal circundante en momento y tiempo determinado se denomina estación hidrológica.

Estas estaciones deben ser ubicadas en zonas de fácil acceso donde el lecho del río sea estable, es decir, que no haya erosión, sedimentos o inundaciones, donde el tramo sea lo más recto posible. (INAMHI, 2015)

- **Clasificación.**

La clasificación de una estación hidrológica se basa en función al instrumental e implementación con que cuenta cada una de las estaciones.

- a. **Estación limnimétrica:** es la estación que cuenta con un limnómetro que registra el nivel del río respecto a una referencia fija.
- b. **Estación limnigráfica:** es la estación que consta de un limnómetro y un limnógrafo los cuales registran las variaciones del nivel del agua en la sección de control en forma continua. Generalmente este tipo de estaciones se ubican en los ríos donde las variaciones de caudal son muy rápidas. (INAMHI, 2015)

2.2.2.2 Estación meteorológica.

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar variables meteorológicas como: temperatura, humedad, precipitación, nubosidad, heliofanía, entre otros. Estos datos son utilizados para la elaboración de predicciones meteorológicas y modelación para diferentes estudios. Las estaciones meteorológicas se instauran en la superficie de la tierra o el mar y deben estar ubicadas en un lugar representativo del sector de tal manera que garantice una cobertura meteorológica adecuada. (INAMHI, Anuarios Meteorológicos, 2014)

En la tabla 2.1 se da a conocer los tipos de estaciones meteorológicas existentes en todo el país, establecidas con la finalidad de facilitar la comprensión del inventario de las mismas.

Tabla 2.1: Tipos de estaciones meteorológicas

CÓDIGO	TIPO
AP	Agrometereológica
CP	Climatología Principal
CO	Climatología Ordinaria
CE	Climatología Espacial
AR	Aeronáutica
RS	Radio Sonda
PV	Pluviométrica
PG	Pluviográfica
PC	Plataforma Colectora de Datos
AN	Anemógrafo

Fuente: INAMHI, 2017

Elaborado por: Autores

2.3 Software hydraccess.

Hydraccess es un software sucesor de Hydrom y Pluviom, paquetes informáticos instaurados en los años setenta, utilizados para el procesamiento de datos hidrometeorológicos. El Ingeniero Hidrólogo del IRD (Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo) Philippe Vauchel inspirado en la versión mencionada crea y desarrolla en el año 2000 el software HYDRACCESS el cual hasta la fecha sigue siendo perfeccionado y con el cual busca integrar, adecuar y adaptar a las necesidades de la hidrología.

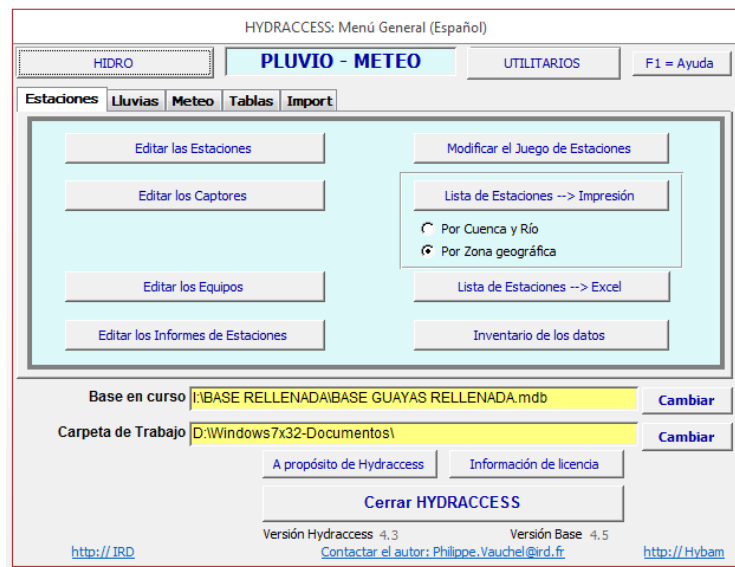
Este paquete informático permite ejecutar determinadas tareas como: importar, guardar, administrar, visualizar y procesar distintos tipos de datos hidrológicos dependiendo de las necesidades hidrológicas requeridas, se basa en el uso de otras herramientas de Microsoft Office como la base de Datos Access y Excel de esta manera se obtiene la automatización en reportes y gráficas que pueden ser interpretadas o comparadas dentro de un periodo de tiempo propicio a la variación de los mismos.

El programa es ideal y de mucha utilidad para investigadores, ingenieros, técnicos e inclusive estudiantes debido a su fácil manejo y comprensión, procesa datos desde microcuencas, en cuyo contenido se encuentran funciones que acceden al estudio de eventos de lluvia – caudal, hasta grandes ríos en los que se puede analizar

intensidades de tormentas, se encuentra disponible en varios idiomas francés, español, inglés portugués y ruso.

En la figura 2.3 se detalla el interfaz principal del software hydraccess, el cual presenta diferentes opciones de indicadores hidrometeorológicos que dependen de los datos que van hacer procesados.

Figura 2.3: Menú principal hydraccess



Fuente: Hydraccess, 2018

Elaborado por: Autores

2.3.1 Datos manejados por hydraccess.

Hydracces maneja los siguientes datos:

- **Estaciones hidrológicas y meteorológicas.**
- **Series Cronológicas.-** cotas, caudales líquidos y sólidos, lluvias, datos de calidad de aguas, datos meteorológicos.
- **Aforos líquidos y sólidos.**
- **Calibraciones.-** curvas de gastos de caudales en función de las cotas, caudales sólidos y MES en función de los caudales líquidos.

Hydraccess importa datos desde otras bases de datos hydraccess, archivos de tipo texto o Excel, que deben estar en un formato adecuado, diagramas que proceden de limnógrafos, pluviógrafos u otros mediante un módulo que permite observar este diagrama, hydraccess permite realizar diferentes correcciones eventuales de nivel o de fecha y así importarlo a la base de datos.

Para los datos de las series cronológicas ya mencionados, son ordenados mediante tablas e incorporados a una estación que representa el lugar de medición junto con un captor que es el nombre que se le da a una serie de mediciones que posee distintas propiedades que definen su descripción, teniendo los siguientes tipos:

- **Captore instantáneos.-** datos ingresados con fecha y hora libres, sin imponer un intervalo de tiempo fijo. Los incrementos de lluvia pueden ser ingresados al segundo y los otros tipos de datos al minuto.
- **Captore diarios.-** ingresados un valor por día.
- **Captore mensuales.-** ingresados un valor por mes.

En cualquier caso, se puede asociar un código a cada valor, teniendo lo siguiente:

- **Código de origen.-** cuando el valor procede de un observador, de un aparato o es reconstituido
- **Código de calidad.-** cuando el valor es dudoso
- **Código de naturaleza.-** para las precipitaciones, lluvia, nieve, granizo entre otros.

2.3.2 Procesamientos en hydracces.

2.3.2.1 Funciones básicas

- Proporcionar funciones gráficas que generan datos y diagramas comparativos en hojas de cálculo Excel.

- Calibración de Cotas – Caudales, mediante los métodos del gradiente limnográfico o el desnivel normal en estaciones no unívocas y su consecuente obtención de diagramas.
- Mediante las calibraciones elaboradas se puede adquirir el procesamiento automático de caudales y caudales sólidos.
- Digitalización e impresión de diagramas sujetos a edición.
- Relleno de datos con distintos intervalos de tiempo fijo desde el minuto hasta el año. En una secuencia de 1 día, 5 días, 10 días, 15 días y el mes.
- Obtención de tablas de anuarios diarios o mensuales
- Recopilación de datos en la base de datos.

2.3.2.2 Funciones avanzadas

- Análisis de las intensidades de las tormentas: lluvias útiles y excedentarias para ciertos umbrales de intensidad, lluvias máximas por intervalo de tiempo, índices de erosividad de Wishmeier, índices de Köhler.
- Estudios de frecuencias: ajuste de leyes de probabilidad a muestras de valores anuales o de valores pasando un cierto umbral.
- Reconstitución de las crecidas entrando en una pequeña represa, conociendo la variación de las cotas de la represa, los caudales evacuados por el vertedero, y la lluvia sobre la represa.
- Separación interactiva de los eventos de lluvia y de caudal, análisis de las tormentas, crecidas y recesiones y producción de gráficos Excel para eventos Lluvia- Caudal.
- Cálculo de valores clasificados y característicos (curvas de duración).
- Lluvias mensuales o anuales aplicadas mediante el método del vector regional de índices pluviométricos.
- Cálculo de la lluvia promedio sobre una cuenca (método de Thiessen o Kriging, que se pueden aplicar a series temporales con cualquier paso de tiempo, que aun contengan valores faltantes).
- Ajuste de curvas de descargas con el módulo CALIBRA, que es una especie de editor gráfico de curvas de descargas.

- Método del vector regional de índices pluviométricos (Y. Brunet Moret, G. Hiez), mediante diferentes módulos de ajustamiento de leyes de probabilidades como DixLois (Y. Brunet Moret), o la digitalización y el tratamiento de intensidades de lluvia. (Vauchel, 2005)

2.3.2.3 Utilitarios

El utilitario “Cormul” permite hacer correlaciones por regresión lineal simple o múltiple con propagación entre datos de dos o más estaciones donde hydraccess permite evaluar la calidad de los datos y rellenar series de datos faltantes de períodos cortos a partir de estaciones cercanas.

El utilitario “Vector Regional” permite realizar análisis de consistencia de los caudales medios anuales y medios mensuales, que analiza la calidad de datos procesados haciendo síntesis de toda la información disponible. (Vauchel, 2005)

2.4 Métodos de estimación y relleno de datos.

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, desde el año 1960 es el encargado de obtener, recopilar y publicar los registros de los datos hidrometeorológicos de las estaciones tanto hidrológicas como meteorológicas situadas en todo el país, existen datos que no han sido registrados, debido a la inobservancia, negligencia, errores involuntarios de los observadores o por ausencia de la instrumentación durante un tiempo determinado, estos datos requieren ser completados, homogenizados y validados a través de distintos métodos estadísticos con los cuales se toman en consideración propiedades físicas de las estaciones en estudio y así conseguir valores coherentes.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la ciencia y la cultura UNESCO-ROSTLAC (1982), establece métodos de completación de datos para la estimación de precipitación de los cuales se menciona los siguientes métodos:

2.4.1 Método de estimación mediante sustitución por el promedio.

En un área determinada se dispone de una estación con registro suficientemente largo y la variable en consideración no presenta fuertes variaciones, el artificio más sencillo consiste en promediar los datos del período y considerar ese promedio como una estimación aproximada del dato faltante. (Guevara, 2003)

2.4.2 Método de valores circundantes o en cruz.

Este método es utilizado cuando en una estación determinada, existe alrededor del dato faltante datos registrados, en forma de cruz como se indica en la figura 2.4.

Figura 2.4: Método de valores circundantes o en cruz

MAY	JUN	JUL	MAY	JUN	JUL
241,900	208,400	27,500			
96,200	12,200	19,900		C	
77,900	22,525	0,000	A	X	B
0,000	0,000	0,000		D	
41,500	0,000	0,000			

Fuente: Autores

En los meses colindantes la información se encuentra completa y existe un mes en el cual no hay registro de valor, éste es calculado mediante el promedio de los valores circundantes o que se encuentran alrededor del dato vacío, como se muestra en la ecuación 2.1, la condicionante de este método es que las series correspondan a un período consecutivo.

Ecuación 2.1: Valores Circundante o en Cruz

$$X = \frac{A+B+C+D}{4}$$

2.4.3 Método de regresión lineal simple.

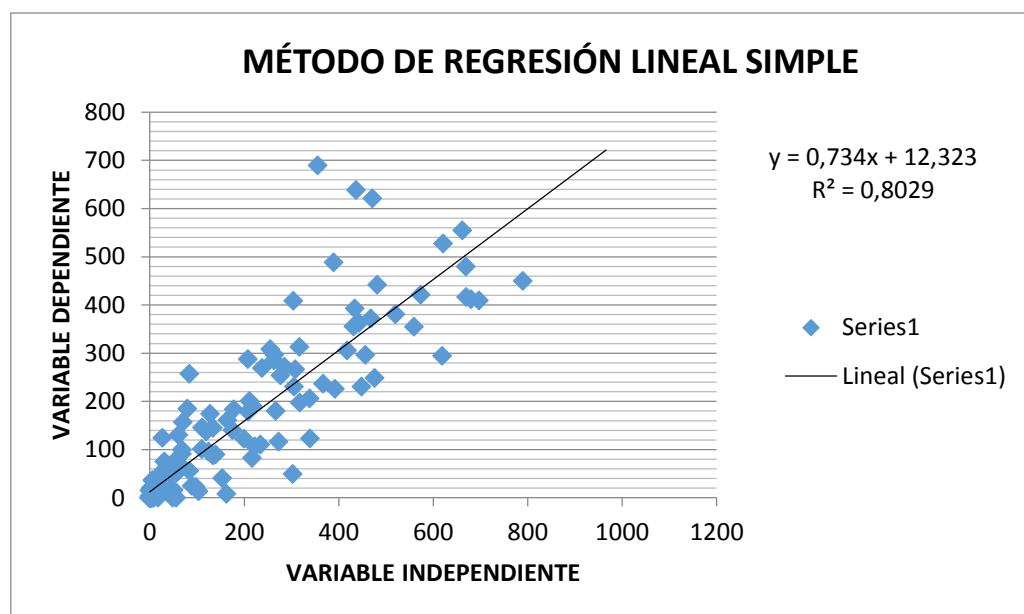
El análisis de regresión permite desarrollar ecuaciones matemáticas de estimación, para representar la relación entre la variable independiente que es la que proporciona datos para el cálculo, denotada con la letra X; y la variable dependiente

que es la que se calcula, denotada por la letra Y, si la ecuación que mejor relaciona las variables mencionadas es una recta, afirmamos que existe correlación lineal, como se indica en la figura 2.5.

2.4.3.1 Recta de regresión.

Se llama recta de regresión a la recta que mejor se ajusta a la nube de puntos y que atraviesa la misma. La suma de las distancias verticales medidas desde cada punto a la recta debe ser mínima y se expresa en una ecuación lineal de tipo “ $y = ax + b$ ”, una vez conocida la ecuación se pueden obtener valor de “y” desconocidos a través de “x” conocidos. Ver figura 2.5.

Figura 2.5: Recta de regresión lineal



Fuente: Autores

Para medir la intensidad y la dirección de esta relación entre dos variables se determina el coeficiente de correlación, conocido también como coeficiente de Pearson y denotado con “r”, el cual puede tomar valores entre -1, 0, +1. El valor cercano a cero indica que no existe ninguna correlación entre variables (Lind et al., 2004)

Ecuación 2.2: Coeficiente de correlación

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Donde:

n: número de observaciones

$\sum X$: suma de los valores de la variable X

$\sum Y$: suma de los valores de la variable Y

$\sum X^2$: suma de los cuadrados de los valores de la variable X

$\sum Y^2$: suma de los cuadrados de los valores de la variable Y

$(\sum X)^2$: cuadrado de la suma de los valores de la variable X

$(\sum Y)^2$: cuadrado de la suma de los valores de la variable Y

$\sum XY$: suma de los productos de X

2.4.4 Método por regresiones múltiples

Es una ampliación del método de regresión simple, permite la obtención de valores a partir de una variable a nivel de intervalo o razón, se recomienda para la estimación de datos mensuales y anuales en base a datos consistentes de una estación o estaciones cercanas, su forma de estimar los datos hidrometeorológicos se basan en la ecuación 2.3 (Luna et al., 2015)

Ecuación 2.3: Regresión lineal múltiple

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + nX_i$$

Donde:

Y: dato a estimar

X_i : datos completos de la estación

a, b, c y n: constantes de regresión

2.4.5 Método de la razón Normal.

El método de la razón normal se fundamenta bajo el principio del método del cociente, emplea la razón de los valores normales de tres estaciones próximas y distribuidas uniformemente alrededor de la estación cuyo dato se desea calcular. El dato a estimar se expresa mediante la ecuación 2.4 (Guevara, 2003)

Ecuación 2.4: Razón normal

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2} \right) P_2 + \dots + \left(\frac{N_x}{N_n} \right) P_n \right]$$

Donde:

n: número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos.

P_x: precipitación de la estación con datos faltantes (x) durante el período de tiempo a completar.

P₁ a P_n: precipitación de las estaciones auxiliares durante el período de tiempo a completar.

N_x: precipitación media anual de la estación (x).

N₁ a N_n: Precipitación media anual de las estaciones auxiliares. (Monsalve, 2009)

2.4.6 Método del vector regional MVR.

Es un método de cálculo que considera tres tareas específicas: la crítica de datos, la homogenización y la extensión-relleno de datos hidrometeorológicos.

El MVR se fundamenta en elaborar una estación ficticia (vector), a partir de un conjunto de la información disponible que represente toda la zona de estudio, que sea una especie de “promedio” bajo el concepto de valor medio extendido, considerando todas las estaciones de la zona, la hipótesis en la que se basa, radica en asumir que para una misma zona climática que se localiza en un determinado sector, los valores totales anuales son pseudo-proporcionales, esta condición expresa que los datos de las diferentes estaciones deben variar en el mismo sentido y proporciones similares, asumiendo una pequeña variación cada año debido a la distribución de lluvias dentro de la zona. Es así que se emplea el método de mínimos cuadrados para encontrar los índices Regionales Anuales “Z_i” y los Valores del Parámetro Medio Extendido “P_j” expresados en la ecuación 2.5.

Ecuación 2.5: Vector regional

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_i} - z_i \right)$$

Donde:

i: índice del año

j: índice de estación

N: número de años

M: número de estaciones

P_{ij}: precipitación anual en la estación j en el año i

P_j: precipitación media extendida al período de N años

Z_i: índice pluviométrico regional del año i

Resulta complicada tal resolución ya que algunos datos de precipitación anual en la estación determinada en el año i (P_{ij}) no han sido reportados debido a factores como inobservancia, negligencia o errores involuntarios y se encuentran inexistentes, pese a ello, es posible mediante el uso de herramientas computacionales como puede ser por desintegración en un sistema (M-1) ecuaciones lineales a (M-1) desconocidas, permite la obtención del “Vector regional de los Índices Anuales”

La serie de los índices cronológicos Z_i se llama “Vector Regional de Índices Anuales” que es la serie de los índices cronológicos Z_i.

El MVR puede ser utilizado para el relleno de datos inexistentes, dependiendo de la exactitud solicitada, entonces se dice que es un método exclusivamente para la crítica de datos. (Brunet et al., 1979)

Hydraccess proporciona el MVR facilitando la información en hojas de cálculo Microsoft Excel. Se establece el comportamiento y la calidad de una estación en función de cuantificadores como:

- a)** (D.E.D) Desviación Standard de los Desvíos, la cual compara la desviación de una estación en relación al vector.
- b)** Correlación entre la estación y el vector, tiene que ver con la ubicación de la estación, es decir, si la zona climática es uniforme o similar, los valores entre sí no tendrán mayor variación, serán cercanos, por el contrario, si la zona climática no se encuentra en las mismas condiciones, los valores presentaran variaciones diferentes al promedio de la zona, lo cual indica que la estación tiene gran probabilidad de tener errores.

Mediante lo expuesto se puede establecer la crítica de datos continuando con un proceso iterativo de cálculo del vector, tomando en cuenta los resultados obtenidos. Al finalizar el proceso de crítica y dependiendo de la precisión solicitada, se logra regiones con similar comportamiento multianual.

El vector regional obtenido de cada estación representa la variación hidrometeorológica multianual convirtiéndose en un indicador de dicha variación, que se asemeja al comportamiento de las estaciones que se encuentran en determinada región.

2.4.6.1 Métodos utilizados.

- **G. Hiez.-** Este método se fundamenta en el valor más frecuente, es decir, en el cálculo de la moda. El método de Hiez considera que el índice más frecuente observado en distintas estaciones es el índice regional de un año, por lo que no es necesario filtrar los datos que se encuentran muy alejados del promedio, debido a que los datos de la moda son poco influenciados por los datos extremos. Entonces, a partir de los valores más frecuentes se calcula la media extendida de una estación con relación las estaciones cercanas y no con el promedio de todos los valores observados.
- **Y. Brunet Moret.-** Este método se fundamenta en el cálculo del promedio extendido y los índices del vector regional por un método de mínimos cuadrados que elimina los valores con mayor dispersión, con el fin de impedir el contagio de las estimaciones con datos que no son correctos. El método de Y. Brunet Moret tiene la consideración que el promedio de los índices de todas las estaciones es el índice regional de un año, a pesar de ello, tiene el cuidado de filtrar los índices de las estaciones que se encuentran demasiado lejanas del promedio ya que el promedio se encuentra afectado por los valores extremos. Asimismo, la media extendida de una estación es calculada a partir de los valores observados, luego de filtrar los valores que se encuentran demasiado lejanos de las estaciones determinadas para un

mismo año. La filtración de estos valores se calcula de forma iterativa, si son valores manifestados durante una iteración son sustituidos por el vector calculado e inicia una nueva iteración con estos nuevos valores, hasta conseguir un Vector Regional con un valor no tan alejado, se toma en cuenta que pese a filtrar los valores muy alejados del promedio, dichos valores tienen cierto predominio sobre el Vector Regional calculado.

Cada método calcula los índices anuales de cada estación mediante la estimación de una media extendida, obtenidos al dividir el valor observado en una estación para un año por ésta media extendida.

Puesto que el método de G. Hiez se fundamenta en la moda, es considerado más adecuado para revelar datos equivocados, mientras que para el método de Y. Brunet Moret como deben ser eliminados todos los datos que no son correctos se le considera un método matemáticamente más valedero cuyo Vector regional es más preciso. (Vauchel, 2005)

La corrección o eliminación de datos incorrectos, cualquiera que sea el método, es una técnica que puede ser empleada para el cálculo del Vector Regional. (Brunet et al., 1979)

2.5 Validación de datos.

Las observaciones de los parámetros hidrometeorológicos tienen la finalidad de elaborar predicciones y avisos de su comportamiento, razón por la cual la disponibilidad de registros que contengan datos continuos e ininterrumpidos es la base fundamental de estudios e investigaciones de gran importancia, debido a ello, el conjunto de datos debe ser homogenizado y validado, para que de esta manera adquieran gran valor en las distintas aplicaciones.

Un método de homogeneización de datos se considera al tomar una estación como referencia, dando un buen resultado cuando su conjunto de datos tiene una cantidad

representativa de valores, es decir, lo suficientemente amplia como para garantizar una buena relación climatológica entre cada estación propuesta y zona aledaña utilizada en donde no haya faltantes de homogeneidad que afecten a las estaciones o valores disponibles.

Para la validación de datos existen diferentes métodos que evalúan los resultados de homogeneización independientemente del método utilizado para su relleno cuya labor requiere de tiempo, pero es necesaria debido a la importancia que representa para obtener confiabilidad de la serie de datos, dentro de estos se mencionan los siguientes:

2.5.1 Método de Prueba de Rachas o de tendencias

Se la conoce como prueba de Wald-Wolfowitz, con dos aplicaciones definidas:

- Detectar la aleatoriedad de una secuencia de valores.
- Comparar la distribución de probabilidad de dos poblaciones.

La idea central de la prueba de rachas es pronosticar el número de veces que cambia el resultado muestral de un posible resultado a otro. Se conoce como rachas a las series del mismo resultado, de esta manera se cuenta el número de rachas, mas no el número de cambios. Tomando en cuenta que no se presenten ni demasiadas ni muy pocas rachas. Se establece también que, si la muestra es tomada de dos poblaciones de igual distribución de probabilidad, la secuencia obtenida debe ser aleatoria.

Siendo R el número de rachas obtenidas y N la longitud de una secuencia se tiene dos resultados posibles: a) obtenido m veces, b) obtenido n veces. Dado por la siguiente probabilidad R . (Alvarado et al., 2008)

Ecuación 2.6: Función de probabilidad R, cuando R es impar

$$P(R=2s+1)=\frac{\left(\frac{m-1}{s-1}\right)*\left(\frac{n-1}{s}\right)+\left(\frac{m-1}{s}\right)*\left(\frac{n-1}{s-1}\right)}{\frac{N}{m}}$$

Ecuación 2.7: Función de probabilidad de R, cuando R es par

$$P(R=2s)=2*\frac{\left(\frac{m-1}{s-1}\right)*\left(\frac{n-1}{s-1}\right)}{\frac{N}{m}}$$

2.5.1.1 Procedimiento.

Cuando los datos muestrales sean cuantitativo se realiza el siguiente procedimiento:

1. Calcula la mediana de la serie de datos: anuales o mensuales.
Mediana. - Es el valor que se repite con una probabilidad del 50%, en estadística representa el valor de la variable de posición central en un conjunto de datos, en hidrología el valor de la mediana, es la medida más útil de la tendencia central dado que no es afectada por valores extremos.
2. Representa por un signo “positivo” (+) los valores mayores a la mediana.
(NA)
3. Representa por un signo “negativo” (-) los valores menores o iguales a la mediana (NB)
4. Contar el número de rachas (NS). Una racha es cada cambio de signo, que se produzca con el literal anterior, es decir, se coloca (1) cuando existe cambio de signo y si se tiene signo igual se coloca (0).
5. Contar el número de valores que están sobre la mediana (NA) y el número de rachas (NS).
6. Comparar los resultados con la tabla 2.2 de distribución del número de rachas según Thom, recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Tabla 2.2: Distribución del número de rachas según Thom.

NA	P 10%	P 90%
10	8	13
11	9	14
12	9	16
13	10	17
14	11	18
15	12	19
16	13	20
17	14	21
18	15	22
19	16	23
20	16	25
25	22	30
30	26	36
35	31	41
40	35	47
45	40	52
50	45	57

Fuente: Castillo & Sentis, 2001

A cada NA le corresponde un número determinado de rachas con una probabilidad de excedencia entre el 10% y el 90% de que sean homogéneas y estos valores dependen del número de elementos que posea la serie.

2.5.2 Método de curva de doble masa o curva de acumulación.

Este método se emplea para verificar la homogeneidad de los datos en una estación hidrometeorológica, comprobando de esta manera si existe alguna irregularidad en la estación durante un tiempo determinado, debido a cambios suscitados en la estación, en los instrumentos u otros factores.

El método de la curva de doble masa consiste en representar de manera gráfica una curva doble acumulativa, que relaciona los valores totales anuales acumulados de precipitación de un lugar determinado y el valor medio total para determinar si la estación es homogénea y por ende sus datos.

2.5.2.1 Procedimiento.

Se selecciona dos estaciones de preferencia que se encuentren en una misma zona, los datos mensuales o anuales de cada una de las estaciones se acumulan en forma sucesiva representándolas de manera gráfica mediante sus pares ordenados, colocando los datos de la estación a ser controlada en el eje de las ordenadas.

Suponiendo que se da el caso ideal, en el que la información a lo largo de un determinado tiempo es correcta, su alineación será perfecta, representando una única tendencia, no siendo así el caso en el que la información es incorrecta, la cual debe ser corregida mediante el factor propio del gráfico.

Cuando la curva de doble masa presenta una pendiente constate, es decir, tiene una tendencia lineal se admite la homogeneidad de la serie, de lo contrario, si presenta varias pendientes deben ser corregidas en el periodo determinado mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 2.8: Curva de doble masa cuando no existe homogeneidad

$$P_{aj} = \left(\frac{M_a}{M_o} \right) P_o$$

Donde:

P_{aj}: observación ajustada a condiciones actuales

P_o: datos observados a corregir

M_a: pendiente de la recta durante el período correcto de toma de datos

M_o: pendiente de la recta en el período de las observaciones P_o.

(Monsalve, 2009)

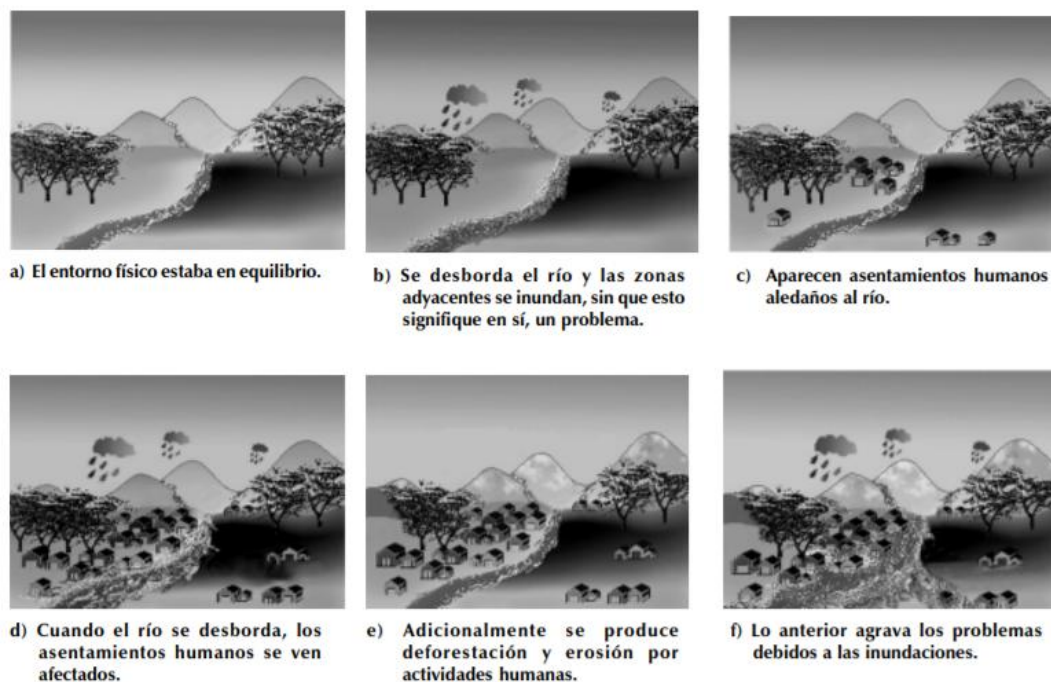
2.6 Evento inundación.

Se conoce como inundación al fenómeno en el que una porción de la superficie terrestre es envuelta temporalmente con agua, debido al aumento significativo del nivel del mismo. Los ríos al presentar dificultad de escurrimiento dan lugar al desbordamiento de las aguas las cuales trasladan el cauce del río. Sin la presencia

del ser humano en la tierra el medio físico conservaba un equilibrio, este equilibrio consistía en que las precipitaciones en las zonas altas de las cuencas descendían por los cauces y bañaban a las zonas bajas, para luego regresar a su estado inicial. (Salas et al., 2004)

Una vez que el hombre empieza a generar asentamientos en zonas adyacentes a los cuerpos de agua, se hacen evidentes los desbordamientos de corrientes trayendo consigo problemas de inundaciones. Además, la degradación del ambiente, transforma la respuesta hidrológica de las cuencas, aumentando la ocurrencia y la magnitud de inundaciones, como se ilustra en la figura 2.6. En la actualidad la formación de este fenómeno (inundación) se debe a las fuertes lluvias que exceden la capacidad de carga de los ríos y la capacidad de absorción del suelo, haciendo que un porcentaje de agua sobresalga e inunde tierras aledañas. (Salas et al., 2004)

Figura 2.6: Proceso y formación de las inundaciones



Fuente: Salas et al., 2004

La complejidad hidrometeorológica, geográfica, ambiental y económica es evidente en el fenómeno de inundación, ya que es considerado como un desastre natural en donde se da un gran número de pérdidas materiales, así como también humanas.

2.6.1 Tipos de Inundaciones.

2.6.1.1 Según su origen.

- **Inundaciones pluviales.** - son el resultado de precipitaciones, su presencia se da cuando el suelo se ha saturado y el agua no tiene un punto de desfogue, por lo que ésta empieza a almacenarse, llegando a permanecer horas incluso días en el mismo lugar. (Salas et al., 2004)

Figura 2.7: Inundación pluvial (Manabí-Ecuador)



Fuente: Anónimo (Fotógrafo). 2017. Sin título. (Fotografía). 05 de Enero de 2018. De: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/04/09/nota/6129310/inundacion-afecto-2000-familias>

- **Inundaciones fluviales.** - se forman a partir del desbordamiento de los ríos, el agua al no tener espacio para circular, queda atrapada en la superficie.

A diferencia de las inundaciones pluviales, en las inundaciones fluviales el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes proviene de las precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca y no necesariamente de lluvia sobre la zona afectada. Cabe mencionar que el volumen que escurre sobre el suelo a través de los cauces, va creciendo con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales más importantes se darán en los ríos con más desarrollo (longitud) o que lleguen hasta las planicies costeras. (Salas et al., 2004)

Figura 2.8: Inundación fluvial (Río Damas - Sto. Domingo de los Tsáchilas)



Fuente: El Comercio (Fotógrafo). 2016. Sin título. (Fotografía). 05 de Enero de 2018. De: <http://www.juiciocrudo.com/articulo/tres-personas-fallecidas-por-el-desbordamiento-del-rio-damas-en-santo-domingo-de-los-tsachilas/5704>

- **Inundaciones costeras.** - son producto del crecimiento del nivel medio del mar, dicho crecimiento es causado por la marea lo que provoca que el agua ingrese a la superficie terrestre y cubra grandes extensiones de terreno. En el Ecuador las mareas u oleajes son causados en su gran mayoría por los vientos, dando lugar a importantes estragos. (Salas et al., 2004)

Figura 2.9: Inundación costera (Salinas-Ecuador)



Fuente: Castañeda, M (Fotógrafo). 2015. Sin título. (Fotografía). 05 de Enero de 2018. De: <http://www.vistazo.com/seccion/pa%C3%ADs/oleaje-tambi%C3%A9n-golpea-salinas-esmeraldas-y-gal%C3%A1pagos>

- **Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica.** - este tipo de inundaciones son poco frecuentes, sin embargo, son las más graves que las ya mencionadas anteriormente, ya que, si la capacidad de las obras destinadas para protección es escasa, la inundación generada por la falla de

estas infraestructuras será mayor que si no existieran, debido a que el volumen de agua almacenado se descargaría de manera abrupta. (Salas et al., 2004)

Figura 2.10: Inundación por falla de infraestructura hidráulica (Presa Oroville-California)



Fuente: Anónimo (Fotógrafo). 2017. Vista aérea de los daños de la presa Oroville, en California. (Fotografía). 05 de Enero de 2018. De: https://elpais.com/internacional/2017/02/13/actualidad/1486970163_671581.html

2.6.1.2 Según el tiempo de respuesta de la cuenca.

- **Inundaciones lentas.** - se produce en suelos planos, donde la lluvia presenta una duración menor a 72 horas y su intensidad supera los 60 mm/h, es decir, su intensidad varía de moderada a fuerte.

Al generarse lluvias intensas capaces de saturar el terreno, es decir, cuando el suelo no puede seguir absorbiendo más agua, el volumen sobrante escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de la cuenca, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de éste, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado. (Salas et al., 2004)

- **Inundaciones súbitas.** - son usuales en terrenos con pendientes altas, con duraciones cortas e intensidades de 180 mm/h (fuertes). Dichas inundaciones son provocadas por precipitaciones que se dan en zonas específicas y son de gran intensidad, ocasionando cambios de vientos suaves a vientos abruptos en un intervalo corto de tiempo generando grandes desastres. (Salas et al., 2004)

2.6.1.3 Según la atención al impacto de la crecida de los ríos.

- **Inundación ordinaria.** - el daño ocasionado por estas inundaciones no es alto, ya que afecta a infraestructuras temporales como son las pasarelas y alteran el ritmo de vida cotidiano, ésta pequeña afectación se produce cuando el caudal del río crece.
- **Inundación extraordinaria.** - son inundaciones muy grandes y específicas, sin embargo, no provocan destrucción total en las infraestructuras, pero sí se ve afectado el desarrollo de la vida diaria, aparecen cuando un río se desborda.
- **Inundación catastrófica.** - generan una destrucción parcial o total de grandes infraestructuras (puentes, edificios), lo que ocasionando a su vez pérdidas humanas y ambientales. (Ragonessi et al., 2010)

2.6.2 Factores que influyen en las inundaciones.

2.6.2.1 Pendiente.

Resulta ser un factor importante en la formación de las inundaciones, ya que, al existir un terreno con una pendiente pronunciada, el agua tendrá más posibilidades de circular, es decir, el terreno será menos propenso a inundarse lo que no sucede en terrenos con pendientes pequeñas, ya que quedan expuestos a inundarse con facilidad al no tener una posible circulación de la corriente.

Los terrenos que se encuentran por debajo de los 160 m.s.n.m son propensos a inundarse producto de fuertes precipitaciones. (Ragonessi et al., 2010)

2.6.2.2 Cobertura vegetal y uso del suelo.

El balance que se da entre el trabajo que realiza el río al acarrear los sedimentos y la carga que recibe, se ve afectado por el cambio en el uso del suelo, debido a que

esto genera un desequilibrio en los sistemas fluviales, al modificar el uso del suelo, la cantidad de agua empieza a producirse en menor o mayor proporción, haciendo que las pendientes o la forma del cauce varíen, por lo que la velocidad del flujo también cambiara. Según el nuevo tipo de vegetación o uso de suelo, las propiedades del terreno disminuirán quedando expuesto a considerables precipitaciones, ya que la tasa de erosión será mayor, creciendo también la escorrentía superficial, lo que da lugar a la formación de inundaciones.

Todo lo expuesto anteriormente se debe a que gran parte de la cobertura vegetal ha sido sustituida por infraestructuras y cultivos sin tomar las medidas necesarias para reducir la escorrentía superficial lo cual incide en las partes bajas de una cuenca hidrográfica. (Ragonessi et al., 2010)

2.6.2.3 Suelos.

El suelo juega un papel fundamental en el fenómeno de las inundaciones, ya que en el transcurso del tiempo no presenta una gran variación, al no tener una notable alteración sin realizar un mayor esfuerzo. Por lo que se considera un factor determinante y estable en el estudio de las inundaciones. En cuanto a la textura se la denomina como la categorización de las partículas según su tamaño y la simetría que poseen los distintos suelos. (Ragonessi et al., 2010)

2.6.2.4 Precipitación.

La precipitación es el factor con mayor importancia para la determinación de inundaciones, debido a que al manifestarse lluvias intensas puede hacer que los ríos se desborden, o en un área sin una pendiente pronunciada el agua se estanque, por lo que es el causante principal de dicho fenómeno. Debido a lo mencionado es indispensable tener en cuenta la intensidad de las precipitaciones, la velocidad con la que las lluvias mojan el terreno y la rapidez con que la escorrentía superficial de las aguas lluvias llega al río. (Ragonessi et al., 2010)

2.7 Sistema de alerta temprana (SAT).

Un sistema de alerta temprana SAT, es una implementación de un conjunto de procedimientos e instrumentación mediante los cuales permite evitar pérdidas de vidas, daños materiales, en el ambiente y la reducción del impacto económico que esto conlleva debido a diferentes amenazas o eventos adversos destructivos ya sean de índole natural o antrópica.

Un SAT monitorea o detecta una probable amenaza, recolecta datos e información, ofreciendo así una predicción temporal y evaluación sobre su acción y efectos posteriores.

La importancia de la implementación de un SAT se basa en tener el conocimiento anticipado del tiempo y espacio de la amenaza o evento adverso, ya que a continuación se pueden presentar situaciones aún más peligrosas, razón por la cual se hace efectiva la implementación de un SAT con suficiente anticipación.

La implementación de un SAT es aplicable tanto para eventos naturales como para los provocados por las actividades humanas, inclusive una combinación de ambos. Entre los eventos más frecuentes en los cuales se aplica SAT se encuentra: Inundaciones, deslizamientos de tierra, huracanes, erupción de volcanes, tsunamis, incendios forestales, entre otros.

2.7.1 Sistema de alerta temprana ante inundaciones.

Debido al aumento excesivo del caudal de los ríos y niveles de precipitación, que causan las fuertes y constantes lluvias, existe un desbordamiento y obstrucción de los cauces, que afecta a la población y su entorno generando elevados costos ambientales, sociales y económicos.

Los factores que aumentan la problemática de las inundaciones son principalmente el cambio climático y el rápido aumento de urbanización, mediante la creación de

planes eficientes de canalización en las áreas afectadas, que sea capaz de predecir el comportamiento del agua y generar así alertas por inundación en comunidades proporcionando el tiempo suficiente para tomar las debidas precauciones es necesario la implementación de un SAT, mencionando también que de esta forma se puede mejorar la administración del agua.

El conocimiento del comportamiento de las cuencas hidrográficas y el monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas en tiempo real, proporcionadas por una red de estaciones automáticas hidrometeorológicas es de gran importancia para el pronóstico de las posibilidades existentes de riegos por inundación en un área determinada.

En los SAT para inundaciones se pueden presentar las siguientes alternativas:

2.7.1.1 Sistemas automatizados.

Tienen aplicación en cuencas hidrográficas de gran extensión, son apoyadas por organizaciones, centros especializados en hidrometeorología, actores sociales, universidades y demás entidades interesadas en el tema, que tengan conocimientos y contribuyan tanto en lo técnico como en lo científico.

Se basan en la observación y seguimiento del proceso a través del empleo de redes telemáticas, estaciones de lluvia y niveles de los ríos, modelos hidrológicos computarizados, sensores remotos, dispositivos con los cuales se controla la cantidad de lluvia y los niveles de los ríos para pronosticar crecidas en forma exacta. Los equipos e instrumentos utilizados dependen de las características como ubicación geográfica y recursos disponibles de acuerdo a los eventos o amenazas.

En este sistema se emplean instrumentos tecnológicos sofisticados como: satélites, sensores remotos, redes telemáticas y otros dispositivos que contribuyen en la transmisión de información directa desde el lugar de implantación de equipos hasta los centros de análisis y posterior toma de decisiones.

2.7.1.2 Sistemas comunitarios.

La organización y participación voluntaria de la comunidad es el elemento principal en este sistema, puesto que les permite identificar sus riesgos y aumentar sus capacidades para enfrentar emergencias, este sistema es aplicable para cuencas hidrográficas medianas y pequeñas, los recursos para su creación son limitados y se encuentran disponibles por lo que les resulta de fácil manejo, la instrumentación no requiere de personal ni técnicas especializadas, además son de bajo costo.

2.7.2 Instrumentos utilizados.

Los instrumentos empleados para cuantificar la cantidad de lluvia precipitada y los niveles de caudales de los ríos son:

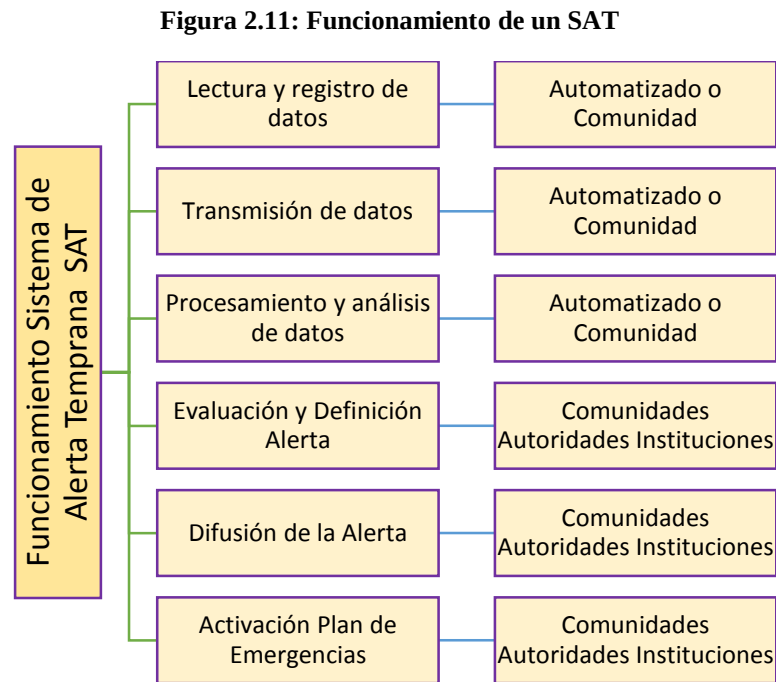
Pluviómetro. – son recipientes graduados que permite la medición de la cantidad de lluvia precipitada durante un tiempo determinado pueden ser automáticos o manuales, en los sistemas comunitarios es muy usual que los voluntarios sean quienes se encarguen de las observaciones, el registro y transmisión de datos de estos instrumentos.

La medición de los niveles de los ríos puede ser llevada a cabo mediante instrumentos automáticos con sensores que se ubican en zonas que permiten determinar los cambios de nivel de agua, su registro es directo y automático, no requiere de técnicos especializados.

Reglas Limnimétricas. - La medición de los niveles de los ríos también puede ser llevada a cabo por estos dispositivos que son reglas o postes graduados en centímetros y pintados por tres colores que relaciona su alerta. (verde, amarillo y rojo), que puedan ser colocados dentro o fuera de los ríos, para dicha medición, esta actividad puede ser ejecutada por la participación de la comunidad.

2.7.3 Funcionamiento de un SAT.

El funcionamiento de un SAT se detalla a continuación en la figura 2.11:



Fuente: Manual de Sistemas de Alerta Temprana, 2011

Elaborado por: Autores

2.7.3.1 Lectura y Registro.

Las lecturas pueden ser realizadas con equipos automáticos o manuales, operados por instituciones especializadas o por la participación de observadores voluntarios, si existe alguna manifestación de peligro se procede a tomar las lecturas con un control a detalle y continuo con el propósito de conocer su evolución y cambios.

Figura 2.12: Lectura y Registro SAT



Fuente: Manual de Sistemas de Alerta Temprana, 2011

2.7.3.2 Transmisión de datos.

Inmediatamente luego de la lectura y registro de datos se continúa con la transmisión de los mismos, en el caso de que se empleen dispositivos automatizados el proceso es automático, si el sistema es comunitario, el proceso se realiza con todos los recursos disponibles y de la misma manera de forma inmediata, para que mediante la intervención de especialistas se puedan efectuar los cálculos pertinentes y se realice el pronóstico respectivo frente a la posibilidad de ocurrencia o no de un evento destructivo.

2.7.3.3 Procesamiento y análisis de datos.

Los datos son analizados automáticamente mediante técnicos o personal especializado quienes con el empleo de equipos tecnológicos y en la mayoría de casos mediante sistemas o herramientas computacionales con los cuales se puede obtener pronósticos que establecen la posibilidad o no de una manifestación de un evento adverso destructivo para que luego las autoridades puedan puntualizar y difundir el nivel y el tipo de alerta.

2.7.3.4 Evaluación de la situación y definición de la alerta.

Este procedimiento puede ser llevado a cabo mediante autoridades, la comunidad o instituciones encargadas quienes luego de evaluar los resultados de la información y comparados con un mapa de riesgo pueden determinar el daño, nivel y tipo de alerta a difundir, asociando esta alerta con cuatro colores y su respectivo significado.

- **Verde.** - Indica atención al comportamiento y evolución del evento.
- **Amarilla.** - Indica un aumento de alerta, se inicia los preparativos para la ejecución de acciones correspondientes.
- **Naranja.** - Indica que el evento adverso está a horas e inclusive a minutos de suscitarse.
- **Roja.** - Indica la pronta llegada del evento, es emitida por las instituciones responsables o autoridades nacionales o locales, en la mayoría de casos se da la orden de evacuación a zonas seguras.

2.7.3.5 Difusión de la alerta

Una vez que ha sido comprobada el estado de alerta se procede a difundirla de manera clara y pertinente mediante radios de comunicación, radio emisoras, teléfonos, radio parlante, bocinas, sirenas o cualquier dispositivo que tenga el alcance oportuno que permita informar a la comunidad del peligro.

2.7.3.6 Activación del plan de emergencia

Este paso es el más importante debido a que sin él no tendría ningún sentido la implementación de un SAT, es necesario que centros educativos o instituciones cuenten con actividades y tengan preparadas acciones que puedan generar respuesta frente a eventos adversos.

(Armién, 2011)

2.7.4 Metodología de implementación

- **Línea base.** - es el punto de partida para la implementación de un SAT, en la cual se realizan pronósticos de las crecidas en base al monitoreo en tiempo real de las cuencas, determinando si hay posibilidad de crecidas al igualar o superar los umbrales de advertencia (aviso y alerta).

En esta fase se toma en cuenta la ubicación, la cartografía, el tipo y uso de suelo, cobertura vegetal, cauces principales, pendientes, tiempos de concentración, climatología, hidrología, geología, entre otros factores que permiten una caracterización hidrológica que define el comportamiento de la zona de estudio.

- **Modelación hidrológica.** - en esta fase se toma en consideración los eventos de modelación, calibración del modelo, validación del modelo, simulación y evaluación del modelo.
- **Modelación Hidrodinámica.** - son los resultados frente a los eventos suscitados, mediante la simulación del modelo, calibración del modelo, validación del modelo y simulación a eventos de crecida.
- **Definición de umbrales de precipitación.** – se definen los umbrales de aviso y alerta para las estaciones hidrometeorológicas como una interacción entre los niveles de ríos y precipitación acumulada, de las estaciones hidrometeorológicas automáticas que tienen valores mayores a su comportamiento normal o que superan a los de aviso y que se acercan a los históricos que han producido inundaciones, considerando valores extremos de precipitación y simulaciones hidrológicas e hidrodinámicas. (Pombosa, 2018)

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO O ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS

3.1 Introducción.

Con el fin de efectuar la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas para el procesamiento de datos mediante el software hydraccess, se consideran las variables de precipitación media, temperatura, evaporación y caudales medios para lo cual se ha recopilado la información disponible de tipo cartográfica, información hidrometeorológica y de registros históricos de inundaciones que serán empleados para realizar la caracterización general de la cuenca y la determinación de sus características físico-morfológicas.

3.2 Información cartográfica base.

La información obtenida para la presente investigación fue recopilada de distintas entidades públicas, como se puntualizan en la tabla siguiente:

Tabla 3.1: Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas

Información Cartográfica	Formato	Año	Escala	Descripción	Institución Responsable
División Política del Ecuador	Vector	2009	1:50000	División del Ecuador por Provincias	IGM
Hidrológica	Vector	2009	1:50000	Red Hidrológica	INAMHI
Clima	Vector	2011	1:50000	Tipos de Clima	INAMHI
Geología	Vector	2011	1:50000	Formaciones Geológicas	MAGAP
Relieve	Vector	2011	1:50000	Altitud	MAGAP
Taxonomía	Vector	2011	1:50000	Tipos de Suelo	MAGAP
Cobertura y Uso del Suelo	Vector	2011	1:50000	Vegetación	MAGAP
Red de Estaciones Hidrológicas	Vector	2011	1:50000	Ubicación de Estaciones	INAMHI
Red de Estaciones Meteorológicas	Vector	2011	1:50000	Ubicación de Estaciones	INAMHI
Bioclimático	Vector	2011	1:50000	Pisos Bioclimáticos	MAE

Elaborado por: Autores

3.3 Información hidrometeorológica.

La identificación de las estaciones hidrometeorológicas históricas han sido obtenidas de la base de datos que dispone el INAMHI, de la cual se han establecido los períodos de registro de información de los diferentes parámetros hidrometeorológicos requeridos, esta información se puntualizará en el siguiente capítulo.

Los anuarios hidrológicos y meteorológicos históricos proporcionados por la entidad mencionada se encuentran en el Anexo N°1. (Anuarios de estaciones hidrometeorológicas proporcionadas por el INAMHI, para la elaboración de la base de información de la Cuenca del Guayas). Información disponible en formato digital entregada en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Central del Ecuador.

3.4 Estudios Anteriores.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha tomado como punto de partida a los siguientes estudios:

- “CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA ZONA SUR DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO GUAYAS” finalizada en abril del 2009 por el equipo técnico del INAMHI.
- Tesis de Maestría realizada por el Ldo. Juan Carlos Tapia perteneciente a INOCAR, cuyo título es “Modelación hidrológica de un área experimental en la cuenca del río Guayas en la producción de caudales y sedimentos” realizada en La Plata, Argentina en marzo de 2012.
- Validación de la Información Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica de Guayas INAMHI-SENAGUA - 2008

Para la validación de los métodos utilizados para el relleno de datos faltantes: Método de regresión lineal simple, método de regresión lineal múltiple y método de vector regional este último empleando el software hydraccess se tiene como respaldo los siguientes estudios realizados:

- Escuela Politécnica Nacional por Daniela Freile y Carla Manciatì – 2007. Relación a escala mensual y estacional entre la información hidrometeorológica local y regional y la fusión de los glaciares tropicales del Ecuador.
- Escuela Politécnica Nacional por José Serrano – 2010. Regionalización espacial de series climáticas mensuales. Caso de Estudio Cuenca del río Guayllabamba.
- Evaluación de métodos hidrológicos para la completción de datos faltantes de precipitaciones en estaciones de la cuenca Jetepeque, Perú - 2015.

La aplicación del Método del vector regional (MVR) mediante el programa hydraccess ha sido utilizado como herramienta de base de datos hidrológicos en estudios de gran importancia como los siguientes:

- Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la cuenca del río Pilcomayo.
- Análisis, crítica y tratamiento de los datos hidrométricos de la cuenca alta del río Pilcomayo disponible agua arriba de la misión La Paz (Argentina).
- Utilización del método del Vector Regional de Índices Pluviométricos con Hydraccess. SENAMHI – Perú 2005.

3.5 Caracterización general del área de estudio.

Las características propias de la cuenca como: Hidrología, clima, geología, vegetación, uso del suelo, taxonomía son componentes que deben ser consideradas durante el estudio hidrológico debido a la influencia que tienen en la red hidrológica, sus variaciones y diversidad del régimen hidrológico. (Pourrut, 1995)

3.5.1 Ubicación del área de estudio.

Ubicada al noroeste de América del Sur y en el centro occidente del país, la cuenca hidrográfica del río Guayas está conformada por siete provincias del Ecuador que son: Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, Guayas, Los Ríos, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas. Pertenece a la vertiente del Pacífico, se extienden entre los paralelos 00° 14' S, 02° 27' S y los meridianos 78° 36' W, 80° 36' W, presenta un área aproximada de 32.106,84 km² corresponde al 12,57 % del territorio nacional, la población que habita en esta cuenca se estima en 5'592.025 habitantes, representado al 39,37% del total de la población nacional, siendo la que mayor aporta al Producto Interno Bruto (PIB) y con mayor crecimiento demográfico. (Tapia, 2012)

En la figura 3.1 se esquematiza la ubicación de la cuenca hidrográfica del río Guayas dentro del territorio ecuatoriano.

Figura 3.1: Ubicación de la cuenca del río Guayas



Elaborado por: Autores

3.5.1.1 Límites

Limita al norte con la cuenca del río Esmeraldas; Al sur con las cuencas de los ríos Taura, Cañar, Santiago y Zapotal; Al este con las cuencas de los ríos Pastaza y Esmeraldas y al Oeste con las cuencas de los ríos Chone, Jipijapa, Portoviejo, Chone y Jama

La cuenca del río Guayas es considerada como la zona de mayor producción en cuanto a recursos agropecuarios y agrícolas a nivel nacional, tanto para el mercado interno y como para el mercado externo mediante las exportaciones desde sus puertos marítimos, dicha consideración se le otorga ya que presenta una gran variedad de actividades ganaderas, pesqueras y agrícolas, debido a la excelente calidad y aptitud de los suelos y a la interacción de la tierra y el mar. (Tapia, 2012)

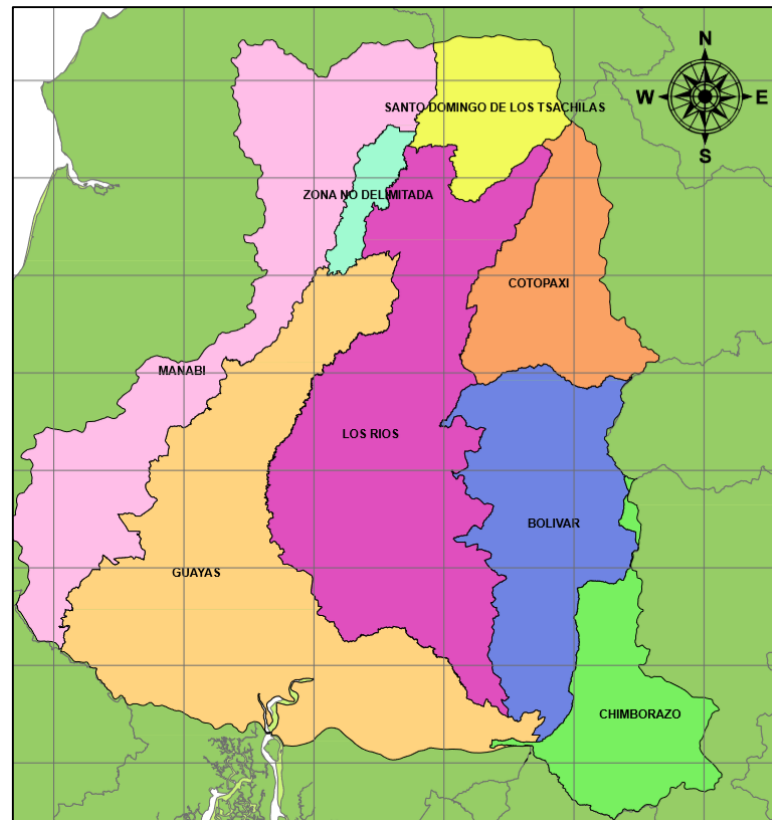
3.5.2 División política – administrativa.

La cuenca del Río Guayas abarca 3 de las 6 provincias de la región costa que son: Guayas, Los Ríos y Manabí; y 4 de las 11 provincias de la región sierra, éstas son: Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo y Santo Domingo de los Tsáchilas, como se indica en la figura 3.2.

El mapa de división política de la cuenca del río Guayas se encuentra en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°1.

En la tabla 3.2 se muestra la relación de las áreas de cada subcuenca, con respecto al área total de la cuenca en estudio.

Figura 3.2: Mapa de división política de la cuenca del río Guayas



Fuente: IGM, 2009
Elaborado por: Autores

Tabla 3.2: Áreas de las subcuencas en relación al área total de la cuenca del río Guayas

SUBCUENCAS DEL GUAYAS	AREA (Km2)	%
Río Daule	11.389,30	35,47
Río Babahoyo	6.953,96	21,66
Río Yaguachi	4.494,77	14,00
Río Vinces	4.268,41	13,29
Microcuencas o Drenajes menores	3.136,14	9,77
Río Macul	1.020,88	3,18
Río Jujan	843,38	2,63
TOTAL	32.106,84	100,00

Fuente: INAMHI, 2017
Elaborado por: Autores

La cuenca del Guayas se encuentra formada por seis subcuencas, como se detalla en la figura 3.3, de las cuales se destacan las siguientes:

3.5.2.1 Subcuenca del río Daule.

Presenta una topografía con poca pendiente (casi plana) hacia el sur del país, ondulada aguas arriba de la población de Pichincha y suave-ondulada entre Pichincha y Balzar. Aparece en el interior de la costa ecuatoriana y drena alrededor de un tercio del total de la cuenca del río Guayas. Sus vertientes descienden de la cordillera de Chongón-Colonche y de la zona de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Sus principales afluentes son los ríos Macul, Puca, Colimes, Magra y Daule; este último, proviene de la parte de la cuenca, la misma que se encuentra regulada por la presencia del embalse Daule – Peripa. (Jarrín, 2012)

3.5.2.2 Subcuenca del río Babahoyo.

Se origina en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes (cuenca alta), tiene como principal afluente al río Zapotal; el cual, nace como río Quilluru, a la altura de la población de Angamarca, en la provincia de Cotopaxi. En la parte media de la subcuenca confluye con los ríos Clementina y San Pablo, dando origen al río Babahoyo. (Jarrín, 2012)

3.5.2.3 Subcuenca del río Yaguachi.

Conformado principalmente por los ríos Chimbo y Chanchán, los cuales se originan en la zona interandina, descendiendo abruptamente, de angostos y escarpados valles a la planicie litoral donde confluye con el río Milagro, dando lugar al río Yahuachi, que desemboca en el río Babahoyo. (Jarrín, 2012)

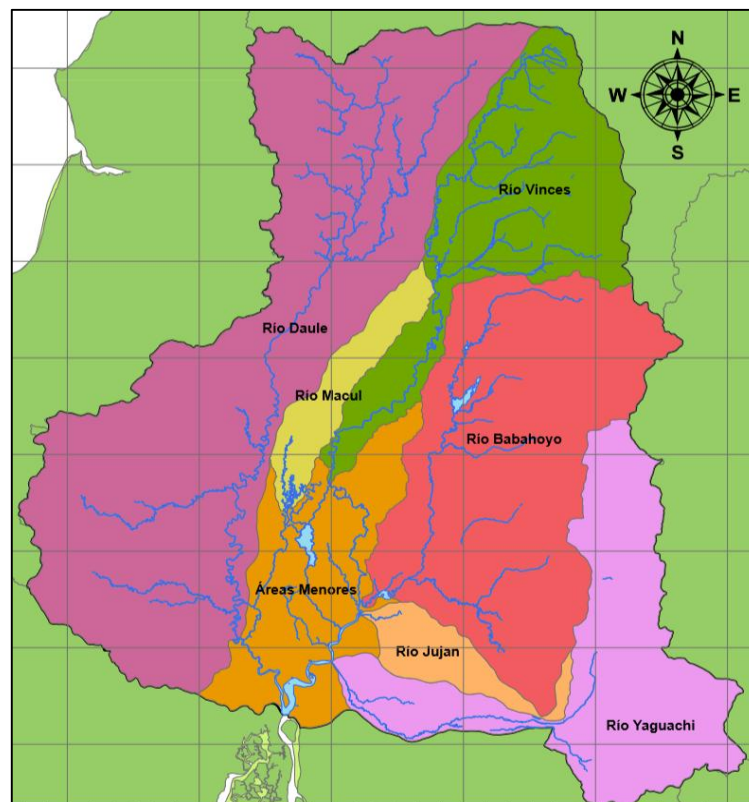
3.5.2.4 Subcuenca del río Vinces.

Tiene como afluentes principales a los ríos Baba, Toachi, Lulu y San Pablo. Estos ríos al unirse forma el río Quevedo, el mismo que al llegar a la población de Mocache recibe la aportación de varios esteros, conformando el río Vinces, que recibe los aportes de los ríos Pula y Salitre, desembocando finalmente en el río

Babahoyo. Nace en la Cordillera Occidental de los Andes, en las alturas comprendidas entre los sectores de Santo Domingo de los Colorados y la Maná. (Jarrín, 2012)

El mapa de subcuencas del río Guayas se encuentra en el Anexo N°5 (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N° 2.

Figura 3.3: Mapa de subcuencas del río Guayas



Fuente: MAGAP, 2009
Elaborado por: Autores

3.5.3 Hidrología.

La cuenca del río Guayas pertenece a la vertiente del Pacífico, forma parte de la red hídrica más importante de la costa noroeste de América del Sur, la red de drenaje de las subcuencas que la componen se originan en las estribaciones de la cordillera de los Andes en su parte occidental y en la cordillera costera Chongón-Colonche en su vertiente oriental, se encuentra formada por los ríos Babahoyo y Daule, de cuya

El mapa de la red hidrográfica de la cuenca del río Guayas se encuentra en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°12.

[illegible]

49

Según información histórica procedente del INERHI y establecida según el estudio de CAAM (1996), se menciona que el caudal de 1.838 m³/s abarca en una extensión de 50.389 km² del Golfo de Guayaquil.

Existe información en la cual se tiene que las subcuencas de aportación contribuyen con un volumen anual promedio de 22 millones de metros cúbicos de agua, de manera particular se tiene la tabla 3.3:

Tabla 3.3: Distribución de las subcuencas - porcentaje de aportación y drenaje – caudales mínimos y máximos de la cuenca del Guayas

SUBCUENCA	UBICACIÓN	% Drena	CAUDAL		OBSERVACIONES
			máximo (m ³ /s)	mínimo (m ³ /s)	
Río Daule	Sector Occidental	37	950	25	-
Río Babahoyo	Sector Oriental	24	1000	50	-
Río Yaguachi	Sector Suroriental	13	38	6	-
			500-600	150	época lluviosa
Río Vinces	Sector Central	20	221	15	-

Fuente: Fondo de agua para la cuenca del Guayas, 2012
Elaborado por: Autores

Se determina entonces que el caudal del río Guayas varía entre 230 m³/s en época de verano, hasta los 1.500 m³/s en época de lluvia, descargando aproximadamente al año 30 mil millones de m³ de agua, siendo la mayor contribución la del río Babahoyo con 60% en época seca y un 66% en época de lluvia. Debido a la abundante disponibilidad del recurso agua, éste recurso vital llega a 8.847 m³/hab/año, siendo superior a la media mundial de 6.783 m³/hab/año. (INOCAR, 2010).

El ancho del río varía entre 1,5 km y 3 km, excluyendo en la altura de la ciudad de Guayaquil en donde se distribuye en dos ramales que rodean a la Isla Santay con un ancho de 5 km y una profundidad de entre 5 m y 12 m. (ESPOL, 2000).

3.5.4 Clima.

Existen tres factores que modifican el clima de la cuenca del río Guayas durante todo el año.

- Los constantes vientos que son identificados por la circulación atmosférica continental.
- Las corrientes marinas (fría de Humboldt y cálida del Niño) efectos estacionales del clima.
- Las características propias de las estribaciones andinas, que conducen a las masas de humedad.

Estos factores son quienes modifican el cambio climático de la región costera, los cuales intervienen en el desequilibrio de precipitaciones. (Tapia, 2012)

Según la clasificación climática del Dr. Pierre Pourrut, en la cuenca del Guayas se encuentran 16 zonas climáticas, dentro de las cuales se considera las precipitaciones totales anuales desde menos de 500 mm en la época seca o de verano, a más de 3000 mm, en la época lluviosa o de invierno, en cuanto a las temperaturas medias mensuales existe una variación de 4°C en alta montaña a más de 22°C en el clima tropical megatérmico. De la combinación de estos parámetros se puede encontrar los siguientes tipos de climas. (CLIRSEN, 2009)

3.5.4.1 Clima ecuatorial de alta montaña.

Se encuentra en la zona interandina, sobre los 3000 msnm. Su temperatura media anual varía entre los intervalos de 4°C y 8°C, con un valor de temperatura máxima anual de 20°C y con un valor de temperatura mínima anual de 0°C, su precipitación anual se encuentra entre los 800 – 2000 mm, con humedad relativa es superior a 80% y entre su vegetación natural se destacan los matorrales. (Pourrut, 1995)

3.5.4.2 Clima ecuatorial mesotérmico seco.

Este clima se encuentra en los valles interandinos abrigados de menor altura, con temperaturas medias anuales de 12°C – 20°C, con precipitaciones anuales < 500 mm, con humedad relativa de 50% - 80%, presenta un cielo es un poco nuboso. (Pourrut, 1995)

3.5.4.3 Clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo.

Su ubicación es la zona interandina presenta precipitaciones anuales entre 500 y 2000 mm en los meses de febrero a mayo y de octubre a noviembre, presenta temperaturas medias anuales de 12°C a 20°C, siendo su valor mínimo anual no inferior a 0°C y su valor máximo no mayor a 30°C, con una humedad relativa entre el intervalo de 65% y 85%, su vegetación natural son los pastizales y cultivos. (Pourrut, 1995)

3.5.4.4 Tropical megatérmico húmedo.

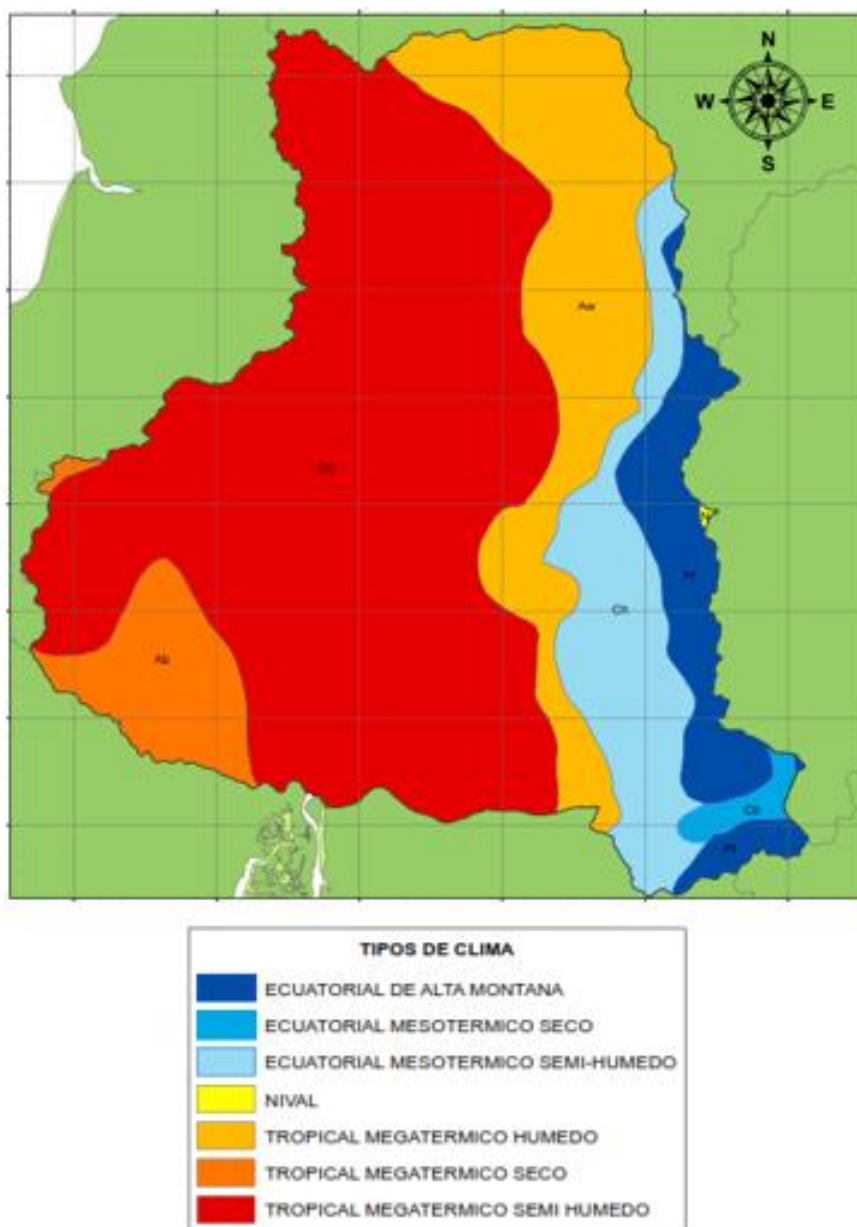
Su ubicación empieza cerca de Esmeraldas y continúa a nivel del golfo de Guayaquil, la precipitación total anual se encuentra en los intervalos de 1000 y 2000 mm en los meses de diciembre a mayo, con temperaturas medias anuales de 24°C, su humedad relativa se encuentra entre el 70% - 90%, su vegetación es selva densa de árboles y hojas caducas. (Pourrut, 1995)

3.5.4.5 Tropical megatérmico seco a semi-húmedo

Sus temperaturas medias anuales son superiores a los 24°C, las precipitaciones anuales varían entre 500 y 1000 mm en los meses de diciembre a mayo. Su vegetación es principalmente un bosque seco predominando los ceibos. (Pourrut, 1995)

El mapa de tipos de clima de la cuenca del río Guayas se encuentra en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°3.

Figura 3.5: Mapa de tipos de clima de la cuenca del río Guayas



Fuente: INAMHI, 2011
Elaborado por: Autores

Mediante la figura 3.5 podemos indicar que la zona alta de la cuenca del río Guayas presenta variaciones entre los climas ecuatorial de alta montaña, mesotérmico seco y mesotérmico semi-húmedo con un rango de precipitaciones de menores a 500 mm

y mayores a 2000 mm, en cuanto a la zona media de la cuenca presenta climas tropical megatérmico húmedo y en su mayoría tropical megatérmico semi-húmedo con precipitaciones de entre 500 y 2000 mm y en la zona baja de la cuenca presenta un clima megatérmico seco.

A continuación, mediante la tabla 3.4, se detalla los tipos de clima, su temperatura y el rango de precipitaciones que se presentan en la cuenca del río Guayas.

Tabla 3.4: Detalle de los tipos de clima en la cuenca del Río Guayas

Tipo de Clima	Símbolo	Rango Temperatura (°C)	Rango Precipitación (mm)
Ecuatorial de alta montaña	Pf	04 - 08	> 500
Ecuatorial frío húmedo	Ew	08 - 12	> 1 000
Ecuatorial frío seco	Eb	08 - 12	< 500
Ecuatorial frío semi-húmedo	Eh	08 - 12	500 - 1 000
Ecuatorial mesotérmico húmedo	Cw	12 - 18	1 000 - 2 000
Ecuatorial mesotérmico muy húmedo	Cm	12 - 18	> 2 000
Ecuatorial mesotérmico seco	Cb	12 - 18	< 500
Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo	Ch	12 - 18	500 - 1 000
Subtropical mesotérmico húmedo	Sw	18 - 22	1 000 - 2 000
Subtropical mesotérmico lluvioso	Sf	18 - 22	> 3 000
Subtropical mesotérmico muy húmedo	Sm	18 - 22	2 000 - 3 000
Subtropical mesotérmico seco	Sb	18 - 22	< 500
Subtropical mesotérmico semi-húmedo	Sh	18 - 22	500 - 1 000
Tropical megatérmico semi-húmedo	Ah	> 22	500 - 1 000
Tropical megatérmico muy húmedo	Am	> 22	2 000 - 3 000
Tropical megatérmico húmedo	Aw	> 22	1 000 - 2 000

Fuente: INAMHI, 2011

3.5.5 Geología.

Geológicamente la cuenca del río Guayas se formó durante la época del Plioceno, debido a la cual se ha provocado una concentración del drenaje al pie de los Andes originando de esta forma que las salidas de agua sean evacuadas por el Golfo de Guayaquil en sur y por los corredores de fallas de Esmeraldas y de Bahía de Ancón de Sardinas al norte, por lo cual originó un basamento de rocas basálticas, sobre

cuyo material se han venido acumulando diversos tipos de material dendrítico no consolidado, los depósitos cuaternarios que son los actuales suelos. (Tapia, 2012)

Sin embargo, los depósitos no consolidados de la llanura costera de la cuenca como gravas y arenas conforman los materiales sedimentarios del terciario y cuaternario que se ubican desde los valles fluviales hasta el sur de la cuenca en la llanura aluvial, la cual es drenada por grandes ríos parcialmente inundables y meándricos. (Tapia, 2012)

Las principales formaciones geológicas que se encuentran en la cuenca del río Guayas son:

3.5.5.1 Depósitos aluviales.

Son suelos acarreados por cuerpos aluviales se encuentran formados por limos, arenas y arcillas, son depósitos cuaternarios.

3.5.5.2 Depósitos coluviales.

Su composición varía según a la unidad ambiental que corresponde, son depósitos cuaternarios compuestos por detritos de diferente diámetro. Se acumulan al pie de laderas, cuando se desprenden debido a la gravedad.

3.5.5.3 Depósitos coluvio-aluviales.

Corresponden a depósitos formados por la acción de la deposición de materiales aluviales por corrientes fluviales sumados a los aportes gravitacionales laterales de los relieves que la rodean.

3.5.5.4 Formación Pichilingue (Terrazas Indiferenciadas – Pleistoceno).

Están formadas por bancos de arcillas y arenas poco o nada consolidados (separados en partes) provenientes de la erosión de la Cordillera de los Andes, acarreados por aguas torrenciales y fluviales. Son sedimentos que ahora integran la base de la mayor parte de los terrenos fértiles de la planicie litoral. (GAD-GUAYAS, 2012)

3.5.5.5 Formación Balzar (PlioB).

El afloramiento típico se encuentra en el corte dejado por el río Daule entre Balzar y Pichincha donde se presenta desde abajo hacia arriba en capas de conglomerados, areniscas de grano fino a medio, arcillas laminadas de color café con moluscos, restos de plantas silicificadas y mantos de arena y toba. (GAD-GUAYAS, 2012)

3.5.5.6 Formación Borbón (PlioBb) (Stainforth, 1948).

En la base es un conglomerado que descansa discordantemente sobre las formaciones Onzole y Playa Grande. Sigue luego una arenisca de grano grueso en bancos compactos con abundantes megafósiles en bolsones irregulares. (GAD-GUAYAS, 2012)

3.5.5.7 Formación Onzole (MioOz) (Stainforth, 1948).

El afloramiento tipo se encuentra en el curso medio del río Onzole, afluente del Cayapas. Consiste preponderantemente de limolitas azules, lutitas limosas y raramente areniscas y conglomerados. (GAD-GUAYAS, 2012)

3.5.5.8 Formación Cayo (K3y) (Olsson, 1942).

La base de la formación está compuesta por brecha volcánica de composición intermedia a básica y toda la parte inferior está dominada por arenisca verde tobácea. Más arriba se presenta menos volcánica y en el tope de la formación las

rocas dominantes son argilitas y pedernal. Subyace al material terciario que rellena las Cuencas Progreso y Manabí, descansando con una aparente discordancia sobre la Formación Piñón. (GAD-GUAYAS, 2012)

3.5.5.9 Formación Piñón (K3P) (Landes en Tschopp, 1948).

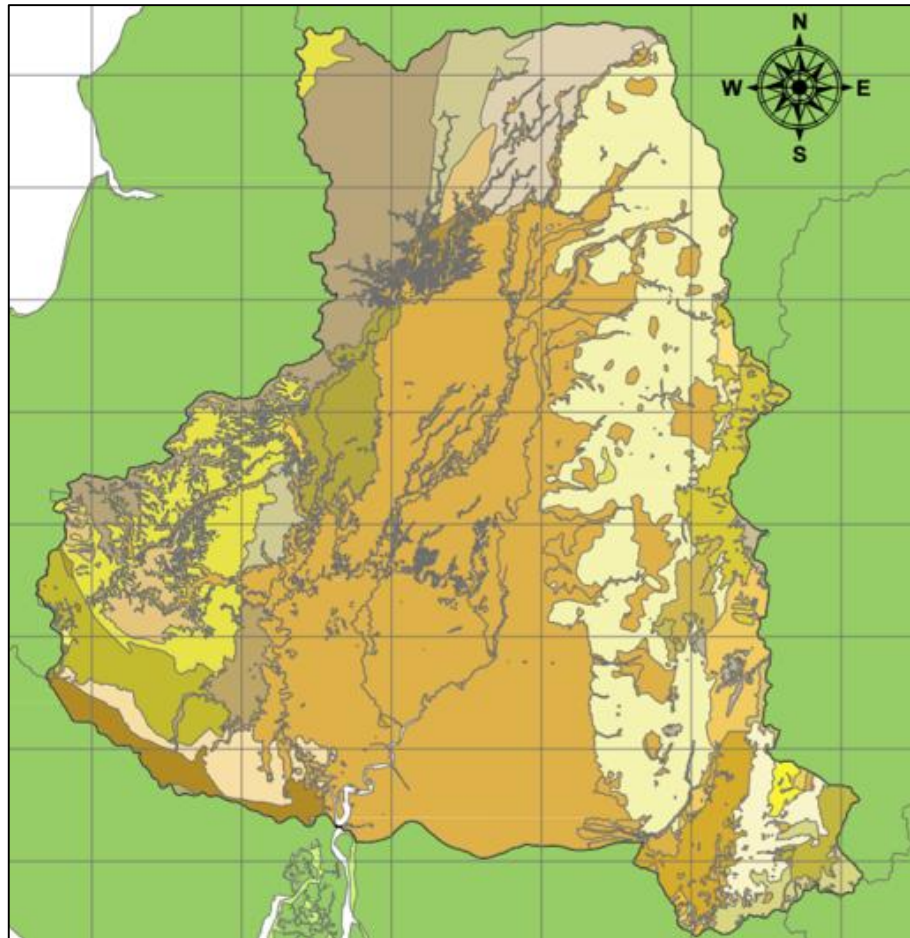
En la localidad tipo, en el río Piñón, la formación está expuesta sobre una distancia de 3 Km. Comprende principalmente rocas ígneas básicas: diabasa, basalto equigranular de grano fino, aglomerado basáltico, toba, escasos lentes capas delgadas de argilita, y complejos de diques. También se han observado pillow lavas, hialoclastitas y metabasaltos. Subyace a la Formación Cayo a través de un contacto variable que va de gradual a discordante angular. (GAD-GUAYAS, 2012)

3.5.5.10 Unidad Macuchi: (PalEocM) (BGS - CODIGEM, 1993).

Corresponde a una secuencia de arco submarino, volcanoclástica, predominantemente sedimentaria, con volcánicos intercalados, posiblemente lavas u hojas subvolcánicas. Litológicamente está compuesta por areniscas volcánicas de grano grueso, brecha, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, microgabros/diabasas, basaltos subporfiríticos, lavas en almohadillas y escasas calcarenitas con características geoquímicas relacionadas a subducción. Consecuentemente, la Unidad Macuchi se considera del Eoceno temprano a medio o más antigua, y teniendo en cuenta que no se observa su base, es probable que parte de la secuencia sea de edad Paleocena. La mayor parte de las facies de la Unidad Macuchi son productos de actividad volcánica efusiva submarina, ya sean productos eruptivos o material re trabajado depositado por procesos de flujo de masas. (GAD-GUAYAS, 2012)

En la figura 3.6 se indica el mapa de formaciones geológicas de la cuenca del río Guayas, el mismo que se encuentra a mayor detalle en el Anexo N°5 (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas.) Mapa N°4.

Figura 3.6: Mapa de formaciones geológicas de la cuenca del río Guayas



Fuente: MAGAP, 2011
Elaborado por: Autores

3.5.6 Relieve.

La cuenca del río Guayas es una fosa de hundimiento con relleno de sedimentos que las aguas fluviales depositan directamente en el mar, se extienden de norte a sur, rodeada al este con la cordillera de los Andes y al oeste por los cerros Balzar y Puca y la cordillera de la costa Chongón-Colonche. (González et al., 2008)

De manera general la cuenca de río Guayas presenta los siguientes tipos de relieve como se detalla a continuación en la tabla 3.5:

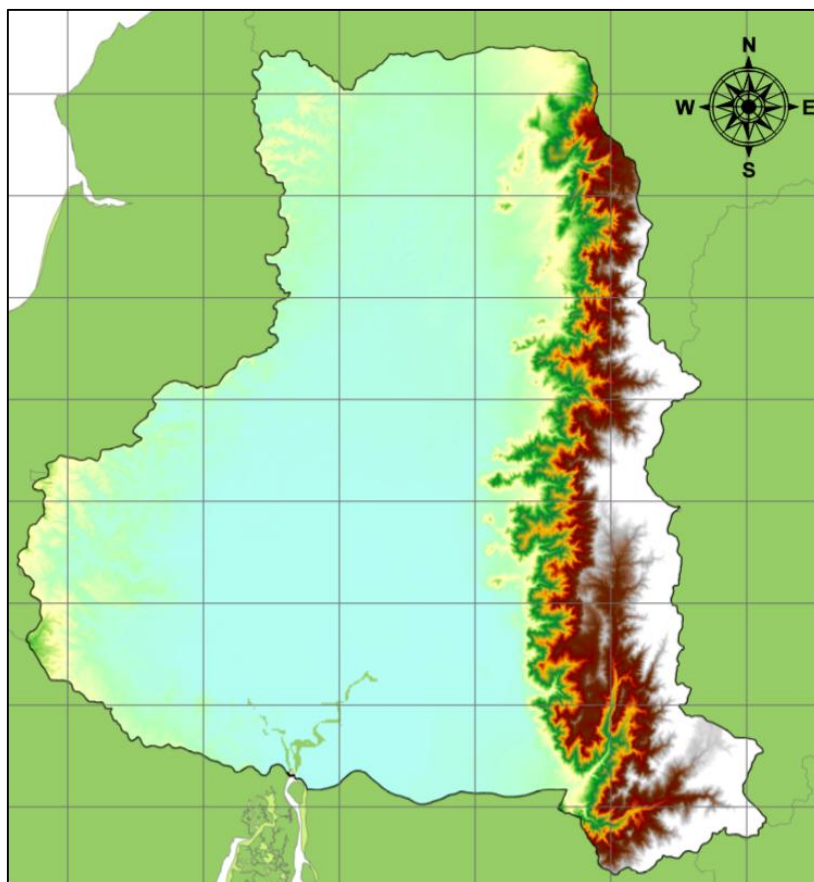
Tabla 3.5: Tipos de relieve en la cuenca del río Guayas

RELIEVE	%	m.s.n.m
Plano	28	0 - 40
Ondulado	41,2	40 - 200
Montañoso	13,3	200 - 800
Andino	16,7	> 800

Fuente: ESPOL, 2000
Elaborado por: Autores

De lo indicado se puede determinar que los relieves con mayor susceptibilidad a inundaciones son las terrazas aluviales y valles que presentan pendientes de planas a onduladas. En la figura 3.7 se puede distinguir que la zona alta en su mayoría presenta un relieve andino con ciertas franjas con relieve montañoso, en la zona media de la cuenca se presenta gran parte un relieve ondulado a plano de la misma manera la zona baja de la cuenca.

Figura 3.7: Mapa de relieve de la cuenca del río Guayas.



Fuente: MAGAP, 2011
Elaborado por: Autores

El mapa de relieve de la cuenca del río Guayas se encuentra adjunto en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°5.

3.5.7 Suelos.

El suelo es un componente principal que permite determinar la capacidad de infiltración del agua y el escurrimiento superficial, parámetros sustanciales dentro del estudio de una cuenca hidrográfica.

La cuenca del Guayas en su parte media alta predomina dos tipos de suelos: Los suelos aluviales que provienen directamente de la aportación de los ríos, cuyas características de composición y grado de alteración son producto del material arrastrado por las aguas corrientes en superficie, su textura es variable, por lo cual tiene un alto contenido de materia orgánica es así que se encuentran suelos arcillosos, franco arcillosos o franco arenosos; y los suelos formados sobre depósitos antiguos conocidos como montmorilloníticos que provienen de rocas sedimentarias, arenas, areniscas, en su mayoría de origen volcánico en el cual su desarrollo productivo es bajo, caso contrario es el caso de los suelos arcillosos que poseen buena productividad por su alta retención de humedad.

Su parte media baja está compuesta por valles fluviales y llanuras aluviales predominando éste último debido a la contribución permanente de los ríos que conforman la cuenca hidrográfica del Guayas por el material aluvial presente.

En la parte baja de la cuenca debido al mal drenaje, en todas las épocas del año el suelo se encuentra saturado, encontrándose además sedimentos cuaternarios como: arcillas, areniscas y conglomerados. (González et al., 2008)

También podemos mencionar que los suelos de la cuenca del río Guayas específicamente en la zona media alta han sido desarrollados sobre depósitos antiguos formados por areniscas, tobas y cantos rodados en su mayoría de origen volcánico cuya característica mineral es su incipiente desarrollo de horizontes

pedogenéticos como es el caso de los suelos arcillosos que poseen alta retención de humedad en los cuales de la misma manera son aptos para cultivos extensivos de banano, cacao, café, palma africana y arboricultura tropical. (González et al., 2008)

Del mismo modo en la cuenca del río Guayas en la zona media baja, con depresiones escasas, entre sus características se define que su textura es estratificada, fina y diversa con sedimentos fluviales y arcillosos de profundidad variable (color pardo), predominan los suelos arcillosos o franco-arcillosos. Unidades ocupadas mayormente por cultivos de arroz. (Tapia, 2012)

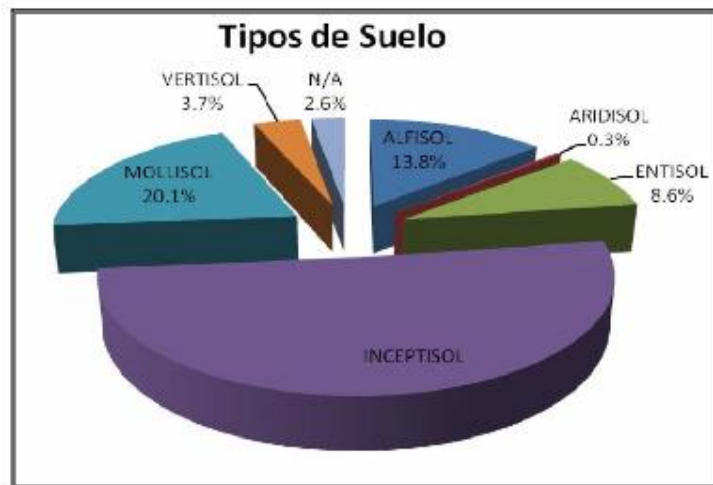
3.5.7.1 Taxonomía

Para describir las características del suelo es necesario realizar una clasificación de acuerdo al uso y propiedades similares que poseen los mismos es por ello que a continuación se detalla la clasificación de suelos según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) – Taxonomía del suelo, la cual se basa en dos perspectivas:

- **Edafológica.** - estudia el suelo desde el punto de vista de producción de plantas.
- **Pedológica.** – estudia el origen de los suelos y los factores de formación del suelo.

Siguiendo la clasificación mencionada, los suelos de la cuenca del río Guayas quedan definidos como se establece en la tabla 3.8:

Figura 3.8: Porcentajes de los tipos de suelo de la cuenca del río Guayas



Fuente: CLIRSEN, 2009

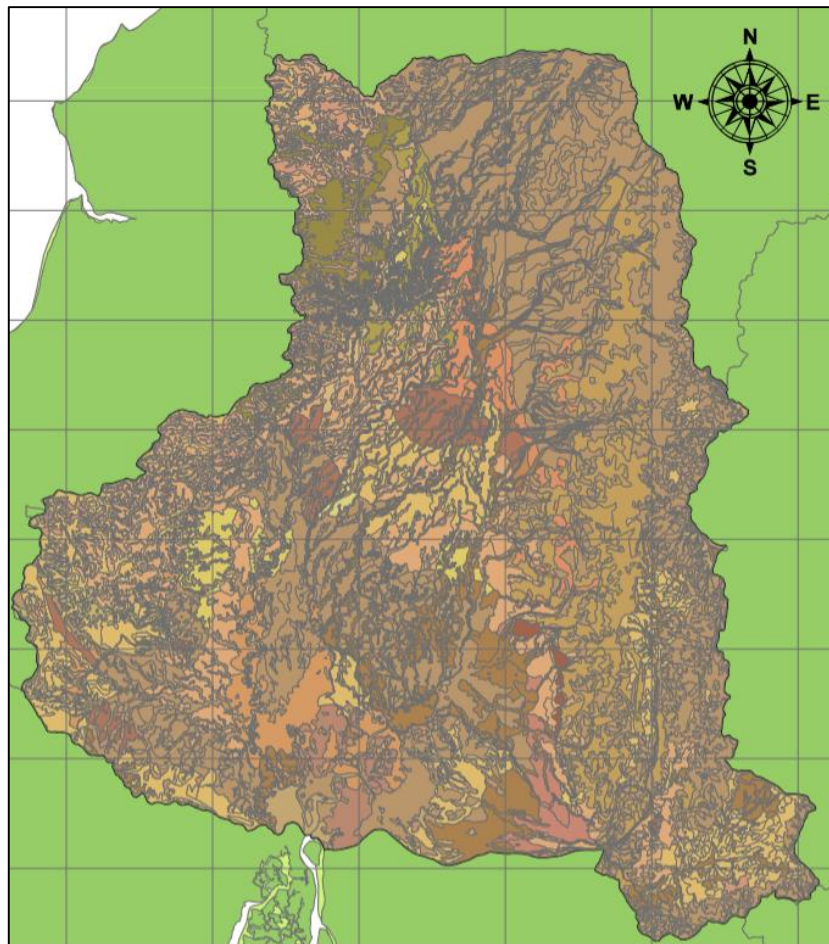
- **Alfisoles.** - son suelos que tienen una saturación del 35% o mayor que se encuentra disponible para las plantas al menos durante tres meses consecutivos en la estación cálida de crecimiento es por ello que su explotación agrícola es abundante, el porcentaje que presenta el suelo de la cuenca del río Guayas representa el 13.8%.
- **Entisoles.** - son suelos arenosos o muy superficiales, el porcentaje que presenta el suelo de la cuenca del río Guayas representa el 8.6%.
- **Inceptisoles.** - son suelos que se encuentran en regiones húmedas y sub húmedas y debido a ello han perdido hierro aluminio de su composición natural, sin embargo, retienen algunos minerales meteorizables, el porcentaje que presenta el suelo de la cuenca del río Guayas representa el 50.9%.
- **Mollisoles.** - son suelos que se han formado debajo de la superficie de suelo mineral, tienen un horizonte superficial de color oscuro, las arcillas y demás minerales han sido acumuladas debido a la iluviación, el porcentaje que presenta el suelo de la cuenca del río Guayas representa el 20.1%.

- **Vertisoles.** - son suelos que tienen un alto contenido de arcilla expandible o también conocida como arcilla montmorillonita, se la reconoce por la particularidad que presentan al retraerse cuando se encuentran secos y se expanden cuando se humedecen, en cualquier época del año presentan grietas profundas, el porcentaje que presenta el suelo de la cuenca del río Guayas representa el 3.7%.
- **Aridisoles.** - son suelos demasiado secos para el crecimiento de plantas, poseen al menos un 2% de sales solubles en agua, una saturación dentro de los 100cm superficiales del suelo durante un mes o más en años normales, el porcentaje que presenta el suelo de la cuenca del río Guayas representa el 0.3%.

Existe un porcentaje del 2.6% que no se encuentra en ninguna clasificación puesto que sus características no se acomodan a las mencionadas en la clasificación de suelos USDA-Taxonomía del suelo. (Ortíz et al., 2014)

Para definir con exactitud la taxonomía del suelo que se presentan en la cuenca del río Guayas se ha empleado mapas en formato shapefile de los cuales se ha extraído la información pertinente, como se muestra a continuación en la figura 3.9, mientras que el mapa de taxonomía de la cuenca hidrográfica del río Guayas a detalle se encuentra en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°6.

Figura 3.9: Mapa de taxonomía de la cuenca del río Guayas



Fuente: MAGAP, 2011
Elaborado por: Autores

3.5.8 Vegetación.

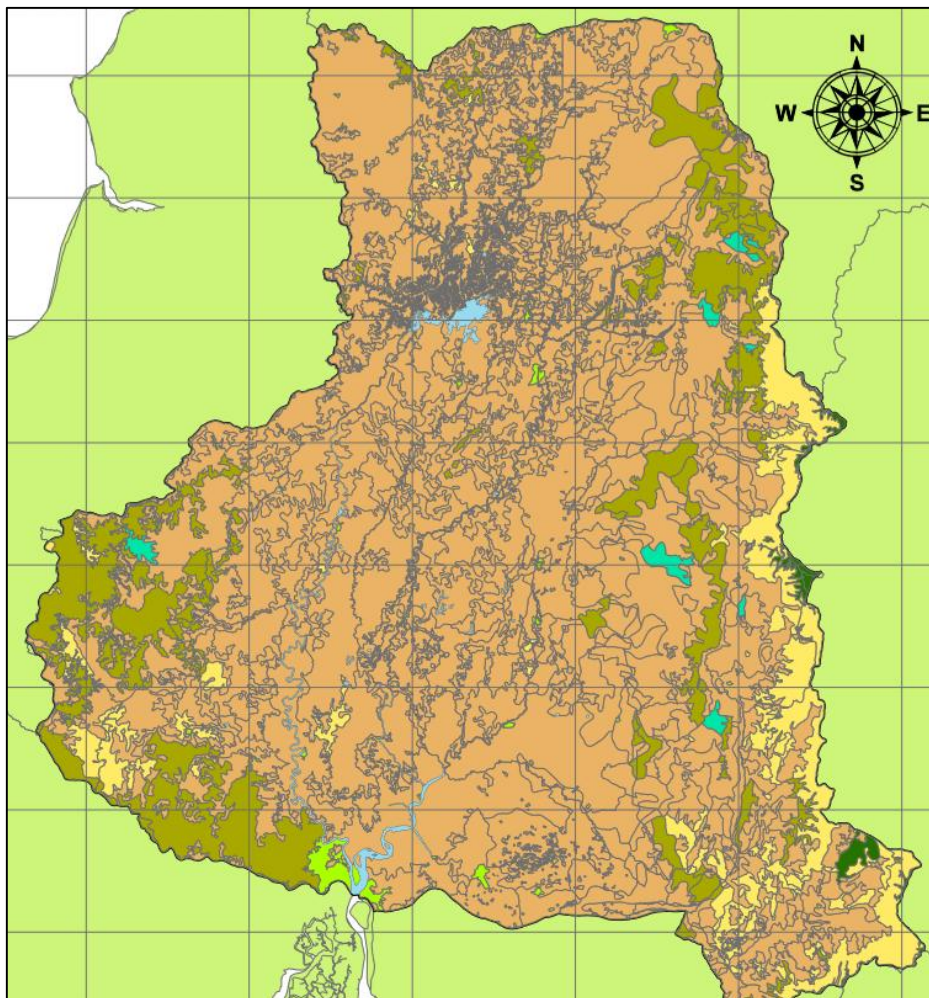
La cobertura vegetal influye de manera significativa en la protección de las pendientes y la conservación del balance hídrico de manera primordial la evapotranspiración y el escurrimiento superficial por lo cual es un factor que debe ser considerado por su contribución con las variables hidrológicas como: tiempo de concentración e infiltración. (Pourrut, 1995)

Tomando como referencia la clasificación de (Sierra, 1999), existe un total de 45 formaciones vegetales en el país y dentro del área de estudio se localizan aproximadamente el 50% de las formaciones vegetales, con una biodiversidad de hábitats y paisajes junto con ellos la diversificación climática, indicada en el mapa

3.10. Es necesario mencionar que la existencia de la vegetación disminuye la escorrentía superficial y fomenta la infiltración.

El mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Guayas se encuentra en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°7.

Figura 3.10: Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Guayas



Fuente: MAGAP, 2011
Elaborado por: Autores

En la tabla 3.6 se mencionan las formaciones vegetales predominantes en la cuenca hidrográfica del río Guayas, con su ubicación en el área de estudio.

Tabla 3.6: Formaciones vegetales en la cuenca del río Guayas

ECORREGIÓN	FORMACIONES VEGETALES	UBICACIÓN
Manglar / Tumbes	Manglar, Manglillo	Ríos Guayas, Daule Y Babahoyo
Pastizales Inundables	Herbazal de tierras bajas de la costa, sabana arbustiva	Cuenca baja del Guayas, ríos Daule, Babahoyo, Yaguachi y Taura
Bosques secos	Matorral seco, bosque deciduo, bosque semi-deciduo, de tierras bajas de la costa	Cuenca baja de los ríos Daule, Babahoyo, Chimbo, Bulubulu y Churute
Bosques húmedos	Bosque siempre verde de la costa, bosque de neblina	Cordillera Chongón Colonche, estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes.
Bosques montanos	Bosque semi-deciduo, bosque de neblina	Ríos Toachi, Chimbo y Chanchán
Páramos	matorral de montaña	Alrededor del Chimborazo, cuenca del río Chanchán

Fuente: CEDEGE – CAURA – FAGRONEN, 2002

Elaborado por: Autores

3.5.9 Uso del suelo.

El censo agropecuario realizado por (SIAGRO, 2008) indica que el área empleada a cultivos de la actividad agrícola supera a la de los pastizales destinados a la actividad pecuaria.

Refiriéndose a la actividad agrícola se enfatiza las provincias del Guayas con un 75% y Los Ríos con un 84%, en cuanto a la actividad ganadera se destacan las provincias de Manabí con un 53% y Santo Domingo de los Tsáchilas con un 52%, tanto en la actividad agrícola como ganadera se registran más de la mitad de la superficie del suelo para desarrollo productivo destinado para pastizales.

Datos históricos sobre la actividad agropecuaria en la cuenca del Guayas según el PIGSA (CEDEGE-CAURA-FAGROMEN, 2002) establece que se localizan al menos 18 cultivos principales clasificados de la siguiente manera, en la tabla 3.7:

Tabla 3.7: Uso del suelo - Principales cultivos de la cuenca del Guayas

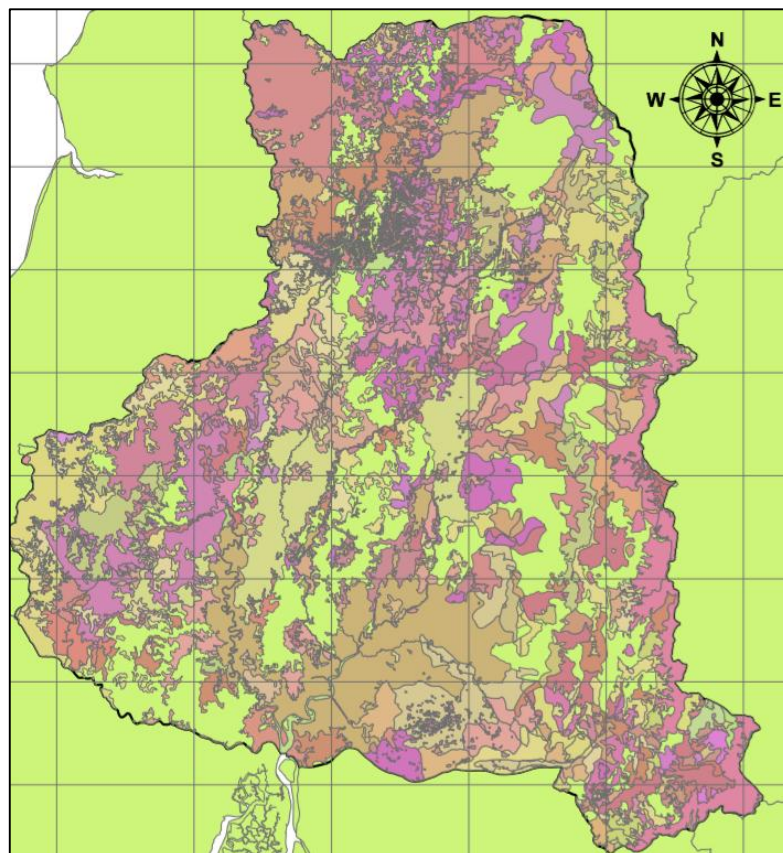
PRINCIPALES CULTIVOS DE LA CUENCA DEL GUAYAS	
DENOMINACIÓN	PRODUCTOS
Productos tradicionales destinados a la exportación	Banano, plátano, café, cacao
Productos no tradicionales de exportación	Mango, cebolla, espárragos, pimienta, abacá y flores tropicales.
Productos utilizados en el consumo interno	Arroz, maíz duro, frutas y hortalizas
Productos utilizados como materias primas industriales	Caña de azúcar, palma africana, soya y algodón

Fuente: CEDEGE – CAURA – FAGRONEN, 2002

Elaborado por: Autores

El mapa de uso del suelo de la cuenca del río Guayas de manera ejemplificada se encuentra en la figura 3.11 y a mayor detalle se adjunta en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°8.

Figura 3.11: Mapa de uso del suelo de la cuenca del río Guayas



Fuente: MAGAP, 2011

Elaborado por: Autores

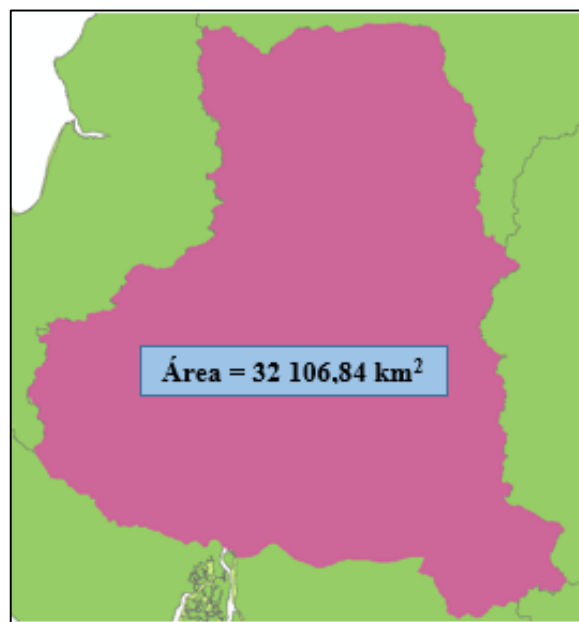
3.6 Caracterización física.

La caracterización física de una cuenca es de gran importancia ya que nos sirve como herramienta para la estimación de respuesta que la cuenca hidrográfica presenta ante un evento inesperado de crecidas, razón por la cual es necesario establecer parámetros como: forma, relieve, red de drenaje entre otros; cuyas características proporcionen la más conveniente posibilidad de conocer la variación del comportamiento del régimen hidrológico. Es adecuado mencionar que las características físicas de una cuenca dependen de su morfología.

3.6.1 Área de drenaje.

Es la proyección horizontal, se define como el área enmarcada por la divisoria de aguas compuesta por los puntos de máxima cota entre cuencas, hasta el punto de cierre de la cuenca hidrográfica, abarca desde el inicio y la desembocadura final de la corriente de agua, para la cuenca en estudio se ha utilizado el programa Arcgis, con el cual se ha determinado con exactitud el área de drenaje con un valor de aproximadamente 32.106,84km².

Figura 3.12: Área de drenaje de la cuenca del río Guayas



Elaborado por: Autores

3.6.2 Perímetro.

El perímetro de una cuenca constituye la medición del polígono que forma la cuenca hidrográfica, en unidades de longitud, para la cuenca en estudio se tiene un perímetro de 1 113.39 km

Tanto el área como el perímetro de drenaje de la cuenca fueron calculados a partir de un modelo digital de elevación DEM, de resolución de 30m, utilizando como punto de cierre de la cuenca la posición de la Estación Hidrológica Actual EHA; y fue calculada con referencia de modelos digitales del terreno.

3.6.3 Coeficientes de forma.

La condición de escurrimiento depende de la forma de la cuenca, si se dispone de una cuenca cuya forma es alargada entonces se tiene que por medio de un solo cauce se discurre el agua, mientras que si su forma es ovalada el escurrimiento se produce también en cauces secundarios hasta llegar a uno principal, alcanzando de esta manera una mayor duración de escurrimiento. (Ochoa, 2011)

3.6.3.1 Índice de gravelius o coeficiente de compacidad (Kc).

Este índice se relaciona con la forma de la cuenca, ya que define la irregularidad de la misma, se expresa mediante el cociente entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área al de la cuenca.

Ecuación 3.1: Índice de gravelius o coeficiente de compacidad

$$Kc = \frac{0.28 P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

Kc: índice de Compacidad

P: perímetro de la cuenca expresado en km

A: Área de la cuenca expresada en km²

$$K_c = \frac{0.28 (1\ 113.39)}{\sqrt{32106.84}} = 1.74$$

El valor de la ecuación 3.2 siempre es mayor que 1 y aumenta con la irregularidad de la cuenca, se establece que mientras el valor se acerca a 1, la forma de la cuenca tenderá a la forma de un círculo. (Monsalve, 2009)

Con relación a lo mencionado y de la misma manera podemos determinar que la forma de la cuenca del río Guayas presenta una forma rectangular – alargada.

Tabla 3.8: Clasificación del coeficiente de gravelius

Kc	FORMA DE LA CUENCA
1.00	Redonda
1.25	Oval Redonda
1.50	Alargada
1.75	Rectangular - Alargada

Fuente: Tapia, 2012

3.6.3.2 Coeficiente de forma (Kf).

El coeficiente de forma es el cociente entre su ancho medio y la longitud axial de su cauce principal. Una cuenca con factor de forma pequeño, está sujeta a crecientes que otra cuenca del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma.

Ecuación 3.2: Coeficiente de forma

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

Ecuación 3.3: Ancho medio

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

Según Horton es la relación entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de su longitud.

Ecuación 3.4: Coeficiente de forma

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

Donde:

Kf: Coeficiente de forma

B: Ancho medio expresado en km

A: área de la Cuenca expresada en km²

L: Longitud de la Cuenca expresada en km

Se toma como longitud del cauce principal, la longitud del río Guayas con aproximadamente 229.66 km.

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

$$B = \frac{32\,106,84 \text{ km}^2}{229.66 \text{ km}} = \mathbf{139.80 \text{ km}}$$

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

$$Kf = \frac{139.80 \text{ km}}{229.66 \text{ km}} = \mathbf{0.61}$$

Según Horton

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

$$Kf = \frac{32\,106,84 \text{ km}^2}{229.66^2 \text{ km}^2} = \mathbf{0.61}$$

Si el coeficiente de forma presenta valores pequeños, muestra una tendencia a presentar crecientes lentas y sostenidas y tomará valores inferiores a 1 en cuencas alargadas. (Ochoa, 2011)

Dado el caso en el que se presenta un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o del río principal y consecuentemente presenta una tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas. (Horton, 1945)

3.6.4 Sistemas de drenaje.

La red hidrográfica de una cuenca es el drenaje natural, permanente o temporal, mediante el cual las aguas provenientes del escurrimiento superficial, hipodérmico y subterráneo de la cuenca fluyen y es analizada bajo los siguientes aspectos:

3.6.4.1 Orden de las corrientes de agua.

Representa el grado de ramificación o bifurcación dentro de la cuenca. Corrientes de primer orden son pequeños conductos sin tributario, las corrientes de segundo orden surgen cuando las de primer orden se unen y las corrientes de tercer orden aparecen cuando se juntan dos corrientes de segundo orden así repetidamente. (Ochoa, 2011)

3.6.4.2 Densidad de drenaje.

Cuando se relaciona la longitud total de las corrientes de agua de la cuenca y su área total estamos definiendo a la densidad de la cuenca como se expresa en la siguiente ecuación:

Ecuación 3.5: Densidad de drenaje

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

Donde:

L: longitud total de las corrientes de agua expresada en km

A: área total de la cuenca expresada en km²

D_d generalmente toma valores entre 0.5 km/km² para cuencas con drenaje pobre y hasta 3.5 km/km² para cuencas extraordinariamente bien drenadas. (Monsalve, 2009)

3.6.4.3 Extensión media de la escorrentía superficial.

Se define como la distancia media en la cual el agua de la lluvia escurre sobre los terrenos de una cuenca, en el caso de que la escorrentía se presentase en línea recta sobre los terrenos de una cuenca donde la lluvia cayó hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de la cuenca. (Monsalve, 2009)

Ecuación 3.6: Extensión media de la escorrentía superficial

$$l = \frac{A}{4 L_t}$$

Donde:

L_t : longitud total de las corrientes de agua expresada en km

A : área de drenaje de la cuenca expresada en km^2

3.6.4.4 Sinuosidad de las corrientes de agua.

Es la relación entre la longitud del río principal a lo largo de su cauce “ L ” y la longitud del valle del río principal medido en línea recta o curva “ L_a ”.

Ecuación 3.7: Sinuosidad de las corrientes de agua

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

3.6.5 Longitud.

3.6.5.1 Longitud del cauce principal (L).

Es la medida del curso de agua más largo desde la cabecera hasta el punto de cierres de la cuenca, existe únicamente una corriente principal por cada cuenca y se expresa en km con un valor de 229.66 km de longitud.

3.6.5.2 Longitud total de los cauces.

Es la suma de las longitudes de todas las corrientes de agua dentro de la cuenca.

3.6.6 Relieve.

La cuenca del río Guayas está constituida por un extenso valle aluvial, el cual se encuentra rodeado por la cordillera de los Andes en el sector oriental y por la cordillera de Chongón-Colonche y en el sector occidental en los cerros de Balzar y Puca.

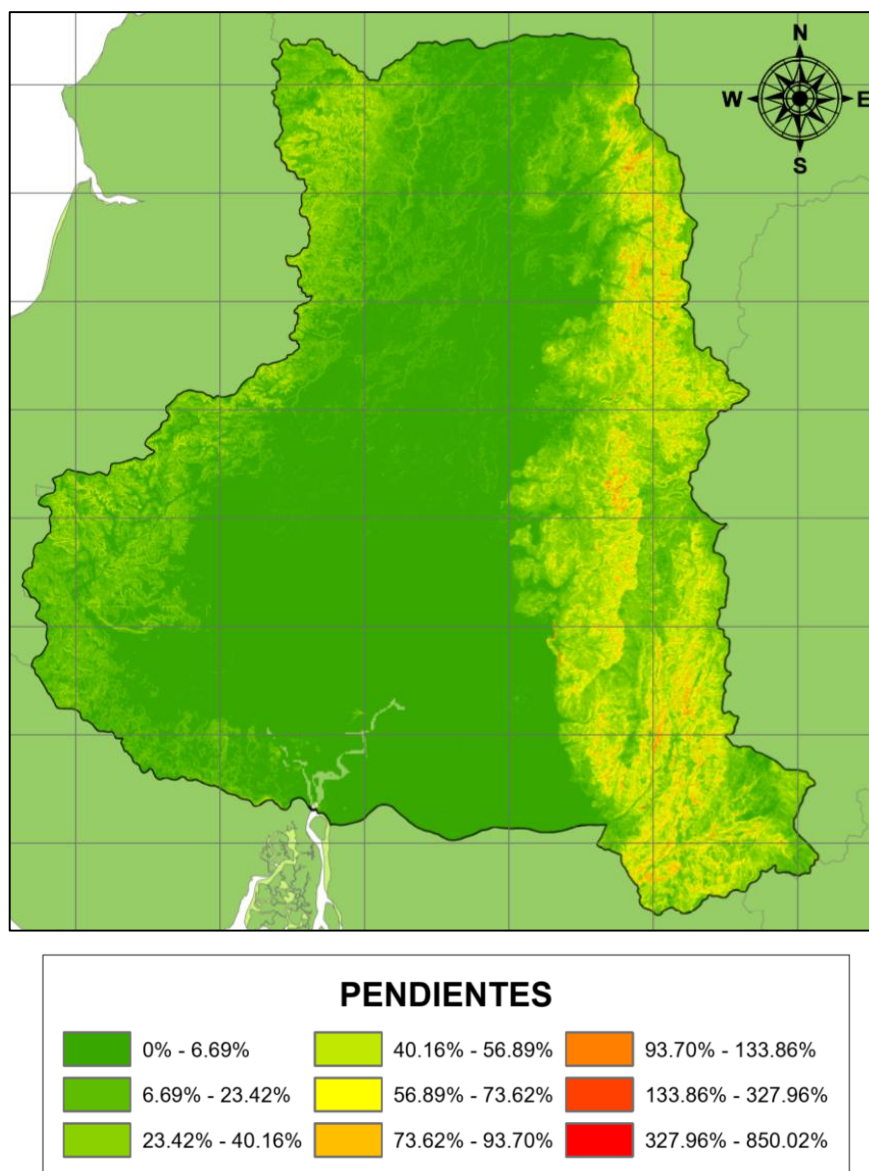
Presenta mayores pendientes conforme se acerca a la cordillera con relieves colinados y planicies extensas en el sector norte del valle aluvial, mientras que en el sector central y sur de la cuenca prevalece el relieve plano, de la misma manera en el sector oeste y noreste se muestra un relieve ondulado que representa los relieves montañosos de las cordilleras costeras y andinas.

En la cuenca baja del Guayas predominan las llanuras seguido de relieves montañosos de la cordillera de los Andes valles fluviales y cerros aislados. (Hurtado, 2012)

El relieve sobre la cuenca de la cuenca del río Guayas, se encuentra relacionado de forma directa con el tiempo de concentración que tardan las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes hacia el curso principal. En el cual se establece que mientras mayor es la pendiente, menor es su tiempo de concentración.

En la figura 3.13 se observa el mapa de pendientes de la cuenca del río Guayas, para mayor detalle ver el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°13.

Figura 3.13: Mapa de pendientes de la cuenca del río Guayas.



Fuente: INAMHI, 2011
Elaborado por: Autores

En la tabla 3.9 se detalla la clasificación y rango de las pendientes dentro de la cuenca del río Guayas, con su respectiva descripción.

Tabla 3.9: Clasificación Morfométrica del relieve

CLASE	RANGO	DESCRIPCIÓN
Planicies	0 - 3%	Plano
Ondulado	7 - 12%	Moderadamente Inclinado
Colinado	12 - 25%	Fuertemente Inclinado
Colinado	25 - 50%	Fuertemente Quebrado
Lomerío	50 - 75%	Escarpado
Montañoso	> 75%	Muy Escarpado

Fuente: INAMHI, 2016

Elaborado por: Autores

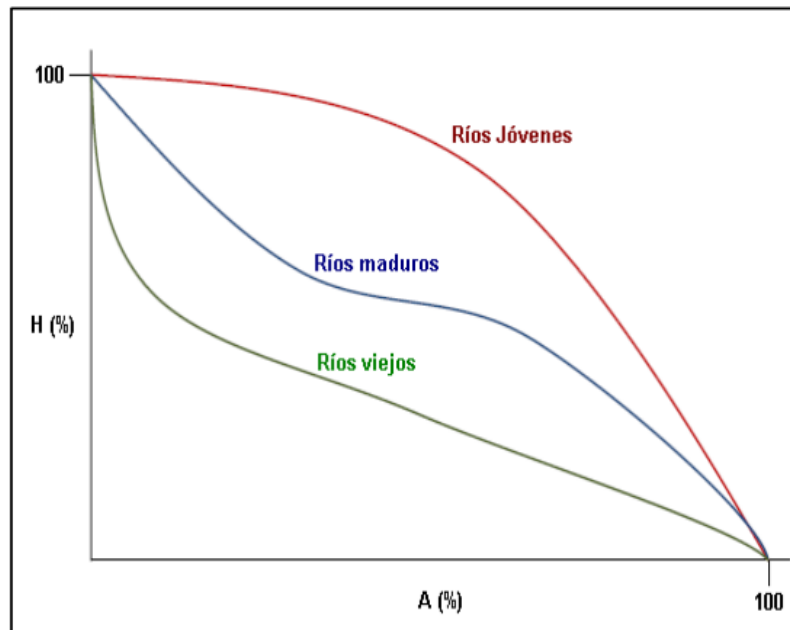
3.6.6.1 Curva hipsométrica.

Es un parámetro frecuente utilizado para definir el relieve, consiste en representar en forma gráfica la variación de elevación de los terrenos de la cuenca, es decir, relaciona el valor de las cotas del terreno con la superficie correspondiente a los intervalos de cotas, en las ordenadas se coloca el valor de la cota y en las abscisas el porcentaje del área acumulada definida entre las curvas de nivel.

- **Tipos de curva hipsométrica.**

La figura 3.14 indica los tipos de curva hipsométrica que pueden presentarse en las cuencas debido a su evolución (edad del río), después de un levantamiento tectónico como resultado de la erosión y degradación del tiempo.

Figura 3.14: Tipos de curva hipsométrica



Fuente: Ibáñez, 2009

La curva hipsométrica permite definir características fisiográficas de las cuencas:

- Cuencas con ríos jóvenes. - presentan gran potencial erosivo.
- Cuencas con ríos maduros. - se encuentran en estado de equilibrio
- Cuencas con ríos viejos. - son sedimentarias. (Ibáñez, 2009)

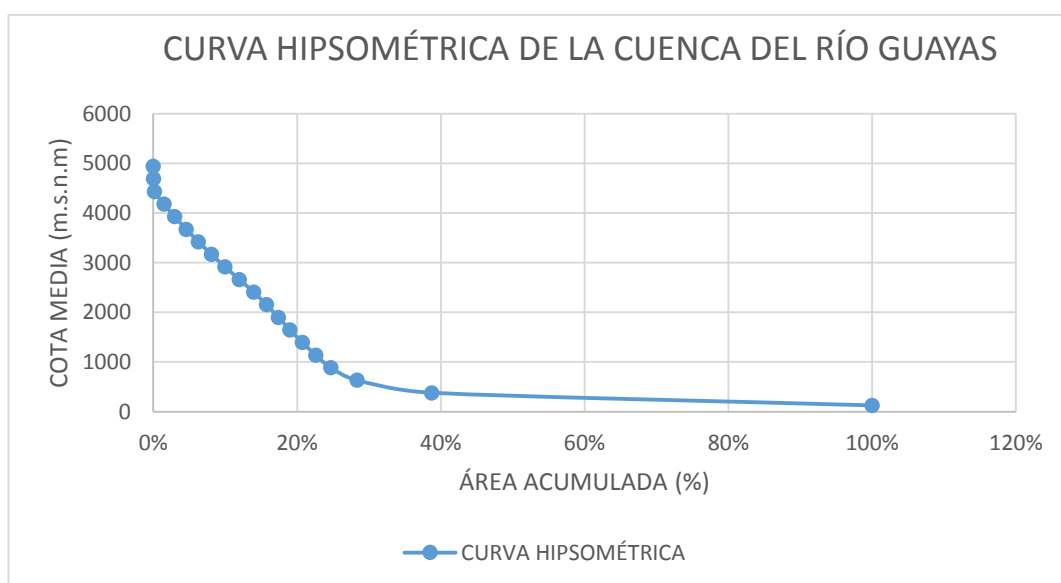
Para el cálculo correspondiente se ha utilizado el programa Arcgis del cual se han determinado de manera directa los parámetros empleados para graficar la curva hipsométrica como se muestra en la tabla 3.10:

Tabla 3.10: Tabla para elaborar la curva hipsométrica de la cuenca del río Guayas

Nº	COTAS (m.s.n.m)			ÁREA (km2)			COTA*ÁREA
	MIN	MAX	COTA MEDIA	ÁREA ENTRE CURVAS	ACUMULADO	ACUMULADO	
1	0	253	127	19694.0	32106.8	100.0%	2491.3
2	254	507	381	3311.1	12412.8	38.7%	1259.9
3	508	760	634	1170.4	9101.7	28.3%	742.1
4	761	1014	888	676.6	7931.3	24.7%	600.5
5	1015	1267	1141	596.1	7254.7	22.6%	680.2
6	1268	1521	1395	553.7	6658.6	20.7%	772.1
7	1522	1774	1648	523.4	6104.9	19.0%	862.5
8	1775	2028	1902	532.7	5581.5	17.4%	1012.8
9	2029	2281	2155	563.5	5048.8	15.7%	1214.3
10	2282	2535	2409	640.0	4485.3	14.0%	1541.4
11	2536	2788	2662	645.6	3845.4	12.0%	1718.6
12	2789	3042	2916	605.3	3199.7	10.0%	1764.6
13	3043	3295	3169	583.5	2594.5	8.1%	1849.1
14	3296	3549	3423	540.1	2011.0	6.3%	1848.6
15	3550	3802	3676	517.3	1470.8	4.6%	1901.5
16	3803	4056	3930	475.0	953.5	3.0%	1866.4
17	4057	4309	4183	421.7	478.6	1.5%	1763.9
18	4310	4563	4437	54.4	56.9	0.2%	241.3
19	4564	4816	4690	2.2	2.5	0.0%	10.3
20	4817	5070	4944	0.3	0.3	0.0%	1.5
SUMA				32106.8365	SUMA		24143.09

Elaborado por: Autores

Gráfica 3.1: Curva hipsométrica de la cuenca del río Guayas.



Elaborado por: Autores

En la gráfica 3.1 se puede apreciar la curva hipsométrica de la cuenca del río Guayas la cual presenta características de ríos viejos, lo cual indica que es una cuenca sedimentaria, según lo que se establece en la figura 3.14.

3.6.6.2 Cota media de la cuenca.

La variación altitudinal de una cuenca influye directamente en la variación térmica, razón por la cual existen microclimas y hábitats conforme al ambiente en donde se encuentran debido a las variaciones altitudinales en el interior de una cuenca, su cálculo se expresa en la siguiente ecuación:

Ecuación 3.8: Cota media de la cuenca

$$E = \frac{\sum_{i=n}^n (Cota\ media_i * \text{Área}_i)}{\sum_{i=n}^n (\text{Área}_i)}$$

Donde:

n: intervalo de clase

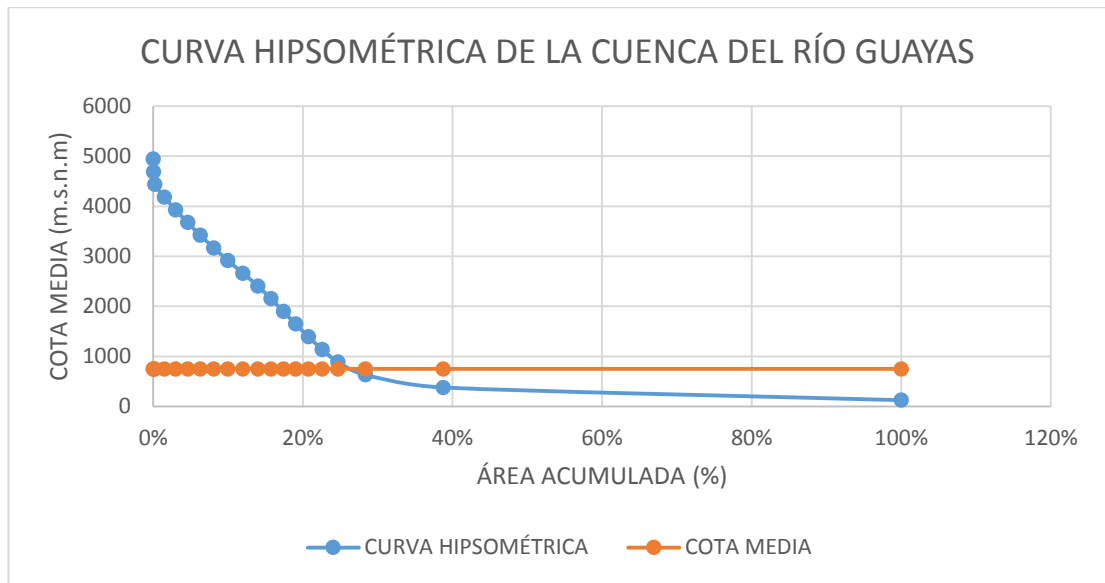
La elevación media es mayor cuando más se eleva el relieve por encima de la elevación mínima, y es menor cuando se presentan menores variaciones de latitud en el relieve. (Ochoa, 2011)

La tabla 3.10 indica valores que permiten el cálculo de la ecuación 3.8 para la obtención de la cota media de la cuenca, la cual se procede a graficar como se observa a continuación:

$$E = \frac{\sum_{i=n}^n (Cota\ media_i * \text{Área}_i)}{\sum_{i=n}^n (\text{Área}_i)}$$

$$E = \frac{24\ 180,03\ km^3}{32\ 147,01\ km^2} * 1000 = 752,17\ m$$

Gráfica 3.2: Curva hipsométrica y cota media de la cuenca del río Guayas



Elaborado por: Autores

3.6.6.3 Pendiente media de la cuenca (Ip).

Esta característica da a conocer la velocidad con la cual se da la escorrentía superficial, afectada por el tiempo que toma el agua de la lluvia para agruparse en los cauces que constituyen la red de drenaje. (Monsalve, 2009)

Para el cálculo de la pendiente media de la cuenca del río Guayas se empleó el programa Arcgis del cual se obtuvo de manera directa el valor de 15.02%

3.6.6.4 Pendiente del río principal.

El relieve de la cuenca incide directamente en el proceso de escorrentía, razón por la cual, mientras mayor sea la pendiente del río principal, el agua adquiere mayor velocidad. (Monsalve, 2009)

La pendiente del cauce principal resulta de la relación entre la diferencia de las cotas superior e inferior del cauce del lecho del río y la longitud entre esos puntos, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación expresada en porcentaje.

Ecuación 3.9: Pendiente del río principal

$$I_r = \frac{Cota_{sup} - Cota_{Inf}}{Longitud (L_r)} * 100\%$$

Donde:

I_r : pendiente del río expresada en %

Cota sup, Cota Inf : cota superior e inferior respectivamente en m.s.n.m

$$I_r = \frac{Cota_{sup} - Cota_{Inf}}{Longitud (L_r)} * 100$$

$$I_r = \frac{(5070 - 0)m}{229660 m} * 100 = 2.21\%$$

3.6.6.5 Tiempo de concentración.

Es llamado también tiempo de equilibrio, es el tiempo que tarda en llegar la partícula más alejada de la cuenca hasta el cierre de la misma, se mide en minutos u horas.

Para la determinación del tiempo de concentración de cuencas hidrográficas existen diferentes ecuaciones desarrolladas por distintos autores cada uno emplea variables interés propio, ya sea relacionadas con lluvia o de una región específica, en la presente investigación se ha utilizado la ecuación 3.10 según Kirpich, debido a que relaciona la longitud del cauce del río y la pendiente del mismo, sin embargo, quedan planteadas más ecuaciones que pueden ser útiles.

Ecuación 3.10: Tiempo de concentración según Kirpich

$$T_c = 0,000325 * \left(\frac{L_r}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Donde:

T_c : tiempo de concentración (horas)

L_r : longitud del cauce del río (m)

S : pendiente del cauce del río (m/m)

$$T_c = 0,000325 * \left(\frac{Lr}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

$$T_c = 0,000325 * \left(\frac{229660}{\sqrt{0.0221}} \right)^{0.77} = \mathbf{18.94 \text{ h}}$$

Ecuación 3.11: Tiempo de concentración – California Culverts Practice 1942

$$T_c = 60 * \left(\frac{11.9 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración

L: longitud del curso del agua más largo (millas)

H: diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (pies)

Ecuación 3.12: Tiempo de concentración – Pérez

$$T_c = \frac{L}{72 * \left(\frac{H}{L} \right)^{0.60}}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (horas)

L: longitud del curso del agua más largo (km)

H: diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m)

Ecuación 3.13: Tiempo de concentración – Témez (1991)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.75}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (horas)

L: longitud del curso del agua más largo (km)

S: pendiente promedio del cauce principal (m/m)

3.6.6.6 Rectángulo equivalente.

Es un parámetro que permite la comparación de la influencia de las propiedades de la cuenca hidrográfica con la esorrentía, su característica principal es la distribución uniforme de alturas que la curva hipsométrica original de la cuenca.

Para el cálculo, se considera un rectángulo equivalente al área de la cuenca de manera que el lado menor sea “I” y el lado mayor sea “L”, ubicando en forma paralela a “L” las curvas de nivel, respetando la hipsometría natural de la cuenca. (Monsalve, 2009)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los cálculos obtenidos de las características físicas y morfológicas de la cuenca en estudio.

Tabla 3.11: Características físicas y morfológicas de la cuenca del río Guayas

N°	Código	Nombre	Área	Perímetro	H _M	H _E	L _r	N	I _c	I _r	L	l	I _p
			[km²]	[km]	[m]	[m]	[km]	[m]		[%]	[km]	[km]	[%]
1	H-0326	Baba DJ Toachi	1359	163	2400	230	82.4	361.7	1.2	2.63%	57.9	23.5	19.1%
2	H-0329	Pilaló en la Esperanza	220	60	3800	960	24.3	473.3	1.1	11.69%	16.4	13.4	36.8%
3	H-0330	Chanchán en Km 90 + 00	1279	170	4000	330	75.6	611.7	1.3	4.86%	65.4	19.6	21.0%
4	H-0331	Chimbo en San Lorenzo	593	593	4100	2420	44.5	280.0	6.8	3.78%	294.6	2.0	22.9%
5	H-0333	San Lorenzo en San Lorenzo	99	42	4050	2460	16.9	265.0	1.2	9.41%	13.5	7.4	32.4%
6	H-0334	De Chima AJ Las Pesquerias	88	41	2500	2000	17.9	83.3	1.2	2.80%	14.3	6.1	18.2%
7	H-0335	Las Pesquerias AJ De Chima	18	19	2700	1960	7.3	123.3	1.3	10.14%	7.0	2.5	46.0%
8	H-0336	Chimbo AJ San Juan	951	138	4100	1820	67.4	380.0	1.3	3.38%	50.1	19.0	23.0%
9	H-0337	Pangor AJ Chimbo	270	74	4050	1466	37.7	430.7	1.3	6.85%	27.1	10.0	26.5%
10	H-0338	Chimbo DJ Pangor	1286	167	4100	1430	78.0	445.0	1.3	3.42%	63.1	20.4	22.5%
11	H-0340	Chimbo en Bucay	2064	248	4100	290	115.9	635.0	1.5	3.29%	103.9	19.9	22.6%
12	H-0343	Echenadia en Echeandia	350	76	4000	300	33.2	616.7	1.1	11.14%	22.3	15.7	38.6%
13	H-0345	Zapotal en Catarama	3469	253	4000	40	141.4	660.0	1.2	2.80%	86.0	40.3	22.8%
14	H-0346	Zapotal en Lechugal	2745	220	4000	120	116.6	646.7	1.2	3.33%	71.7	38.3	19.8%
15	H-0347	Quevedo en Quevedo	3308	261	4000	300	152.5	616.7	1.3	2.43%	96.3	34.3	19.6%
16	H-0385	Angas AJ Chanchán	139	53	4000	750	35.7	541.7	1.3	9.10%	19.1	7.3	34.2%
17	H-0394	Embarcadero en Hda. Clementina	260	82	2900	20	47.8	480.0	1.4	6.03%	33.3	7.8	26.0%

Fuente: INAMHI, 2016

Elaborado por: Autores

Nomenclatura

H_M	Cota superior
H_E	Cota Inferior
L_r	Longitud del río
I_c	Índice de compacidad
I_p	Índice de pendiente
L	Longitud mayor del rectángulo equivalente
l	Longitud menor del rectángulo equivalente
A_m	Altitud media
I_r	Pendiente media del río

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y RELLENO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.

4.1 Introducción.

La entidad encargada de proporcionar y difundir los registros hidrometeorológicos del país es el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, quienes mantienen estos registros desde 1960, en la antigüedad dicha información era procesada de forma manual por operarios de las estaciones, una de las razones por las cuales existen errores involuntarios de datos que no han sido registrados. Por otra parte, para el inicio de cualquier estudio o proyecto hidrológico se requiere el análisis de datos históricos confiables por lo cual es necesario completar la información faltante, homogenizar y validar la misma.

En el presente capítulo se desarrollan los métodos utilizados para el relleno de la información hidrometeorológica de la cuenca del Guayas, datos mensuales hidrológicos específicamente caudales medios mensuales y datos meteorológicos de temperatura media y evaporación, el proceso de esta investigación parte con la solicitud de la información al INAMHI, de quienes se obtuvo acceso a los datos históricos solicitados de las estaciones hidrológicas y meteorológicas de la cuenca en estudio. Los registros obtenidos al encontrarse en bloc de notas, fueron transformados a un formato más accesible para ejecutar y facilitar el trabajo.

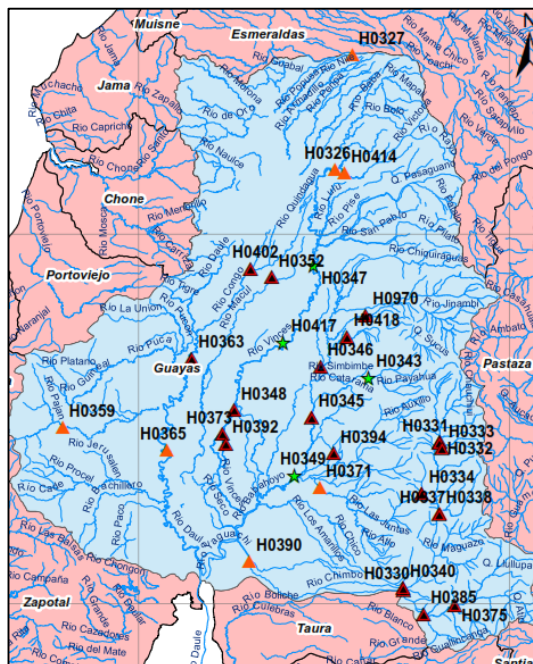
4.2 Datos hidrológicos.

Es necesario mencionar que los archivos de datos hidrológicos proporcionados tienen un antecedente, debido al convenio de cooperación técnica interinstitucional entre la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y el Instituto Nacional de Hidrológica y Meteorología (INAMHI) existe un estudio de validación de la información Hidrometeorológica de la oferta a nivel nacional por cuencas hidrográficas, del cual existen datos completos hasta el año 2008, lo cual indica que a partir del año mencionado se realizará el relleno de datos hidrológicos. Los registros se encuentran en el Anexo N°1. (Anuarios de estaciones hidrometeorológicas proporcionadas por el INAMHI, para la elaboración de la base de información de la cuenca del río Guayas). Caudales.

4.2.1 Identificación de Estaciones Hidrológicas.

Mediante mapas y shapefiles de las estaciones hidrológicas por cuencas, se ha podido identificar las estaciones hidrológicas pertenecientes a la cuenca del Guayas.

Figura 4.1: Mapa de estaciones hidrológicas de la cuenca del Guayas



Fuente: INAMHI, 2017

Elaborado por: Autores

En la figura 4.1 se puede apreciar un mapa de las estaciones hidrológicas de la cuenca del río Guayas con un total de 34 estaciones hidrológicas, ordenadas mediante un código interno impuesto por el INAMHI como se muestra en la tabla 4.1:

Tabla 4.1: Estaciones hidrológicas de la cuenca del río Guayas

Nº	CÓDIGO	CUENCA / SUBCUENCA	PERÍODO		Nº DE AÑOS
			Fecha Inicial	Fecha Final	
1	H-0326	Baba DJ Toachi	1964	1999	35
2	H-0329	Pilaló en la Esperanza	1963	1999	36
3	H-0330	Chanchán en Km 90 + 00	1965	1986	21
4	H-0331	Chimbo en San Lorenzo	1964	1999	35
5	H-0333	San Lorenzo en San Lorenzo	1964	1999	35
6	H-0334	De Chima AJ Las Pesqueras	1968	1999	31
7	H-0335	Las Pesqueras AJ De Chima	1968	1991	23
8	H-0336	Chimbo AJ San Juan	1968	1983	15
9	H-0337	Pangor AJ Chimbo	1974	1999	25
10	H-0338	Chimbo DJ Pangor	1964	1999	35
11	H-0340	Chimbo en Bucay	1964	2000	36
12	H-0342	Cristal AJ San Jorge	1964	1984	20
13	H-0343	Echenadia en Echeandia	1965	1998	33
14	H-0345	Zapotal en Catarama	1971	1996	25
15	H-0346	Zapotal en Lechugal	1964	1999	35
16	H-0347	Quevedo en Quevedo	1963	1999	36
17	H-0348	Vinces en Vinces	1964	1993	29
18	H-0351	Daule en Pichincha	1965	1991	26
19	H-0352	Macul en Puente Carretera	1962	2015	53
20	H-0363	Daule en Balzar	1965	2015	50
21	H-0365	Daule en Capilla	1963	2015	52
22	H-0370	Mastrantal D.J. Pula	1972	1992	20
23	H-0371	San Pablo en Palmar	1969	1993	24
24	H-0373	Vernaza D. J. Vinces	1972	1993	21
25	H-0375	Chanchán DJ Huataxi	1991	1998	7
26	H-0378	Las Juntas DJ Sinde	1985	1993	8
27	H-0385	Angas AJ Chanchán	1965	2000	35
28	H-0390	Chimbo AJ Milagro INAMHI	1969	2015	46
29	H-0394	Embarcadero en Hda. Clementina	1972	1996	24
30	H-0395	De Chima en San José del Tambo	1968	1972	4
31	H-0396	San Jorje AJ Cristal	1964	1972	8
32	H-0397	Angamarca en Pihupungo	1984	1991	7
33	H-0415	San Pablo en la Maná	1985	1997	12
34	H-0416	Lulo AJ Chilla	1984	1990	6

Fuente: INAMHI, 2017

4.2.2 Estaciones hidrológicas para caudales.

Los caudales medios diarios se obtienen mediante un promedio aritmético ponderado de los valores parciales de caudales generados en base de los niveles observados a través de su respectiva curva de gasto. (INAMHI, 2013)

La tabla 4.1 indica todas las estaciones hidrológicas que pertenecen a la cuenca del río Guayas, de las cuales se han seleccionado las estaciones que cuentan con un registro histórico de caudales medios mensuales de más de 15 años, con un total de 24 estaciones hidrológicas, las mismas que han sido divididas en grupos tomando en cuenta sus características similares y considerando a la sub cuenca de aportación como se detalla a continuación en la tabla 4.2:

Tabla 4.2: Estaciones hidrológicas por grupos

GRUPOS	CUENCA Y SUB CUENCA	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO	COORDENADAS UTM		ÁREA Km2	ELEVACIÓN msnm
					NORTE	ESTE		
GRUPO 1	Guayas Subcuenca Chanchán	H0330	Chanchán en KM. 90+180	LG	9767641	645191	1400	335
		H0385	Angas AJ Chanchán	LG	9745664	715711	1500	742
GRUPO 2	Guayas Subcuenca Chimbo	H0331	Chimbo en San Lorenzo	LG	9815670	722069	660	2419
		H0333	San Lorenzo en San Lorenzo	LM	9813457	722994	108	2464
		H0336	Chimbo AJ San Juan	LG	9794597	720346	1090	1820
		H0337	Pangor AJ Chimbo	LG	9786331	722068	282	1480
		H0338	Chimbo DJ Pangor	LG	9786331	721697	1440	1452
		H0340	Chimbo en Bucay	LG	9756765	707289	2280	297
		H0390	Chimbo AJ Milagro - INAMHI	LM	9767641	645191	3922	30
GRUPO 3	Guayas Subcuenca La Chima	H0334	De Chima AJ Las Pesquerias (Sicoto AJ)	LG	9794634	714751	111	2100
		H0335	Las Pesquerias AJ De Chima	LM	9793160	714471	20	2070
GRUPO 4	Guayas Subcuenca Babahoyo	H0326	Baba DJ Toachi - DCP	AU	9926591	679752	1410	125
		H0329	Pilalo en la Esperanza	LM	9902094	714993	283	920
		H0343	Echeandía en Echeandía	LG	9841347	693001	382	425
		H0345	Zapotal en Catarama (Catarama en)	LM	9827726	670518	3720	40

		H0346	Zapotal en Lechugal	LG	9846643	674086	2980	18
		H0347	Quevedo en Quevedo	LG	9887710	671079	3507	125
		H0348	Vinces en Vinces - DCP	AU	9828729	638992	4400	41
		H0371	San Pablo en Palmar	LG	9797439	673615	1387	10
		H0394	Embarcadero en H.Clem(Pot-Sta.Rosa)	LM	9803147	678936		18
GRUPO 5	Guayas Subcuenca Daule	H0351	Daule en Pichincha	LG	9884348	632065	4320	70
		H0352	Macul en Puente Carretera	LM	9882588	654290	100	54
		H0363	Daule en Balzar	LG	9850112	621820	5580	30
		H0365	Daule en La Capilla	LG	9812499	611758	8690	13

Fuente: INAMHI, 2017

Elaborado por: Autores

4.3 Datos Meteorológicos.

Para el análisis de los datos meteorológicos no se tiene ningún antecedente de relleno de datos, con lo cual se dispone a rellenar todos los datos históricos obtenidos de la base de datos del INAMHI, de los cuales se han considerado las variables de precipitación (lluvias), temperatura y evaporación específicamente datos medios mensuales, los cuales se encuentran en el Anexo N° 1. (Anuarios de estaciones hidrometeorológicas proporcionadas por el INAMHI, para la elaboración de la base de información de la cuenca del río Guayas).

4.3.1 Identificación de las estaciones meteorológicas.

Mediante mapas y shapefiles de las estaciones meteorológicas por cuencas, ha sido posible la identificación visual de las estaciones meteorológicas y a su vez localizarlas en la cuenca de estudio, como se indica en la figura 4.2.

Figura 4.2: Mapa de estaciones meteorológicas de la cuenca del Guayas



Fuente: INAMHI, 2017
Elaborado por: Autores

En la cuenca del río Guayas se han identificado 112 Estaciones Meteorológicas, las cuales se encuentran ordenadas de acuerdo al código interno impuesto por la entidad mencionada como se presenta en la tabla 4.3:

Tabla 4.3: Estaciones meteorológicas de la cuenca del río Guayas

CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO	COORDENADAS		ALTURA (m)	PERIODO		N° DE AÑOS
			LATITUD	LONGITUD				
M0006	Pichilingue	AP	1° 6' 0" S	79° 27' 42"W	80	1964	2012	48
M0026	Puerto Ila	CP	0° 28' 24" S	79° 20' 20"W	260	1964	2012	48
M0027	Sto. Domingo (Aeropuerto)	AR	0° 14' 44" S	79° 12' 0" W	557	1964	2012	48
M0030	San Simón	CP	1° 38' 45" S	78° 59' 52"W	2534	1964	1999	35
M0036	Isabel María	CO	1° 49' 41" S	79° 33' 49"W	4	1964	1988	24
M0037	Milagro(Ingeni o Valdez)	AP	2° 6' 56" S	79° 35' 57"W	13	1964	2012	48
M0039	Bucay	CP	2° 11' 44" S	79° 8' 0" W	424	1966	2000	34
M0044	Pedro Pablo Gómez	CO	1° 37' 32" S	80° 33' 26"W	380	1970	1988	18
M0049	Paján	CO	1° 33' 0" S	80° 26' 0" W	130	1981	1987	6
M0051	Babahoyo	AP	1° 47' 49" S	79° 32' 0" W	7	1980	1999	19

M0056	Guayaquil-Aeropuerto	AR	2° 9' 31" S	79° 53' 12"W	5	1964	1989	25
M0090	Mata de Cacao (INERHI)	CP	1° 59' 0" S	79° 21' 0" W	26	1983	1994	11
M0091	Simón Bolívar (INERHI)	CP	2° 0' 0" S	79° 28' 0" W	19	1983	1994	11
M0092	Mariscal Sucre (INERHI)	CP	2° 5' 54" S	79° 29' 12"W	30	1977	1994	17
M0093	Inés María (INERHI)	CP	2° 7' 12" S	79° 18' 48"W	81	1985	1994	9
M0122	Pilaló	CO	0° 56' 37" S	78° 59' 42"W	2520	1964	2012	48
M0123	El Corazón	CO	1° 8' 2" S	79° 4' 32" W	1471	1964	2012	48
M0124	San Juan La Maná	CO	0° 54' 59" S	79° 14' 44"W	215	1964	2012	48
M0129	Caluma	CO	1° 37' 12" S	79° 17' 35"W	442	1964	1999	35
M0130	Chillanes	CO	1° 58' 32" S	79° 3' 48" W	2357	1964	2012	48
M0131	San Pablo de Atenas	CO	1° 48' 55" S	79° 3' 55" W	2572	1969	2000	31
M0132	Balzapamba	PV	1° 46' 16" S	79° 10' 0" W	920	1964	1999	35
M0135	Pachamama-Tixán	CO	2° 11' 42" S	78° 46' 54"W	3472	1964	2000	36
M0136	Chunchi	CO	2° 16' 31" S	78° 55' 25"W	2177	1964	2012	48
M0155	Calabí (CEDEGE)	CO	1° 16' 0" S	79° 25' 0" W	80	1984	1995	11
M0159	La Naranja	CP	1° 24' 07" S	80° 28' 5" W	520	1964	1983	19
M0160	El Carmen	CO	0° 16' 51" S	79° 27' 18"W	250	1977	2002	25
M0161	Flavio Alfaro	CP	0° 24' 8" S	79° 54' 25"W	150	1964	1991	27
M0166	Olmedo-Manabí	CP	1° 23' 44" S	80° 12' 39"W	50	1964	2012	48
M0171	Camposano N° 2	CP	1° 35' 34" S	80° 24' 4" W	120	1977	2012	35
M0172	Pueblo Viejo	CO	1° 31' 5" S	79° 32' 30"W	32	1984	2012	28
M0178	La Toma-EMAPG	CO	1° 59' 0" S	79° 59' 0" W	28	1977	1989	12
M0198	Palo Quemado	CP	0° 22' 13" S	78° 55' 0" W	1200	1974	1993	19
M0209	Alluriquín Inecel	CO	0° 19' 5" S	78° 59' 26"W	805	1975	1993	18
M0218	Ingenio San Carlos	CP	2° 12' 0" S	79° 26' 35"W	35	1966	2012	46
M0227	Balzar (CEDEGE)	CO	1° 21' 39" S	79° 54' 0" W	30	1964	1981	17
M0247	Murucumba	PG	0° 48' 17" S	79° 37' 3" W	64	1989	1994	5
M0248	Dos Hermanas	CP	0° 37' 52" S	79° 40' 4" W	45	1984	1995	11
M0250	La Capilla (CEDEGE)	CP	1° 42' 0" S	79° 58' 40"W	20	1984	1999	15
M0252	Pucayacu	PV	0° 42' 40" S	79° 7' 3" W	680	1984	1995	11
M0253	Monserate (CEDEGE)	PV	1° 58' 27" S	79° 17' 8" W	28	1987	1992	5
M0255	Samborondón	CP	1° 57' 0" S	79° 43' 55"W	10	1984	1988	4
M0257	Daule Colegio	CO	1° 49' 43" S	79° 58' 47"W	15	1964	1997	33

M0259	Isidro Ayora	CO	1° 52' 44" S	80° 8' 33" W	48	1965	1978	13
M0261	La Clementina (CEDEGE)	CO	1° 42' 27" S	79° 23' 17"W	20	1964	1993	29
M0262	Colimes de Balzar (CEDEGE)	CO	2° 6' 24" S	79° 23' 39"W	25	1983	1994	11
M0263	San Antonio- Beneficio Cacao	CO	2° 6' 29" S	79° 23' 39"W	50	1968	1974	6
M0271	Isla de Bejucal	PV	1° 40' 15" S	79° 39' 3" W	22	1987	1995	8
M0280	Vinces (CEDEGE)	CO	1° 32' 25" S	79° 44' 30"W	41	1984	1989	5
M0281	Ventanas	CP	1° 25' 35" S	79° 26' 26"W	22	1987	1991	4
M0283	INMORIEC	CP	0° 46' 54" S	79° 21' 13"W	155	1985	1998	13
M0348	Santa Anita	PV	0° 13' 50" S	79° 14' 54"W	560	1964	2012	48
M0351	Las Delicias- Pichincha	PV	0° 15' 27" S	79° 24' 11"W	340	1964	2001	37
M0355	Pilatón A.J. Toachi	PV	0° 18' 35" S	78° 55' 57"W	961	1967	1985	18
M0362	Las Palmas	PG	0° 26' 36" S	78° 58' 0" W	1650	1965	2012	47
M0366	Angamarca	PV	1° 6' 50" S	78° 55' 42"W	2863	1964	1984	20
M0367	Pinllopata	PV	1° 8' 27" S	79° 1' 34" W	2259	1964	2012	48
M0368	Moraspungo	PV	1° 10' 34" S	79° 13' 21"W	409	1964	2012	48
M0370	Ramón Campaña	PV	1° 6' 59" S	79° 5' 10" W	1462	1967	2012	45
M0374	San Antonio del Delta (Pate)	PV	0° 52' 3" S	79° 14' 50"W	260	1968	2012	44
M0383	Echeandía	PV	1° 25' 33" S	79° 17' 22"W	308	1968	2012	44
M0384	San José del Tambo	PV	1° 56' 36" S	79° 14' 11"W	1200	1968	1980	12
M0385	Salinas Bolívar	PV	1° 24' 13" S	79° 1' 6" W	3472	1971	2012	41
M0386	Cochabamba (Magdalena)	PV	1° 39' 49" S	79° 4' 2" W	2822	1975	1999	24
M0387	Facundo Vela	PV	1° 12' 0" S	79° 3' 0" W	1679	1976	1981	5
M0388	Rio San Antonio Monjas	PV	1° 57' 0" S	79° 14' 0" W	1520	1980	2012	32
M0389	Simiatug	PV	1° 17' 10" S	78° 57' 26"W	3169	1969	1986	17
M0391	Pallatanga	PG	1° 59' 57" S	78° 57' 54"W	1566	1967	2012	45
M0392	Huigra	PV	2° 17' 18" S	78° 58' 50"W	1250	1966	1996	30
M0397	Compud	PV	2° 20' 22" S	78° 56' 13"W	2402	1964	2012	48
M0399	Achupallas- Chimborazo	PV	2° 16' 49" S	78° 46' 6" W	3178	1964	2012	48
M0402	Chimbo D.J. Pangor	PV	1° 56' 24" S	79° 0' 16" W	1524	1967	2012	45

M0403	Alausí	PV	2° 11' 58" S	78°50' 47" W	2267	1964	2012	48
M0404	Cañi-Llimbe	PV	1° 46' 18" S	78° 59' 25"W	2760	1969	2012	43
M0405	Guasuntos	PV	2° 13' 45" S	78° 48' 38"W	2438	1982	2012	30
M0409	Cajones A. J. Pupusa	PV	1° 49' 30" S	78° 52' 53"W	3109	1970	2012	42
M0415	Angas - La Unión	PV	2° 23' 37" S	78° 57' 53"W	2900	1976	1986	10
M0447	24 de Mayo	PV	1° 16' 44" S	80° 25' 6" W	115	1964	2012	48
M0451	El Anegado	PV	1° 28' 46" S	80° 32' 19"W	380	1964	2012	48
M0458	Colimes de Paján	PV	1° 35' 35" S	80° 30' 32"W	200	1970	2012	42
M0463	Camposano N° 1	PV	1° 35' 0" S	80° 23' 52"W	300	1964	1985	21
M0465	Ventanas (INAMHI)	PV	1° 26' 39" S	79° 27' 56"W	53	1964	2012	48
M0466	Vinces (INAMHI)	PV	1° 32' 57" S	79° 45' 0" W	41	1964	2012	48
M0467	Calabí Hda. La Lorena	PV	1° 10' 10" S	79° 28' 24"W	85	1964	1983	19
M0468	Montalvo Los Ríos	PV	1° 46' 32" S	79° 17' 59"W	60	1975	2011	36
M0469	Baba	PV	1° 46' 51" S	79° 40' 35"W	20	1976	2012	36
M0470	Mocache	PV	1° 10' 37" S	79° 29' 39"W	85	1982	2012	30
M0471	Zapotal Los Ríos	PV	1° 21' 10" S	79° 19' 3" W	100	1980	2012	32
M0475	Colimes de Balzar (INAMHI)	PV	1° 32' 34" S	80° 0' 29" W	28	1964	2012	48
M0476	La Capilla (INAMHI)	PV	1° 41' 46" S	79° 49' 45"W	13	1967	2012	45
M0477	Puerto Inca (CANNAR)	PV	2° 31' 49" S	79° 32' 38"W	50	1967	2012	45
M0531	Banco de Arena	PV	2° 9' 0" S	79° 32' 0" W	15	1973	1984	11
M0535	Las Herrerías	PV	1° 36' 21" S	78° 56' 29"W	3120	1964	2012	48
M0540	Multitud	PV	2° 7' 8" S	79° 1' 32" W	1418	1969	1995	26
M0551	Palenque (CEDEGE)	CO	1° 26' 0" S	79° 44' 0" W	45	1984	1995	11
M0555	Villao-Pedro Carbo	PV	1° 50' 30" S	80° 19' 46"W	90	1964	1998	34
M0557	Salitre (CEDEGE)	CO	1° 50' 39" S	79° 49' 15"W	20	1974	1993	19
M0576	Hda San Antonio de Ila	PV	0° 31' 46" S	79° 20' 25"W	250	1964	1978	14
M0582	San Miguel de Bolívar	PV	1° 42' 28" S	79° 2' 25" W	2450	1964	1980	16
M0589	Guale	PV	1° 37' 32" S	80° 14' 9" W	40	1964	1997	33

M0616	Coffea Robusta	CO	1° 6' 32" S	79° 40' 2" W	40	1964	1978	14
M0635	Hda. El Tingo	PV	0° 11' 0" S	79° 12' 0" W	1500	1964	1969	5
M0636	Hda. Cafi	PV	0° 24' 0" S	79° 20' 0" W	300	1964	1969	5
M0638	Hda. La Pitita	PV	0° 43' 0" S	79° 30' 0" W	120	1964	1969	5
M0639	Hda. Pilarcita	PV	0° 53' 0" S	79° 30' 0" W	100	1964	1969	5
M0786	Puerto Limón	PG	0° 23' 24" S	79° 23' 43" W	200	1989	1995	6
M0787	San Andrés	PG	0° 25' 19" S	79° 33' 22" W	180	1987	1996	9
M0788	Alajuela	PV	0° 57' 1" S	79° 45' 55" W	130	1986	1994	8
M0798	Cascol	PV	1° 40' 1" S	80° 26' 49" W	152	1967	1978	11
M0804	Pan Crudo (BALZAR)	PV	1° 15' 9" S	79° 45' 26" W	50	1986	1994	8
M0805	Pisagua- Montalvo	PV	1° 46' 43" S	79° 16' 58" W	150	1973	1993	20
M0806	Pueblo Nuevo	PV	1° 12' 26" S	80° 04' 48" W	200	1973	1987	14

Fuente: INAMHI, 2017

Elaborado por: Autores

La tabla 4.1 muestra todas las estaciones que pertenecen a la cuenca del río Guayas, de las cuales se han seleccionado las estaciones meteorológicas que cuentan con datos históricos de más de 15 años de registro y han sido divididas en grupos tomando en consideración características similares y homogéneas que presentan entre ellas y de acuerdo a los parámetros que van a ser analizados se ha distribuido de la siguiente manera:

4.3.2 Estaciones meteorológicas para precipitación.

La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro, es decir, lluvia, llovizna, granizo, neblina o rocío, que cae de la atmósfera hacia la superficie terrestre, debido a que es un factor importante del ciclo hidrológico se hace necesaria su medición la misma que es realizada mediante alturas de precipitación en milímetros (mm). Un mm de precipitación equivale a la altura obtenida por la caída de un litro de agua sobre la superficie de un metro cuadrado. (INAMHI, 2012)

El mínimo de agua que debe recogerse para que se considere un día con precipitación varía de acuerdo a su país, para el caso de Ecuador se considera un valor de 0.1 mm.

Las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Guayas específicamente la variante meteorológica de precipitación han sido clasificadas mediante provincias, tomando en cuenta que, la cuenca del río Guayas está conformada por 7 provincias y considerando que, si existe registros de precipitaciones en un lugar determinado de cualquier provincia, ésta es afectada en su totalidad y por ende en los valores de toda la provincia, obteniendo así un total de 73 estaciones meteorológicas detalladas en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: Estaciones meteorológicas por provincias para precipitación

PROVINCIA	CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO	PERIODO		Nº DE AÑOS
GUAYAS	M0037	Milagro(Ingenio Valdez)	AP	1964	2012	48
	M0039	Bucay	CP	1966	2000	34
	M0056	Guayaquil-Aeropuerto	AR	1964	1989	25
	M0218	Ingenio San Carlos	CP	1966	2012	46
	M0250	La Capilla (CEDEGE)	CP	1984	1999	15
	M0257	Daule Colegio	CO	1964	1997	33
	M0469	Baba	PV	1976	2012	36
	M0475	Colimes de Balzar (INAMHI)	PV	1964	2012	48
	M0476	La Capilla (INAMHI)	PV	1967	2012	45
	M0477	Puerto Inca (CANNAR EN)	PV	1967	2012	45
	M0555	Villao-Pedro Carbo	PV	1964	1998	34
MANABÍ	M0044	Pedro Pablo Gómez	CO	1970	1988	18
	M0159	La Naranja	CP	1964	1983	19
	M0160	El Carmen	CO	1977	2002	25
	M0161	Flavio Alfaro	CP	1964	1991	27
	M0166	Olmedo-Manabí	CP	1964	2012	48
	M0171	Camposano N° 2	CP	1977	2012	35
	M0447	24 de Mayo	PV	1964	2012	48
	M0451	El Anegado	PV	1964	2012	48
	M0458	Colimes de Paján	PV	1970	2012	42
	M0463	Camposano N° 1	PV	1964	1985	21
	M0589	Guale	PV	1964	1997	33
LOS RÍOS	M0006	Pichilingue	AP	1964	2012	48
	M0036	Isabel María	CO	1964	1988	24
	M0051	Babahoyo	AP	1980	1999	19
	M0172	Pueblo Viejo	CO	1984	2012	28
	M0261	La Clementina (CEDEGE)	CO	1964	1993	29
	M0283	INMORIEC	CP	1985	1998	13
	M0374	San Antonio del Delta (Pate)	PV	1968	2012	44
	M0465	Ventanas (INAMHI)	PV	1964	2012	48

	M0466	Vinces (INAMHI)	PV	1964	2012	48
	M0467	Calabí Hda. La Lorena	PV	1964	1983	19
	M0468	Montalvo Los Ríos	PV	1975	2011	36
	M0470	Mocache	PV	1982	2012	30
	M0471	Zapotal Los Rios	PV	1980	2012	32
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	M0026	Puerto Ila	CP	1964	2012	48
	M0027	Sto. Domingo (Aeropuerto)	AR	1964	2012	48
	M0209	Alluriquín Inecel	CO	1975	1993	18
	M0348	Santa Anita	PV	1964	2012	48
	M0351	Las Delicias-Pichincha	PV	1964	2001	37
	M0355	Pilatón A.J. Toachi	PV	1967	1985	18
COTOPAXI	M0122	Pilaló	CO	1964	2012	48
	M0123	El Corazón	CO	1964	2012	48
	M0124	San Juan La Maná	CO	1964	2012	48
	M0198	Palo Quemado	CP	1974	1993	19
	M0362	Las Palmas	PG	1965	2012	47
	M0366	Angamarca	PV	1964	1984	20
	M0367	Pinllopata	PV	1964	2012	48
	M0368	Moraspungo	PV	1964	2012	48
	M0370	Ramón Campaña	PV	1967	2012	45
BOLÍVAR	M0030	San Simón	CP	1964	1999	35
	M0129	Caluma	CO	1964	1999	35
	M0130	Chillanes	CO	1964	2012	48
	M0131	San Pablo de Atenas	CO	1969	2000	31
	M0132	Balzapamba	PV	1964	1999	35
	M0383	Echeandía	PV	1968	2012	44
	M0385	Salinas Bolívar	PV	1971	2012	41
	M0386	Cochabamba (Magdalena)	PV	1975	1999	24
	M0388	Rio San Antonio Monjas	PV	1980	2012	32
	M0389	Simiatug	PV	1969	1986	17
	M0535	Las Herrerías	PV	1964	2012	48
	M0135	Pachamama-Tixán	CO	1964	2000	36
CHIMBORAZO	M0136	Chunchi	CO	1964	2012	48
	M0391	Pallatanga	PG	1967	2012	45
	M0392	Huigra	PV	1966	1996	30
	M0397	Compud	PV	1964	2012	48
	M0399	Achupallas-Chimborazo	PV	1964	2012	48
	M0402	Chimbo D.J. Pangor	PV	1967	2012	45
	M0403	Alausí	PV	1964	2012	48
	M0404	Cañi-Llimbe	PV	1969	2012	43
	M0405	Guasuntos	PV	1982	2012	30
	M0409	Cajones A. J. Pupusa	PV	1970	2012	42
	M0540	Multitud	PV	1969	1995	26
TOTAL DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS - PRECIPITACIÓN = 73						

Fuente: INAMHI, 2017

Elaborado por: Autores

4.3.3 Estaciones meteorológicas para temperatura.

La temperatura es una variante meteorológica que nos permite describir el estado del clima, su magnitud puede ser medida mediante un termómetro expuesto al aire, pero protegido de la radiación solar o mediante un termómetro seco que indica la temperatura del aire, su reporte es en grados Celsius y décimas de grado. (INAMHI, 2012)

Debido a la escasa cantidad de estaciones meteorológicas con registros de temperatura, la clasificación de esta variable meteorológica ha sido dividida mediante dos climas, es decir, tomando en consideración que la cuenca del río Guayas está conformada por provincias de la costa y de la sierra ecuatoriana y que éstas se diferencian por su clima cálido y frío respectivamente, es pertinente distribuir las así, obteniendo un total de 28 estaciones meteorológicas, como se detalla en la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Estaciones meteorológicas distribuidas por clima para temperatura

CLIMA	PROVINCIA	COD	ESTACIÓN	TIPO	PERIODO		Nº DE AÑOS
CLIMA CÁLIDO	GUAYAS	M0037	Milagro(Ingenio Valdez)	AP	1964	2012	48
		M0039	Bucay	CP	1966	2000	34
		M0056	Guayaquil-Aeropuerto	AR	1964	1989	25
		M0218	Ingenio San Carlos	CP	1966	2012	46
		M0250	La Capilla (CEDEGE)	CP	1984	1999	15
	MANABÍ	M0044	Pedro Pablo Gómez	CO	1970	1988	18
		M0160	El Carmen	CO	1977	2002	25
		M0166	Olmedo-Manabí	CP	1964	2012	48
		M0171	Camposano N° 2	CP	1977	2012	35
	LOS RÍOS	M0006	Pichilingue	AP	1964	2012	48
		M0036	Isabel María	CO	1964	1988	24
		M0051	Babahoyo	AP	1980	1999	19
		M0172	Pueblo Viejo	CO	1984	2012	28
		M0283	INMORIEC	CP	1985	1998	13
	SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	M0026	Puerto Ila	CP	1964	2012	48
		M0027	Sto. Domingo (Aeropuerto)	AR	1964	2012	48
		M0209	Alluriquín Inecel	CO	1975	1993	18

CLIMA FRÍO	COTOPAXI	M0122	Pilaló	CO	1964	2012	48
		M0123	El Corazón	CO	1964	2012	48
		M0124	San Juan La Maná	CO	1964	2012	48
		M0198	Palo Quemado	CP	1974	1993	19
	BOLÍVAR	M0030	San Simón	CP	1964	1999	35
		M0129	Caluma	CO	1964	1999	35
		M0130	Chillanes	CO	1964	2012	48
		M0131	San Pablo de Atenas	CO	1969	2000	31
		M0132	Balzapamba	PV	1964	1999	35
	CHIMBORAZO	M0135	Pachamama-Tixán	CO	1964	2000	36
		M0136	Chunchi	CO	1964	2012	48
TOTAL DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS - TEMPERATURA = 28							

Fuente: INAMHI, 2017

Elaborado por: Autores

4.3.4 Estaciones meteorológicas para evaporación.

Es la cantidad de vapor de agua que puede ser emitida por una superficie de agua pura, por unidad de superficie y por unidad de tiempo, en las condiciones atmosféricas existentes siempre y cuando se cuente con una cantidad suficiente de agua. En el INAMHI se emplea el tanque de evaporación tipo A, que debe ser instalado a 10 cm sobre la superficie de la tierra como medio aislante en una tarima de madera y que consta de un tanque de mediana profundidad y de superficie grande, en donde se mide en milímetros (mm) el descenso de la evaporación, en el nivel de agua que contiene, lo equivalente a la pérdida de un litro de agua contenida en una superficie de un metro cuadrado, es la evaporación potencial. (INAMHI, 2012)

Como variante meteorológica es esencial al momento de establecer el balance hídrico en una determinada cuenca hidrográfica, razón por la cual es considerada en la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas.

Debido a la insuficiente cantidad de estaciones meteorológicas con registros de evaporación, la clasificación de esta variable meteorológica ha sido dividida mediante dos climas, tomando en consideración que la cuenca del río Guayas está

conformada por provincias de la costa y de la sierra ecuatoriana y que éstas se diferencian por su clima cálido y frío respectivamente, es pertinente distribuirlas de esta forma, obteniendo un total de 21 estaciones meteorológicas, como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Estaciones meteorológicas distribuidas por clima para evaporación

CLIMA	PROVINCIA	CÓDIGO	ESTACIÓN	TIPO	PERIODO		Nº DE AÑOS
CLIMA CÁLIDO	GUAYAS	M0037	Milagro(Ingenio Valdez)	AP	1964	2012	48
		M0039	Bucay	CP	1966	2000	34
		M0218	Ingenio San Carlos	CP	1966	2012	46
		M0250	La Capilla (CEDEGE)	CP	1984	1999	15
	MANABÍ	M0044	Pedro Pablo Gómez	CO	1970	1988	18
		M0160	El Carmen	CO	1977	2002	25
		M0166	Olmedo-Manabí	CP	1964	2012	48
		M0171	Camposano N° 2	CP	1977	2012	35
	LOS RÍOS	M0006	Pichilingue	AP	1964	2012	48
		M0036	Isabel María	CO	1964	1988	24
		M0051	Babahoyo	AP	1980	1999	19
		M0172	Pueblo Viejo	CO	1984	2012	28
		M0283	INMORIEC	CP	1985	1998	13
	SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	M0026	Puerto Ila	CP	1964	2012	48
		M0209	Alluriquín Inecel	CO	1975	1993	18
CLIMA FRÍO	COTOPAXI	M0123	El Corazón	CO	1964	2012	48
		M0198	Palo Quemado	CP	1974	1993	19
	BOLÍVAR	M0030	San Simón	CP	1964	1999	35
		M0129	Caluma	CO	1964	1999	35
		M0131	San Pablo de Atenas	CO	1969	2000	31
	CHIMBORAZO	M0136	Chunchi	CO	1964	2012	48
TOTAL DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS - EVAPORACIÓN = 21							

Fuente: INAMHI, 2017

Elaborado por: Autores

4.4 Elaboración de la base de información.

Para la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas se emplea los métodos mencionados y la utilización del software

hydracces el cual permite almacenar base de datos hidrometeorológicos, para lo cual el ingreso de datos es el de los anuarios diarios y mensuales para su procesamiento como se indica a continuación:

4.4.1 Ingreso de estaciones al software hydraccess.

Para el ingreso de las estaciones tanto hidrológicas como meteorológicas se deben añadir en el formulario cada una de ellas, los campos obligatorios son: código, id estación, que es una única identificación para cada estación con su respectivo nombre, zona geográfica, cuenca, río y administrador. Tanto los campos de latitud como de longitud deben ser ingresados en grados.

4.4.2 Tabla de los captores.

Los captosres es el nombre de una serie de datos que deben ser ingresados, con máximo 5 caracteres, el primero es codificado y los siguientes son libres por el operador. Existen 3 tipos de captosres como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 4.7: Captosres

CAPTORES		
TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE DATOS
I	Instantáneos	Minuto, segundos, lluvias instantáneas
J	Diarios	un valor por día
M	Mensuales	un valor por mes

Fuente: VAUCHEL, 2005

Elaborado por: Autores

4.4.3 Inventario de datos.

Es un formulario del hydraccess que permite obtener el contenido de las principales tablas de la base de datos ingresada, el software admite tablas con datos de: aforos, calibraciones, tablas de mediciones de niveles (cotas), caudales, calidad de las aguas, lluvias y datos meteorológicos.

4.4.3.1 Parámetros del inventario.

- **% Lagunas.** - calcula datos de cada captor situado en las tablas de mediciones, el porcentaje de lagunas de observación del período de información existente.
- **Cronograma.** - prepara durante el inventario datos necesarios para un gráfico mostrando los períodos para una serie de Estaciones-Captore.
- **Inclusión de captore sin dato.** – hace figuras en el inventario, las Estaciones-Captore que no presenten dato.
- **Inclusión de captore instantáneos.** –obtiene dato de los captore instantáneos en el inventario.
- **Inclusión de captore diarios.** – obtiene dato de los captore diarios en el inventario.
- **Inclusión de captore mensuales.** - obtiene dato de los captore mensuales en el inventario
- **Limitar captore principales.** - limita el inventario a los captore cuya casilla principal está marcada en el formulario propiedades de los captore.

La información hidrometeorológica obtenida de la base de dato del INAMHI, que fue clasificada mediante las tablas 4.1 y 4.3 en las cuales se muestra el inventario de las 34 y 73 estaciones hidrológicas y meteorológicas respectivamente, son transformadas en un formato adecuado que permita ser importado y guardado individualmente en el software hydraccess con el cual se pueda ejecutar los métodos planteados y que a su vez sirva de base de información para el cálculo de las demás variantes hidrometeorológicas de caudales, precipitación, temperatura y evaporación según corresponda, hydraccess almacena éstos dato mediante un captor J-QM, J-PM, J-TMD y J-EV (tabla 4.8) que incluye los periodos de información de las estaciones seleccionadas.

Tabla 4.8: Datos - Captor

BASE DE DATOS	CAPTOR	VARIANTE
Hidrológicos	J-QM	Caudal medio
Meteorológicos	J-PM	Precipitación media
	J-TMD	Temperatura media
	J-EV	Evaporación

Fuente: VAUCHEL, 2005

Elaborado por: Autores

4.5 Relleno de datos meteorológicos.

Se ha mencionado que, debido a la inobservancia, negligencia, errores involuntarios de los observadores o por ausencia de la instrumentación durante un tiempo determinado, deterioro de las estaciones o eliminación de las mismas, el registro de datos hidrometeorológicos publicados por el INAMHI mediante los anuarios hidrológicos y meteorológicos respectivamente, requieren ser completados, homogenizados y validados mediante distintos métodos, ya que para cualquier investigación posterior relacionada con el estudio de la cuenca del río Guayas es requerida como punto de partida, motivo por el cual es necesaria la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca mencionada.

Para la explicación de la metodología utilizada para el relleno de la información se toma como ejemplo la estación meteorológica M0589, perteneciente a la provincia de Manabí, que corresponde a la estación Meteorológica Guale, con la variante de Precipitación, puesto que en esta estación han sido aplicados todos los métodos planteados, obteniendo un 100% de datos completos, el procedimiento es secuencial y similar para todas las estaciones y sus variantes en este estudio; caudales, precipitación, temperatura o evaporación.

La tabla 4.9 nos indica los datos originales de precipitación media mensual proporcionados por el INAMHI, con el cual se inicia el proceso de relleno de datos.

Tabla 4.9: Datos originales de precipitación media mensual – Estación Meteorológica Guale M0589

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964											0.00	65.10
1965	108.50	294.00	420.60	208.90	116.30	40.60	9.50	4.70	1.50	2.40	1.20	50.90
1966	210.30	164.10	225.60	102.90	28.40	20.00	10.80	8.30	7.80	6.70	11.50	34.00
1967	146.00	142.60	25.50	5.70	6.20	0.90	1.30	0.00	0.00	0.20	0.70	10.40
1968	82.60	50.50	39.40	35.90				2.60	0.00	0.50	0.00	12.50
1969	12.10	46.20		207.10		86.50	3.00	34.90	0.50	0.10	2.10	56.10
1970	4.30	36.90	145.70	330.40	325.20	44.60	11.40	0.30	0.60	0.20	0.50	2.70
1971		438.40	758.60	11.10	0.10	0.90	1.00	2.10	1.90		0.70	4.20
1972	131.70											
1973	406.90	431.00	437.00	363.90	414.10	18.80	77.00	3.50		0.40		
1974												
1975												
1976												
1977												
1978												
1979												
1980												
1981												
1982												
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989											0.00	14.70
1990	135.80	179.80	148.50	265.20	52.60	13.90					0.00	53.10
1991	98.20	374.00	88.20	48.00	122.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.90
1992	180.90	392.60	491.50	460.70	274.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1993												

1994												
1995												7.20
1996	149.60	394.10	174.80	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
1997	219.90	315.90	424.40	324.90	140.50	56.40	46.50	76.60	137.20	94.50	185.40	658.20
1998	335.50	524.60	504.50	742.10	315.10	16.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1999	51.90	373.50	128.40	312.10	0.00	0.00	0.00	0.00	37.20	0.00		
2000												
2001												
2002									0.00	2.50	10.30	44.30
2003	97.90	246.00	104.70	106.20	91.20	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.30
2004	130.00	256.50	216.50	113.80	80.30	7.40	0.00	0.00	41.60	4.10	0.00	10.90
2005	0.40	123.90	146.80	158.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60
2006	219.00	406.00	205.00	35.00	90.00	0.00	0.00					
2007												
2008						0.00	0.00	10.00	0.00			
2009						3.00	0.30	0.00	6.30	1.00	0.00	13.50
2010	108.00			74.00	9.00	0.00	14.00	0.00	7.00	0.30	2.20	29.30
2011	28.80	41.00	57.00	16.20	1.50	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
2012	166.10	82.60	195.00	101.50	37.50	4.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.10	1.90
2013	278.60	248.80	395.10	94.30	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
2014	385.70	293.30	158.00	194.50	67.50	19.40	0.00	0.50	5.60	0.00	0.00	35.40
2015	140.30	239.90	426.30	196.60	142.00	44.00	44.30	2.10	2.00	5.30	8.10	129.40

DATOS SIN RELLENAR

Elaborado por: Autores

4.5.1 Método 1: Promedio de datos diarios.

El método del promedio de datos diarios para su posterior relleno toma en consideración el promedio de valores diarios con más de 20 días de observaciones en el mes.

Como se puede apreciar en la tabla 4.9 los datos de color gris son datos que requieren ser completados, cada uno debe ser observado en el inventario ingresado en el hydraccess y comprobar si en el mes al que corresponde existe por lo menos 20 datos registrados para que el método pueda ser aplicado.

Se observa entonces en la figura 4.3 y en la tabla 4.9 que para el año 2007 no existe dato en el mes de diciembre, en la parte derecha de la ventana del hydraccess se encuentran el registro de los valores diarios, de los cuales se debe verificar que exista más de 20 valores registrados para que sea posible rellenar este dato en ese año y ese mes mediante este método.

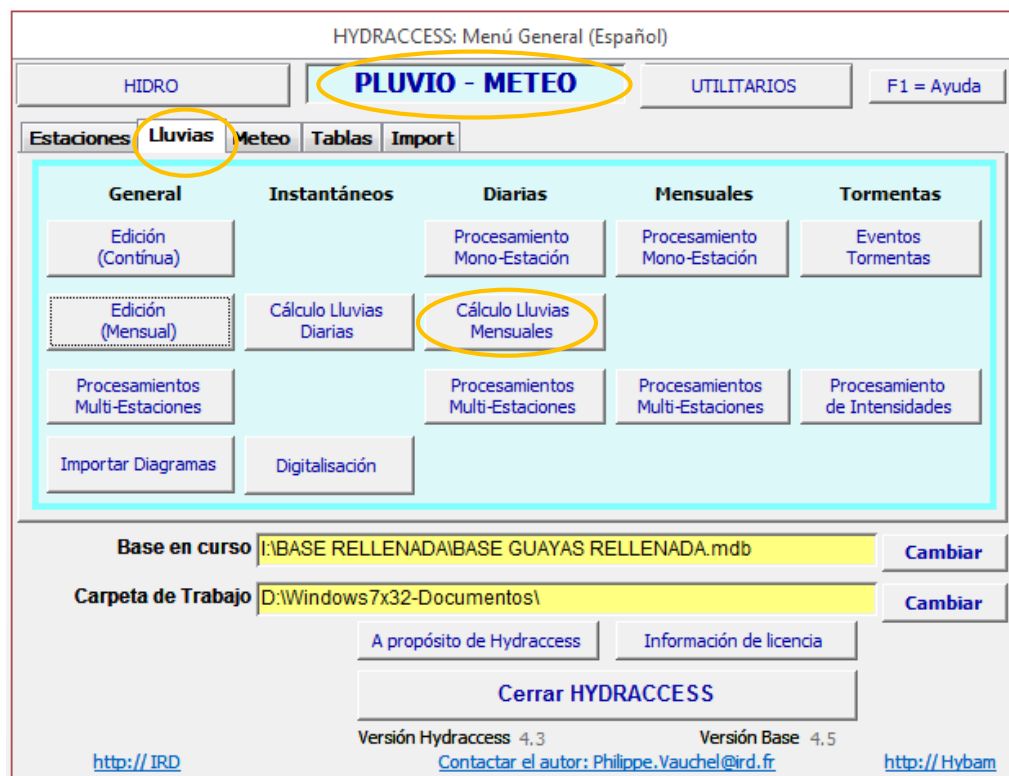
Figura 4.3: Método 1: Promedio de datos diarios

Día	Valor	Origen	Calidad	Natural
1	10,0	L		
2	0	L		
3	0	L		
4	0	L		
5	0	L		
6	0	L		
7	0	L		
8	0	L		
9	0	L		
10	0	L		
11	0	L		
12	0	L		
13	0	L		
14	0	L		
15	0	L		
16	0	L		
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28	0	L		
29	0	L		
30	0	L		
31	0	L		

Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

En la figura 4.4 se encuentra la pantalla principal del hydraccess, en la cual se selecciona “Pluvio-Meteo” seguido del comando “Lluvias” debido a que el dato en cuestión se trata de un dato meteorológico con su variante precipitación, luego seleccionamos en la opción “Diarias” la alternativa “cálculo de lluvias mensuales”, si se tratase de la variante hidrológica “caudales” la selección es “Hidro”, “Caudales”, “Diarias” y “Cálculo caudales mensuales”.

Figura 4.4: Menú principal hydraccess



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

En la figura 4.5 se muestra el menú que se desprende de la opción “cálculo de lluvias mensuales”, en el cual se procede a elegir el cálculo de un valor parcial si el número de días es inferior a “12” ya que por diferencia de días esta opción se acomoda al método indicado y finalmente la opción lanzar el cálculo.

Figura 4.5: Cálculo del valor faltante – lluvias mensuales

Cálculo de Valores Mensuales de la Tabla: Pluies

Id Estación		M0589	←	→	
		GUALE			
Captor	J-PM	Lluvias			
Período con Datos		Período a procesar			
Fecha Inicio	01/11/1964 12:00				
Fecha Final	31/12/2015 12:00				
Valor(es)	18688				
Calcular un valor parcial si el número de días faltantes es inferior o igual a		12 días			
Fecha Inicio		No Valores			
Fecha Final		Año en curso			
Lanzar el cálculo		Interrumpir			

Fuente: Hydracces, 2018

Elaborado por: Autores

En la figura 4.6 se encuentra el menú de edición de datos mensuales, en donde se debe cambiar el captor de datos diarios, por el captor de datos mensuales, es decir, en lugar de seleccionar la base de información con el captor J-PM seleccionamos la base de información con el captor M-PM que acabamos de calcular, en la cual se observa que, para el ejemplo mencionado, en el año 2007 para el mes de diciembre, ya se encuentra el dato calculado, como se aprecia en la parte derecha de la ventana, este valor debe ser registrado en la base de información original, para que siga siendo completada.

Figura 4.6: Relleno de datos

Edición Mensual o Anual de la tabla: Pluies

Id Estación: M0589 GUALE Captor: M-PM Lluvias

Año: 2007 2007

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1999	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
2000												
2001												
2002									C	C	C	C
2003	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2004	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2005	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2006	C	C	C	C	C	C						
2007												C
2008						C	C	C	C			
2009						C	C	C	C	C	C	C
2010	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2011	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2012	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2013	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2014	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2015	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Defecto Establecer

Origen: L L Calidad: Naturale:

Predefinir las Horas

Entrada = Flecha Abajo

Ins. Celda Supr. Celda

Ins. fila Supr. fila

Inicializar a Cero

Total: 10,0

Mostrar Inventario Cancelar modificaciones Validar Período Validar y Siguiente STOP

Mes	Valor	Origen	Calidad	Natural
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12	10,0	L		P

Fuente: Hydracces, 2018
Elaborado por: Autores

Este procedimiento se debe realizar con todos los valores faltantes que cumplan con la condición de los 20 días, en el ejemplo utilizado luego del procedimiento mencionado se han rellenado los siguientes datos, obteniendo así la siguiente tabla 4.10:

Tabla 4.10: Precipitación media mensual corregida – Método 1: Promedio de datos diarios - Estación Meteorológica Guale – M0589

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964											0.00	65.10
1965	108.50	294.00	420.60	208.90	116.30	40.60	9.50	4.70	1.50	2.40	1.20	50.90
1966	210.30	164.10	225.60	102.90	28.40	20.00	10.80	8.30	7.80	6.70	11.50	34.00
1967	146.00	142.60	25.50	5.70	6.20	0.90	1.30	0.00	0.00	0.20	0.70	10.40
1968	82.60	50.50	39.40	35.90				2.60	0.00	0.50	0.00	12.50
1969	12.10	46.20		207.10		86.50	3.00	34.90	0.50	0.10	2.10	56.10
1970	4.30	36.90	145.70	330.40	325.20	44.60	11.40	0.30	0.60	0.20	0.50	2.70
1971		438.40	758.60	11.10	0.10	0.90	1.00	2.10	1.90		0.70	4.20
1972	131.70											
1973	406.90	431.00	437.00	363.90	414.10	18.80	77.00	3.50		0.40		
1974												
1975												
1976												
1977												
1978												
1979												
1980												
1981												
1982												
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989											0.00	14.70
1990	135.80	179.80	148.50	265.20	52.60	13.90					0.00	53.10
1991	98.20	374.00	88.20	48.00	122.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.90
1992	180.90	392.60	491.50	460.70	274.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1993												

1994												
1995												7.20
1996	149.60	394.10	174.80	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
1997	219.90	315.90	424.40	324.90	140.50	56.40	46.50	76.60	137.20	94.50	185.40	658.20
1998	335.50	524.60	504.50	742.10	315.10	16.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1999	51.90	373.50	128.40	312.10	0.00	0.00	0.00	0.00	37.20	0.00		
2000												
2001												
2002									0.00	2.50	10.30	44.30
2003	97.90	246.00	104.70	106.20	91.20	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.30
2004	130.00	256.50	216.50	113.80	80.30	7.40	0.00	0.00	41.60	4.10	0.00	10.90
2005	0.40	123.90	146.80	158.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60
2006	219.00	406.00	205.00	35.00	90.00	0.00	0.00					
2007												10.00
2008						0.00	0.00	10.00	0.00			
2009						3.00	0.30	0.00	6.30	1.00	0.00	13.50
2010	108.00	203.30	119.50	74.00	9.00	0.00	14.00	0.00	7.00	0.30	2.20	29.30
2011	28.80	41.00	57.00	16.20	1.50	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
2012	166.10	82.60	195.00	101.50	37.50	4.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.10	1.90
2013	278.60	248.80	395.10	94.30	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
2014	385.70	293.30	158.00	194.50	67.50	19.40	0.00	0.50	5.60	0.00	0.00	35.40
2015	140.30	239.90	426.30	196.60	142.00	44.00	44.30	2.10	2.00	5.30	8.10	129.40

	DATOS SIN RELLENAR
	DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE DATOS DIARIOS (20 DIAS O MÁS DE OBSERVACIONES)

Elaborado por: Autores

4.5.2 Método 2: Valores Circundantes o en cruz.

De la tabla 4.9, se observamos si existe un dato faltante cuyos meses colindantes o en cruz registren valores, para que éste sea calculado mediante su promedio como ya se mostró en la figura 2.4.

Tabla 4.11: Precipitación media mensual corregida – Método 2: Valores circundantes o en cruz - Estación Meteorológica Guale – M0589

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964											0.00	65.10
1965	108.50	294.00	420.60	208.90	116.30	40.60	9.50	4.70	1.50	2.40	1.20	50.90
1966	210.30	164.10	225.60	102.90	28.40	20.00	10.80	8.30	7.80	6.70	11.50	34.00
1967	146.00	142.60	25.50	5.70	6.20	0.90	1.30	0.00	0.00	0.20	0.70	10.40
1968	82.60	50.50	39.40	35.90				2.60	0.00	0.50	0.00	12.50
1969	12.10	46.20	109.60	207.10		86.50	3.00	34.90	0.50	0.10	2.10	56.10
1970	4.30	36.90	145.70	330.40	325.20	44.60	11.40	0.30	0.60	0.20	0.50	2.70
1971	144.65	438.40	758.60	11.10	0.10	0.90	1.00	2.10	1.90		0.70	4.20
1972	131.70											
1973	406.90	431.00	437.00	363.90	414.10	18.80	77.00	3.50		0.40		
1974												
1975												
1976												
1977												
1978												
1979												
1980												
1981												
1982												
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												

1988												
1989											0.00	14.70
1990	135.80	179.80	148.50	265.20	52.60	13.90					0.00	53.10
1991	98.20	374.00	88.20	48.00	122.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.90
1992	180.90	392.60	491.50	460.70	274.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1993												
1994												
1995												7.20
1996	149.60	394.10	174.80	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
1997	219.90	315.90	424.40	324.90	140.50	56.40	46.50	76.60	137.20	94.50	185.40	658.20
1998	335.50	524.60	504.50	742.10	315.10	16.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1999	51.90	373.50	128.40	312.10	0.00	0.00	0.00	0.00	37.20	0.00		
2000												
2001												
2002									0.00	2.50	10.30	44.30
2003	97.90	246.00	104.70	106.20	91.20	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.30
2004	130.00	256.50	216.50	113.80	80.30	7.40	0.00	0.00	41.60	4.10	0.00	10.90
2005	0.40	123.90	146.80	158.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60
2006	219.00	406.00	205.00	35.00	90.00	0.00	0.00					
2007												10.00
2008						0.00	0.00	10.00	0.00			
2009						3.00	0.30	0.00	6.30	1.00	0.00	13.50
2010	108.00	203.30	119.50	74.00	9.00	0.00	14.00	0.00	7.00	0.30	2.20	29.30
2011	28.80	41.00	57.00	16.20	1.50	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
2012	166.10	82.60	195.00	101.50	37.50	4.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.10	1.90
2013	278.60	248.80	395.10	94.30	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
2014	385.70	293.30	158.00	194.50	67.50	19.40	0.00	0.50	5.60	0.00	0.00	35.40
2015	140.30	239.90	426.30	196.60	142.00	44.00	44.30	2.10	2.00	5.30	8.10	129.40

DATOS SIN RELLENAR

DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE DATOS DIARIOS (20 DÍAS O MÁS DE OBSERVACIONES)

DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE LOS VALORES CIRCUNDANTES

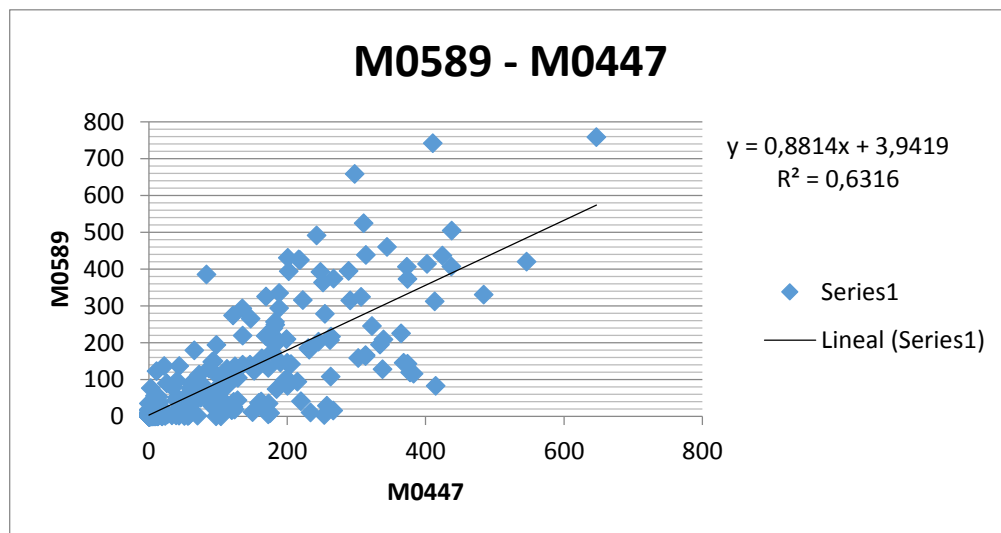
Elaborado por: Autores

4.5.3 Método 3: Regresión Lineal Simple.

En el ejemplo utilizado, se tiene que la estación pertenece a la provincia de Manabí, con lo cual todas las estaciones que se encuentran en este grupo pueden emplearse para este método ya que, a más de compartir una misma ubicación, sus características son similares, de la misma manera se tomará en cuenta para las demás estaciones y variantes hidrometeorológicas.

Para el método de regresión lineal simple se considera como variable dependiente la estación que va a ser calculada y como variable independiente, la estación que proporciona datos para el cálculo, la estación que mejor relacione las variables mencionadas representa una recta, afirmamos que existe correlación lineal y para medir la intensidad y la dirección de esta relación, se determina el coeficiente de Pearson el cual nos indica que un valor cercano a 1 significa que existe una correlación lineal entre las variables, como se detalla en la gráfica 4.1.

Gráfica 4.1: Regresión lineal simple – Estaciones Guale M0589 – 24 de mayo M0447



Elaborado por: Autores

En la tabla 4.12 se muestra que la provincia de Manabí en la variante meteorológica de precipitación tiene 10 estaciones meteorológicas con las cuales puede realizar la correlación, sin embargo, la estación que mejor correlación lineal presenta mediante

el coeficiente de Pearson y el número total de datos a rellenar es la estación meteorológica 24 de mayo M0447.

Tabla 4.12: Regresión lineal simple – Estación meteorológica Guale M0589

VARIABLES		PEARSON	Nº DATOS RELLENOS	ECUACIÓN
Y	X	r		
M0589	M0044	0,87647019	157	$Y=1,4944X+15,058$
M0589	M0159	0,84403791	negativos	$Y=1,0082X-10,04$
M0589	M0160	0,75179785	-	
M0589	M0161	0,64737933	-	
M0589	M0166	0,74377416	-	
M0589	M0171	0,84510354	241	$Y=0,7662X+1,4468$
M0589	M0447	0,79893679	286	$Y=0,8814X+3,9419$
M0589	M0451	0,61253571	-	
M0589	M0458	0,84142736	280	$Y=0,9276X+4,2982$
M0589	M0463	0,87120606	negativos	$Y=0,9076X-7,7067$

Elaborado por: Autores

Mediante la ecuación $y = 0.8814x + 3.9419$ de la tabla 4.12 se procede a calcular los valores faltantes de la estación M0589, verificando que la estación que proporciona datos para el cálculo contenga datos en los espacios a ser rellenados, como se indica en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Regresión lineal simple – Estaciones: Guale M0589 – 24 de mayo M0447

FECHA	M0447	M0589	RELLENO
16/01/1968 00:00	200,60	82,60	
16/02/1968 00:00	75,00	50,50	
16/03/1968 00:00	122,80	39,40	
16/04/1968 00:00	57,30	35,90	
16/05/1968 00:00	10,10		12,84
16/06/1968 00:00	6,90		10,02
16/07/1968 00:00	0,70		4,56
16/08/1968 00:00	3,60	2,60	
16/09/1968 00:00	12,40	0,00	
16/10/1968 00:00	4,30	0,50	
16/11/1968 00:00	0,00	0,00	
16/12/1968 00:00	9,30	12,50	
16/01/1969 00:00	150,00	12,10	
16/02/1969 00:00	88,50	46,20	
16/03/1969 00:00	321,90		287,66
16/04/1969 00:00	262,10	207,10	
16/05/1969 00:00	245,40		220,24
16/06/1969 00:00	77,40	86,50	

Elaborado por: Autores

Con los datos obtenidos de la correlación lineal simple, como se muestra en la tabla 4.13 se procede a completar la base de información inicial como se muestra en la tabla 4.14.

El método de regresión lineal simple de las demás estaciones hidrológicas y meteorológicas se encuentran en el Anexo N°3. (Método de regresión lineal simple para la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas).

Tabla 4.14: Precipitación media mensual corregida – Método 3: Regresión lineal simple - Estación Meteorológica Guale – M0589 y 24 de mayo M0447

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964											0.00	65.10
1965	108.50	294.00	420.60	208.90	116.30	40.60	9.50	4.70	1.50	2.40	1.20	50.90
1966	210.30	164.10	225.60	102.90	28.40	20.00	10.80	8.30	7.80	6.70	11.50	34.00
1967	146.00	142.60	25.50	5.70	6.20	0.90	1.30	0.00	0.00	0.20	0.70	10.40
1968	82.60	50.50	39.40	35.90	12.84	10.02	4.56	2.60	0.00	0.50	0.00	12.50
1969	12.10	46.20	109.60	207.10	220.24	86.50	3.00	34.90	0.50	0.10	2.10	56.10
1970	4.30	36.90	145.70	330.40	325.20	44.60	11.40	0.30	0.60	0.20	0.50	2.70
1971	144.65	438.40	758.60	11.10	0.10	0.90	1.00	2.10	1.90		0.70	4.20
1972	131.70	316.75	376.60	174.76	56.65	260.34	64.76	19.45	37.26	14.69	7.56	155.37
1973	406.90	431.00	437.00	363.90	414.10	18.80	77.00	3.50	27.92	0.40	5.26	24.13
1974												
1975	231.17	301.86	336.23		138.97	7.64	8.35		4.47		4.47	
1976	358.62	232.75	326.09	377.04	303.27	133.51	15.31	48.63	5.44	3.94	5.00	34.00
1977	113.15	413.79	389.38	94.02	21.57	38.05	5.44	3.94	12.58	8.44	3.94	93.58
1978	89.88	209.40	272.06		135.62	8.35	6.50	3.94	6.15	3.94	7.03	12.23
1979	82.03	167.53	202.79	104.33	29.06	14.78	5.18	3.94	13.64	6.76	3.94	5.44
1980	89.88	89.79	161.45	210.81	125.84	20.34	3.94	4.82	3.94	4.38	3.94	9.58
1981	24.92	228.35	143.29	119.49	23.77	6.50	10.90	4.47	5.53	3.94	3.94	10.29
1982	118.35	125.05	114.12	57.00	61.32	9.05	16.55	3.94	8.08	129.01	181.98	283.43
1983	352.27	300.80	390.00	517.45	248.00	228.61	346.01		38.85	3.94	11.96	32.76
1984	3.94									3.94	3.94	94.81
1985	84.77	319.57	315.43	40.96	62.73	22.54	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	28.62
1986	230.37	109.09	94.29	170.97	10.46	3.94	3.94	3.94	3.94	8.44	3.94	10.29
1987	140.91	254.79	109.53	180.31	50.83	3.94	4.38	58.76	6.85	4.03	4.03	103.80
1988	79.13	152.72	83.71	137.47	76.66	10.82	9.32	6.41	6.59	4.38	4.47	68.99
1989	147.52	261.84	224.20	147.26	17.78	50.92	4.65	3.94	3.94	8.00	0.00	14.70
1990	135.80	179.80	148.50	265.20	52.60	13.90	4.47	3.94	3.94	3.94	0.00	53.10
1991	98.20	374.00	88.20	48.00	122.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.90
1992	180.90	392.60	491.50	460.70	274.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.76
1993	99.13	482.19	288.19	124.78	14.87	88.47	4.47	6.23	4.29	6.23	4.21	9.32

1994	157.75	142.41	326.53	94.90	189.65	9.23	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	51.80
1995	169.38	229.67	58.32	107.77	37.52	4.47	3.94	6.06	3.94	3.94	3.94	7.20
1996	149.60	394.10	174.80	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
1997	219.90	315.90	424.40	324.90	140.50	56.40	46.50	76.60	137.20	94.50	185.40	658.20
1998	335.50	524.60	504.50	742.10	315.10	16.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1999	51.90	373.50	128.40	312.10	0.00	0.00	0.00	0.00	37.20	0.00	24.92	18.31
2000	130.25	215.30	275.06	188.24	50.13	26.33	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	10.46
2001	345.13	112.00	305.03	156.69	44.13	4.38	5.00	4.82	3.94	3.94	3.94	10.90
2002	63.17	254.70	388.76	232.75	81.68		7.29	3.94	0.00	2.50	10.30	44.30
2003	97.90	246.00	104.70	106.20	91.20	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.30
2004	130.00	256.50	216.50	113.80	80.30	7.40	0.00	0.00	41.60	4.10	0.00	10.90
2005	0.40	123.90	146.80	158.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60
2006	219.00	406.00	205.00	35.00	90.00	0.00	0.00	6.06	6.23	17.60	6.06	17.25
2007	101.87	152.63	227.82	102.66	47.84	39.20	10.55	4.03	3.94	3.94	4.21	
2008	235.66	255.05	241.39	136.50	47.31	0.00	0.00	10.00	0.00	3.94	3.94	3.94
2009	177.31	236.72	94.20	86.26	53.74	3.00	0.30	0.00	6.30	1.00	0.00	13.50
2010	108.00			74.00	9.00	0.00	14.00	0.00	7.00	0.30	2.20	29.30
2011	28.80	41.00	57.00	16.20	1.50	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
2012	166.10	82.60	195.00	101.50	37.50	4.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.10	1.90
2013	278.60	248.80	395.10	94.30	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
2014	385.70	293.30	158.00	194.50	67.50	19.40	0.00	0.50	5.60	0.00	0.00	35.40
2015	140.30	239.90	426.30	196.60	142.00	44.00	44.30	2.10	2.00	5.30	8.10	129.40

	DATOS SIN RELLENAR
	DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE DATOS DIARIOS (20 DIAS O MÁS DE OBSERVACIONES)
	DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE LOS VALORES CIRCUNDANTES
	DATOS RELLENADOS CON CORRELACION SIMPLE ESTACION M0159 ECUACION M0589=0.8814*M0159+3.9419

Elaborado por: Autores

4.5.4 Método 4: Regresión lineal múltiple.

Este método es empleado si al observar que luego de aplicar los métodos anteriores aún existen espacios de datos que requieren ser completados, el procedimiento consiste en relacionar la estación que va ser calculada con dos o más estaciones del mismo grupo, que presenten valores en aquellos espacios en donde la estación a calcular se encuentre sin datos, la mejor correlación es aquella en la cual el valor de Pearson sea cercano a 1 lo cual indica la correlación lineal entre estaciones.

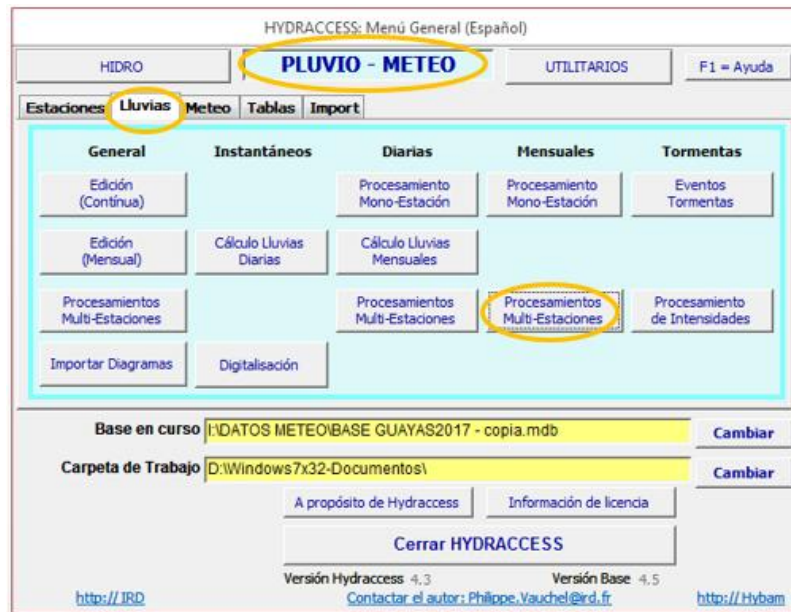
En el ejemplo utilizado, se tiene que la estación M0589 – Guale, que pertenece a la provincia de Manabí, puede correlacionarse con cualquier estación meteorológica de su grupo por presentar características similares.

Hydracces tiene una herramienta con la cual ejecuta el cálculo de correlación lineal múltiple entre estaciones, el procedimiento es el siguiente:

En el menú principal de hydracces, elegimos la opción de “Pluvio-Meteo”, luego la alternativa “Lluvias” y en la opción mensuales “Procesamientos Multi-Estaciones”, como se ilustra en la figura 4.7, es necesario mencionar que el ejemplo explicativo corresponde a la variable de precipitación.

De manera general las opciones a elegir en la interfaz principal del hydracces dependerán de la variable que se quiera calcular, siendo HIDRO para variables hidrológica y PLUVIO – METEO para variables meteorológicas.

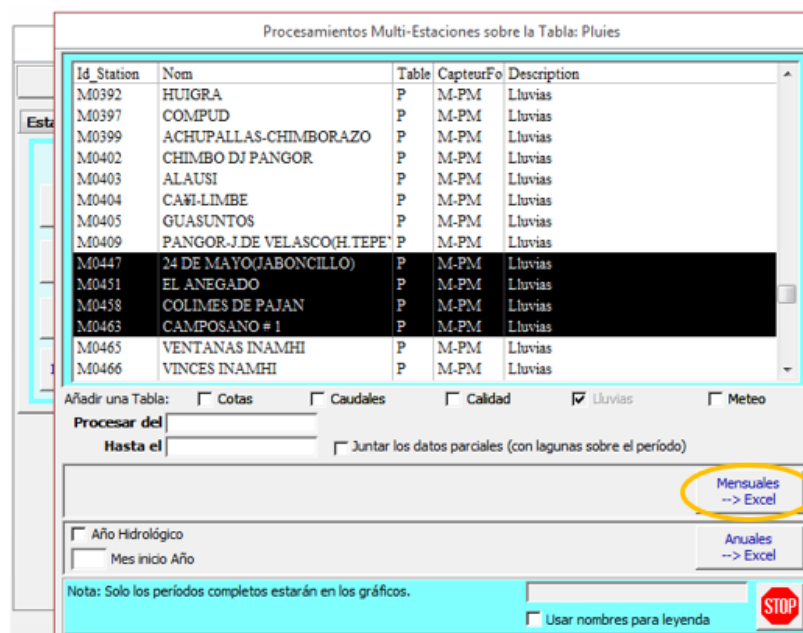
Figura 4.7: Menú principal de hydraccess



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

El menú que se despliega es la base de información que se encuentra en hydraccess, se selecciona las estaciones que se encuentran en el grupo de la estación que requiere ser completada como se indica en la figura 4.8.

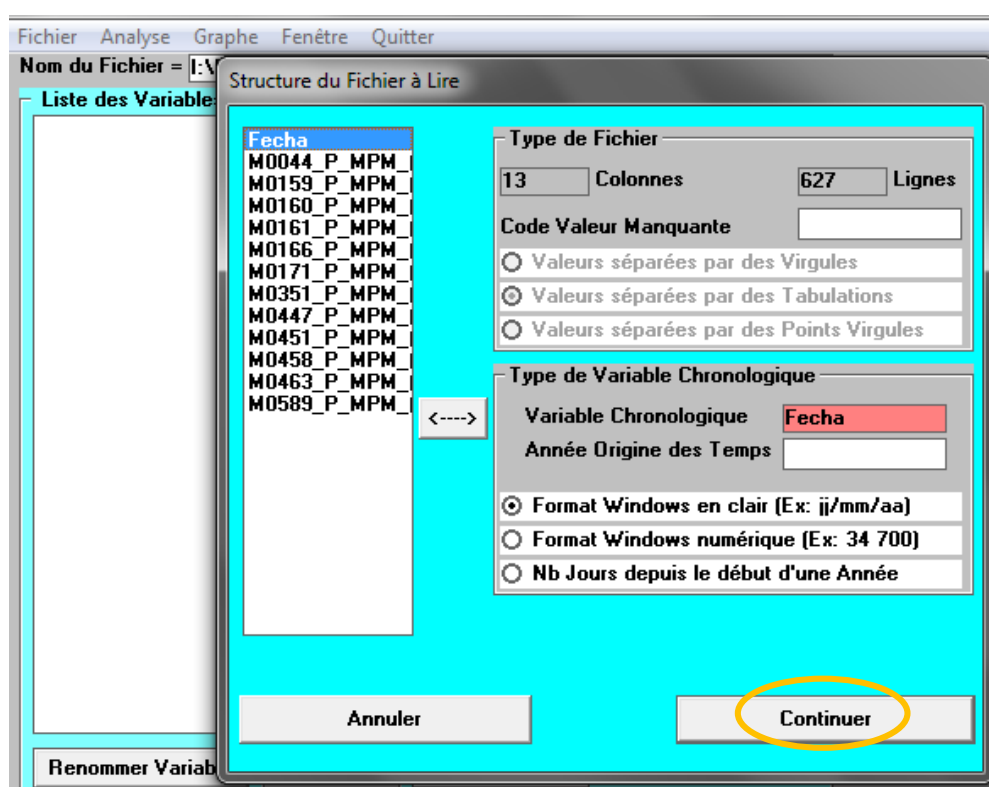
Figura 4.8: Selección de estaciones meteorológicas del grupo de Manabí



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

Una vez seleccionadas las estaciones del grupo de Manabí, elegimos la opción “Mensuales Excel” para que el programa nos genere una hoja electrónica llamada “HA_MultiEstaciones” en la cual se encuentra el registro histórico de las estaciones seleccionadas, con las cuales podremos realizar la correlación lineal múltiple, el archivo generado debe ser guardado con la opción “texto limitado por tabulaciones”. Hydraccess dentro de su paquete informático contiene un utilitario llamado “Cormul”, en el cual mediante la opción “Fichier”, “Ouvrir Fichier de donnéess” se carga el archivo guardado “HA_MultiEstaciones”

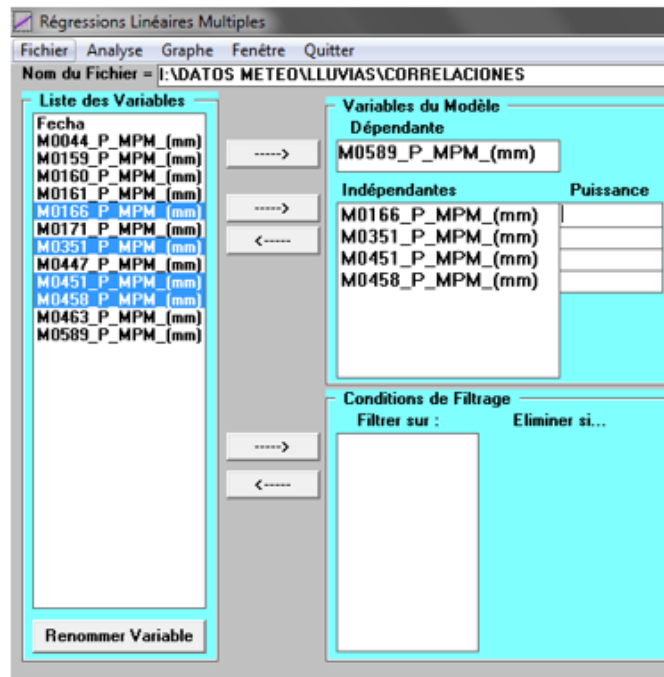
Figura 4.9: Hydraccess Interfaz Cormul – Estructura del archivo



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

En la siguiente ventana se debe considerar como variable dependiente la estación que va a ser calculada y como variables independientes las estaciones que proporcionan datos para el cálculo, este paso se indica en la figura 4.10.

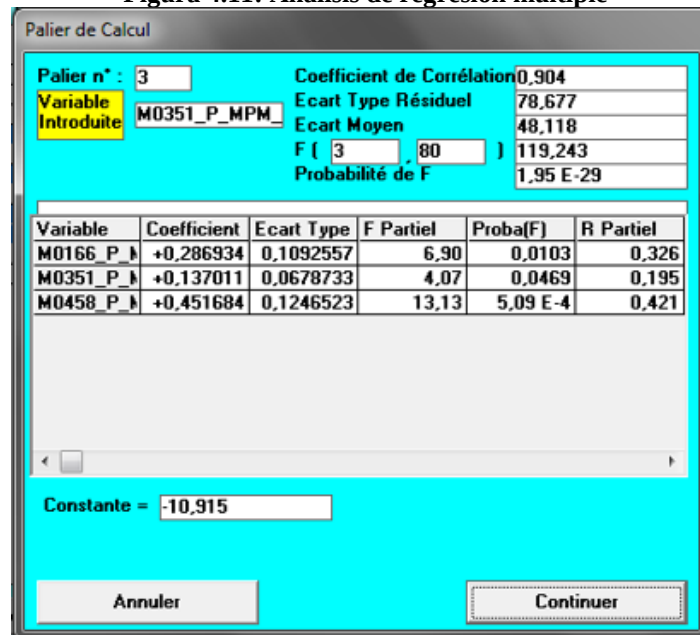
Figura 4.10: Variables dependiente e independientes



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

En la opción “Analyse”, “Régressions linéaires multiples” permite el cálculo de correlación lineal múltiple, con la cual el programa ajusta el mejor coeficiente de Pearson para que las correlaciones entre estaciones sean adecuadas, figura 4.11.

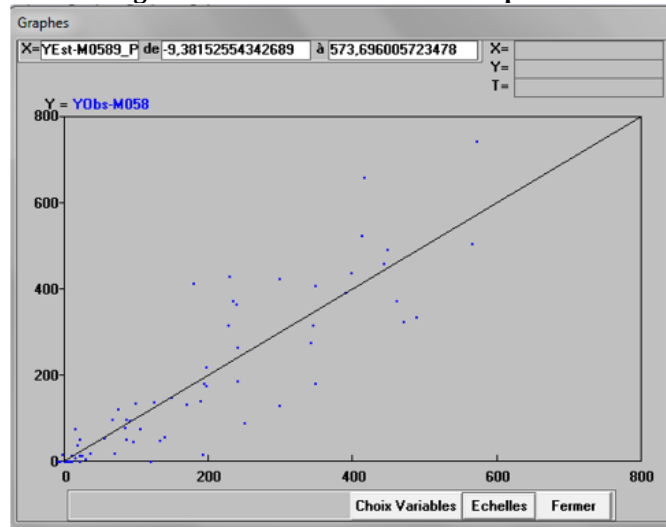
Figura 4.11: Análisis de regresión múltiple



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

Dentro del análisis existe la opción “Grape”, Grape Regression” la misma que genera un gráfico que muestra la correlación entre las estaciones seleccionadas como se muestra en la figura 4.12, éste gráfico puede ser editado para que la correlación lineal sea más precisa mediante la eliminación de los datos más alejados, representados por la nube de puntos.

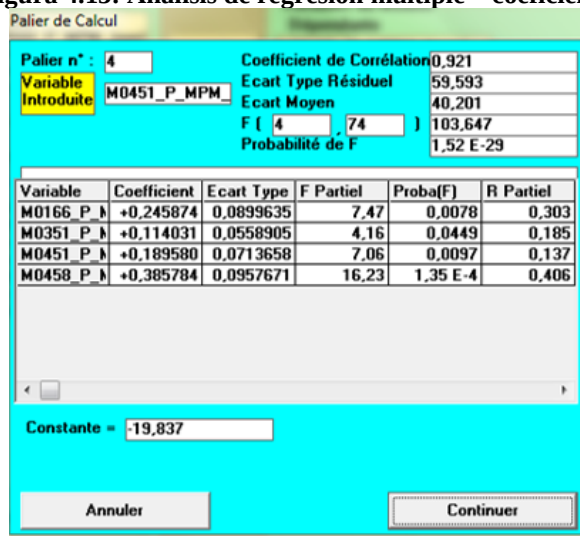
Figura 4.12: Gráfico de edición de puntos



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

Una vez modificado el gráfico, se puede obtener los nuevos coeficientes ajustados, como se tiene en la figura 4.13 con los cuales se procede al relleno de datos.

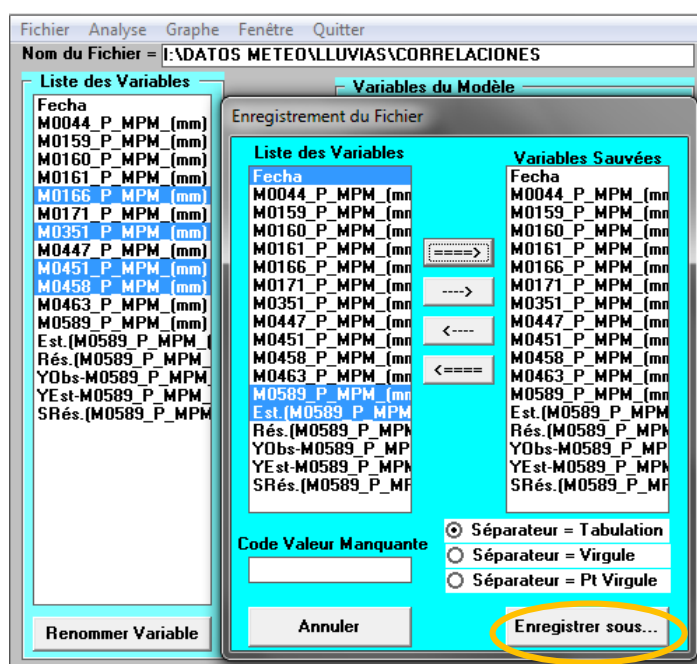
Figura 4.13: Análisis de regresión múltiple – coeficientes



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

Mediante la opción “Fichier”, “Enregistrer fichier de donn  s” se genera un archivo en bloc de notas con los datos de la correlación lineal múltiple empleando las estaciones seleccionadas con la mejor correlación entre variables, el archivo generado puede ser convertido en formato Excel para facilitar el trabajo de relleno de datos, en el cual se muestra la fecha de registro, los datos de la estación a ser calculada (variable dependiente) y la estimación de la correlación con las estaciones seleccionadas (variables independientes).

Figura 4.14: Generación de archivo de correlación múltiple



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

Para el ejemplo explicativo del relleno de la estación meteorológica M0589-Guale, de la provincia de Manabí, emplea las estaciones M0458, M0351, M0166, M0451 para su correlación múltiple y utiliza una a una las estaciones, mejorando cada vez más su coeficiente de correlación como se ve en la tabla 4.15, con la cual se obtienen los datos mostrados en la tabla 4.16, con los cuales se procede a completar la base de información de la estación mencionada que se indica en la tabla 4.17.

Tabla 4.15: Coeficientes de correlación múltiple

ESTACIONES	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
M0458	0,879
M0351 - M0166	0,899
M0351- M0166 - M0451	0,904
M0458 - M0451 - M0351- M0166	0,921

Elaborado por: Autores

Tabla 4.16: Estimación de correlación múltiple para la estación M0589-Guale

FECHA	DATOS FALTANTES (mm)	DATOS RELLENADOS (mm)
16/09/1975		-15,88
16/10/1975		-7,12
16/11/1975		-15,37
16/12/1975		1,99
16/01/1976		304,89
16/02/1976		268,64
16/03/1976		451,28
16/04/1976		343,81
16/01/1978		96,15
16/02/1978		154,32
16/03/1978		161,19
16/04/1978		135,29
16/05/1978		116,93
16/06/1978		-12,56
16/06/1983		251,69
16/07/1983		290,49
16/08/1983		22,40
16/09/1983		
16/10/1983		4,71
16/11/1983		15,15
16/12/1983		61,96
16/01/1984		13,55
16/02/1984		455,88
16/03/1984		324,71
16/04/1984		265,20
16/05/1984		14,30
16/06/1984		

Elaborado por: Autores

Tabla 4.17: Precipitación media mensual corregida – Método 4: Regresión lineal múltiple - Estación Meteorológica Guale – M0589

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964											0.00	65.10
1965	108.50	294.00	420.60	208.90	116.30	40.60	9.50	4.70	1.50	2.40	1.20	50.90
1966	210.30	164.10	225.60	102.90	28.40	20.00	10.80	8.30	7.80	6.70	11.50	34.00
1967	146.00	142.60	25.50	5.70	6.20	0.90	1.30	0.00	0.00	0.20	0.70	10.40
1968	82.60	50.50	39.40	35.90	12.84	10.02	4.56	2.60	0.00	0.50	0.00	12.50
1969	12.10	46.20	109.60	207.10	220.24	86.50	3.00	34.90	0.50	0.10	2.10	56.10
1970	4.30	36.90	145.70	330.40	325.20	44.60	11.40	0.30	0.60	0.20	0.50	2.70
1971	144.65	438.40	758.60	11.10	0.10	0.90	1.00	2.10	1.90		0.70	4.20
1972	131.70	316.75	376.60	174.76	56.65	260.34	64.76	19.45	37.26	14.69	7.56	155.37
1973	406.90	431.00	437.00	363.90	414.10	18.80	77.00	3.50	27.92	0.40	5.26	24.13
1974												
1975	231.17	301.86	336.23		138.97	7.64	8.35		4.47		4.47	1.99
1976	358.62	232.75	326.09	377.04	303.27	133.51	15.31	48.63	5.44	3.94	5.00	34.00
1977	113.15	413.79	389.38	94.02	21.57	38.05	5.44	3.94	12.58	8.44	3.94	93.58
1978	89.88	209.40	272.06	135.29	135.62	8.35	6.50	3.94	6.15	3.94	7.03	12.23
1979	82.03	167.53	202.79	104.33	29.06	14.78	5.18	3.94	13.64	6.76	3.94	5.44
1980	89.88	89.79	161.45	210.81	125.84	20.34	3.94	4.82	3.94	4.38	3.94	9.58
1981	24.92	228.35	143.29	119.49	23.77	6.50	10.90	4.47	5.53	3.94	3.94	10.29
1982	118.35	125.05	114.12	57.00	61.32	9.05	16.55	3.94	8.08	129.01	181.98	283.43
1983	352.27	300.80	390.00	517.45	248.00	228.61	346.01	22.40	38.85	3.94	11.96	32.76
1984	3.94	455.88	324.71	265.20	14.30				1.00	3.94	3.94	94.81
1985	84.77	319.57	315.43	40.96	62.73	22.54	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	28.62
1986	230.37	109.09	94.29	170.97	10.46	3.94	3.94	3.94	3.94	8.44	3.94	10.29
1987	140.91	254.79	109.53	180.31	50.83	3.94	4.38	58.76	6.85	4.03	4.03	103.80
1988	79.13	152.72	83.71	137.47	76.66	10.82	9.32	6.41	6.59	4.38	4.47	68.99
1989	147.52	261.84	224.20	147.26	17.78	50.92	4.65	3.94	3.94	8.00	0.00	14.70
1990	135.80	179.80	148.50	265.20	52.60	13.90	4.47	3.94	3.94	3.94	0.00	53.10
1991	98.20	374.00	88.20	48.00	122.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.90
1992	180.90	392.60	491.50	460.70	274.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.76
1993	99.13	482.19	288.19	124.78	14.87	88.47	4.47	6.23	4.29	6.23	4.21	9.32

1994	157.75	142.41	326.53	94.90	189.65	9.23	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	51.80
1995	169.38	229.67	58.32	107.77	37.52	4.47	3.94	6.06	3.94	3.94	3.94	7.20
1996	149.60	394.10	174.80	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
1997	219.90	315.90	424.40	324.90	140.50	56.40	46.50	76.60	137.20	94.50	185.40	658.20
1998	335.50	524.60	504.50	742.10	315.10	16.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1999	51.90	373.50	128.40	312.10	0.00	0.00	0.00	0.00	37.20	0.00	24.92	18.31
2000	130.25	215.30	275.06	188.24	50.13	26.33	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	10.46
2001	345.13	112.00	305.03	156.69	44.13	4.38	5.00	4.82	3.94	3.94	3.94	10.90
2002	63.17	254.70	388.76	232.75	81.68	11.69	7.29	3.94	0.00	2.50	10.30	44.30
2003	97.90	246.00	104.70	106.20	91.20	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.30
2004	130.00	256.50	216.50	113.80	80.30	7.40	0.00	0.00	41.60	4.10	0.00	10.90
2005	0.40	123.90	146.80	158.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60
2006	219.00	406.00	205.00	35.00	90.00	0.00	0.00	6.06	6.23	17.60	6.06	17.25
2007	101.87	152.63	227.82	102.66	47.84	39.20	10.55	4.03	3.94	3.94	4.21	10.00
2008	235.66	255.05	241.39	136.50	47.31	0.00	0.00	10.00	0.00	3.94	3.94	3.94
2009	177.31	236.72	94.20	86.26	53.74	3.00	0.30	0.00	6.30	1.00	0.00	13.50
2010	108.00	203.30	119.50	74.00	9.00	0.00	14.00	0.00	7.00	0.30	2.20	29.30
2011	28.80	41.00	57.00	16.20	1.50	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
2012	166.10	82.60	195.00	101.50	37.50	4.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.10	1.90
2013	278.60	248.80	395.10	94.30	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
2014	385.70	293.30	158.00	194.50	67.50	19.40	0.00	0.50	5.60	0.00	0.00	35.40
2015	140.30	239.90	426.30	196.60	142.00	44.00	44.30	2.10	2.00	5.30	8.10	129.40

	DATOS SIN RELLENAR
	DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE DATOS DIARIOS (20 DIAS O MÁS DE OBSERVACIONES)
	DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE LOS VALORES CIRCUNDANTES
	DATOS RELLENADOS CON CORRELACION SIMPLE ESTACION M0159 ECUACION M0589=0.8814*M0159+3.9419
	DATOS RELLENADOS CON CORRELACION MULTIPLE ESTACIONES M0166,M0351,M0451,M0458 COEF. 0,921

Elaborado por: Autores

4.5.5 Método 5: Vector regional.

Si pese a la aplicación de los métodos indicados aún se registra información sin rellenar se acude al empleo del método del vector regional MVR, el cual considera todas las estaciones de la zona, mediante el software hydraccess y las estaciones agrupadas se crea una estación ficticia asumiendo una misma zona climática y de esta manera calcula el coeficiente de correlación de la siguiente manera:

Del menú principal de hydraccess se selecciona la opción “Utilitarios” y luego la opción “Vector Regional”, ilustrada en la figura 4.15.

Figura 4.15 Menú principal de hydraccess



Fuente: Hydraccess, 2018
Elaborado por: Autores

De ésta opción se despliega una ventana en la cual se debe cargar el archivo generado como texto delimitado por tabulaciones “HA_MultiEstaciones” en la cual se debe ajustar las opciones de acuerdo al dato faltante que requiere ser llenado, en

la opción de “Parámetros de procesamiento” tenemos los métodos de “Brunet Moret” y “Hiez” de los cuales se elige la opción de “Hiez”, como se muestra en la figura 4.16, esta opción como se estableció en el capítulo 2, es el método que se fundamenta en el valor más frecuente, es decir, en el cálculo de la moda, se considera que el índice más frecuente observado en distintas estaciones es el regional de un año y luego la opción “completar el captor de salida”.

Figura 4.16: MVR – Parámetros del procesamiento

Vector Regional de índices anuales

Parámetros del archivo multi-estaciones		Estaciones	Años
Nombre	I:\DATOS METEO\LLUVIAS\VECTOR REGIONAL\MANABI\HA_1	M0044_P_MPM_(mm)	1964-10
filas =	635	M0159_P_MPM_(mm)	1965-10
Año Inicio	1964	M0160_P_MPM_(mm)	1966-10
Año Final	2016	M0161_P_MPM_(mm)	1967-10
Número de Estaciones	12	M0166_P_MPM_(mm)	1968-10
Número de Años	53	M0171_P_MPM_(mm)	1969-10
Tipo de Datos	Valores Mensuales	M0351_P_MPM_(mm)	1970-10
Mes de trabajo	10 - octubre	M0447_P_MPM_(mm)	1971-10
Parámetros del procesamiento		M0451_P_MPM_(mm)	1972-10
Año Inicio trabajo	1964	M0458_P_MPM_(mm)	1973-10
Año Final trabajo	2015	M0463_P_MPM_(mm)	1975-10
Número mínimo de estaciones por año	3	M0589_P_MPM_(mm)	1976-10
Número mínimo de años por estación	5		1977-10
☐ Brunet Moret -->	Desvío límite inferior 0,80	Producir estas tablas:	1978-10
	Desvío límite superior 1,25	☐ Desvíos Índices / Vector	1979-10
☒ Hiez -->	Valor límite inferior 5	☒ Coeficientes Índices / Vector	1980-10
		☐ Rieles de dobles masas	1981-10
Parámetros de la estimación			1982-10
☐ calcular los valores con un desvío aleatorio entre -2 DED y +2 DED	DED		1983-10
☐ guardar los valores observados con desvíos entre -2 DED y +2 DED	2,05		1984-10
Estación	M0589 GUALE		1985-10
Captor	M-PM Lluvias	314 valores	1986-10
Captor de salida	M-Vec	valores	1987-10
Leer un Archivo multi-estaciones Calcular el Vector Detalles de la Estación Mapa del Año ☒ Desvíos		<input checked="" type="button" value="Completar el captor de salida"/>	1988-10
		☐ Medias	1989-10
			1990-10

Fuente: Hydraccess, 2018

Elaborado por: Autores

Mediante la opción “completar el captor de salida” se genera automáticamente una hoja electrónica “HA_Vector” en la cual se establecen distintos parámetros de los cuales el de interés es la pestaña de “Estaciones” en donde se muestran los coeficientes del vector regional y su homogeneidad, como se indica en la figura 4.17.

Figura 4.17: Correlación de vector regional (HA_Vector)

Id Estación	No Años	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector
M0044	13	1,162	3,3	7,8	-0,915	1,266	0,388	0,252
M0159	15	0,98	5,8	8,4	-0,253	0,665	0,907	0,606
M0160	28	1,672	84,3	51,3	-0,138	0,885	0,479	0,962
M0161	10	1,442	53,3	29,8	-0,798	2,015	0,505	0,943
M0166	45	1,625	16,5	17,8	-0,413	2,159	0,104	0,541
M0171	39	2,269	5,5	6,2	-0,556	1,936	0,297	0,72
M0351	33	1,564	87,2	79,8	-0,602	1,407	0,667	0,957
M0447	48	3,135	7,3	10,7	-0,693	1,107	0,143	0,938
M0451	48	2,353	22,5	18,6	-0,204	3,546	0,043	0,093
M0458	43	1,788	5,5	7	-0,69	2,308	0,695	0,502
M0463	16	1,96	6,3	5,6	-0,796	1,967	0,334	0,857
M0589	24	3,888	4,9	16,2	-0,997	1,501	0,359	0,896

Elaborado por: Autores

En el menú principal de hydraccess, se selecciona la opción “Edición mensual de datos” para verificar los valores calculados mediante este método, con los cuales rellenamos los datos en la base de información, como se indica en las figuras 4.18 y 4.19.

Figura 4.18: Menú principal hydraccess – edición mensual- método vector regional

The screenshot shows the 'Edición Mensual o Anual de la tabla: Pluies' window. It includes a form for selecting a station (M0589), a station type (GUALE), and a station code (M0589). The 'M0589' station is highlighted in the 'Año' column. The 'M0589' station is highlighted in the 'Año' column. The 'M0589' station is highlighted in the 'Año' column.

Fuente: Hydraccess, 2018

Elaborado por: Autores

Figura 4.19: Método vector regional estación M0589 - Guale

Edición Mensual o Anual de la tabla: Pluies

Id Estación: M0589

Captor: M-Vec

Año: 1975

Valores estimados por el vector regional

Mes	Valor	Origen	Calidad	Natural
1	178,3	R		
2	271,3	R		
3				
4	141,4	R		
5				
6	2,2	R		
7	1,3	R		
8	5,9	R		
9				
10	7,6	R		
11				
12				

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1965	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1966	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1967	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1968	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1969	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1970	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1971	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1972	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1973	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1974	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1975	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1976	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1977	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1978	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1979	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
1980	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Defecto: Establecer

Origen: R

Calidad: R

Natural: R

Predefinir las Horas

Entrada = Flecha Abajo

Ins. Celda

Supr. Celda

Ins. fila

Supr. fila

Inicializar a Cero

Total: 608,0

Mostrar Inventario

Cancelar modificaciones

Validar Período

Validar y Siguiente

STOP

Fuente: Hydraccess, 2018

Elaborado por: Autores

Con los valores obtenidos en el software hydraccess al aplicar el método del vector regional indicado en la opción de edición mensual, se procede a rellenar la base de información de la estación M0589 como se indica en la tabla 4.20.

Figura 4.20: Precipitación media mensual corregida – Método 5: Vector Regional - Estación Meteorológica Guale – M0589

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964											0.00	65.10
1965	108.50	294.00	420.60	208.90	116.30	40.60	9.50	4.70	1.50	2.40	1.20	50.90
1966	210.30	164.10	225.60	102.90	28.40	20.00	10.80	8.30	7.80	6.70	11.50	34.00
1967	146.00	142.60	25.50	5.70	6.20	0.90	1.30	0.00	0.00	0.20	0.70	10.40
1968	82.60	50.50	39.40	35.90	12.84	10.02	4.56	2.60	0.00	0.50	0.00	12.50
1969	12.10	46.20	109.60	207.10	220.24	86.50	3.00	34.90	0.50	0.10	2.10	56.10
1970	4.30	36.90	145.70	330.40	325.20	44.60	11.40	0.30	0.60	0.20	0.50	2.70
1971	144.65	438.40	758.60	11.10	0.10	0.90	1.00	2.10	1.90	4.30	0.70	4.20
1972	131.70	316.75	376.60	174.76	56.65	260.34	64.76	19.45	37.26	14.69	7.56	155.37
1973	406.90	431.00	437.00	363.90	414.10	18.80	77.00	3.50	27.92	0.40	5.26	24.13
1974	149.02	241.57	239.52	169.28	88.84	27.50	17.50	7.60	9.32	7.71	10.49	51.61
1975	231.17	301.86	336.23	141.40	138.97	7.64	8.35	5.90	4.47	7.60	4.47	1.99
1976	358.62	232.75	326.09	377.04	303.27	133.51	15.31	48.63	5.44	3.94	5.00	34.00
1977	113.15	413.79	389.38	94.02	21.57	38.05	5.44	3.94	12.58	8.44	3.94	93.58
1978	89.88	209.40	272.06	135.29	135.62	8.35	6.50	3.94	6.15	3.94	7.03	12.23
1979	82.03	167.53	202.79	104.33	29.06	14.78	5.18	3.94	13.64	6.76	3.94	5.44
1980	89.88	89.79	161.45	210.81	125.84	20.34	3.94	4.82	3.94	4.38	3.94	9.58
1981	24.92	228.35	143.29	119.49	23.77	6.50	10.90	4.47	5.53	3.94	3.94	10.29
1982	118.35	125.05	114.12	57.00	61.32	9.05	16.55	3.94	8.08	129.01	181.98	283.43
1983	352.27	300.80	390.00	517.45	248.00	228.61	346.01	22.40	38.85	3.94	11.96	32.76
1984	3.94	455.88	324.71	265.20	14.30	1.40	0.70	0.40	1.00	3.94	3.94	94.81
1985	84.77	319.57	315.43	40.96	62.73	22.54	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	28.62
1986	230.37	109.09	94.29	170.97	10.46	3.94	3.94	3.94	3.94	8.44	3.94	10.29
1987	140.91	254.79	109.53	180.31	50.83	3.94	4.38	58.76	6.85	4.03	4.03	103.80
1988	79.13	152.72	83.71	137.47	76.66	10.82	9.32	6.41	6.59	4.38	4.47	68.99
1989	147.52	261.84	224.20	147.26	17.78	50.92	4.65	3.94	3.94	8.00	0.00	14.70
1990	135.80	179.80	148.50	265.20	52.60	13.90	4.47	3.94	3.94	3.94	0.00	53.10
1991	98.20	374.00	88.20	48.00	122.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.90
1992	180.90	392.60	491.50	460.70	274.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.76
1993	99.13	482.19	288.19	124.78	14.87	88.47	4.47	6.23	4.29	6.23	4.21	9.32

1994	157.75	142.41	326.53	94.90	189.65	9.23	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	51.80
1995	169.38	229.67	58.32	107.77	37.52	4.47	3.94	6.06	3.94	3.94	3.94	7.20
1996	149.60	394.10	174.80	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
1997	219.90	315.90	424.40	324.90	140.50	56.40	46.50	76.60	137.20	94.50	185.40	658.20
1998	335.50	524.60	504.50	742.10	315.10	16.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1999	51.90	373.50	128.40	312.10	0.00	0.00	0.00	0.00	37.20	0.00	24.92	18.31
2000	130.25	215.30	275.06	188.24	50.13	26.33	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	10.46
2001	345.13	112.00	305.03	156.69	44.13	4.38	5.00	4.82	3.94	3.94	3.94	10.90
2002	63.17	254.70	388.76	232.75	81.68	11.69	7.29	3.94	0.00	2.50	10.30	44.30
2003	97.90	246.00	104.70	106.20	91.20	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.30
2004	130.00	256.50	216.50	113.80	80.30	7.40	0.00	0.00	41.60	4.10	0.00	10.90
2005	0.40	123.90	146.80	158.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60
2006	219.00	406.00	205.00	35.00	90.00	0.00	0.00	6.06	6.23	17.60	6.06	17.25
2007	101.87	152.63	227.82	102.66	47.84	39.20	10.55	4.03	3.94	3.94	4.21	10.00
2008	235.66	255.05	241.39	136.50	47.31	0.00	0.00	10.00	0.00	3.94	3.94	3.94
2009	177.31	236.72	94.20	86.26	53.74	3.00	0.30	0.00	6.30	1.00	0.00	13.50
2010	108.00	203.30	119.50	74.00	9.00	0.00	14.00	0.00	7.00	0.30	2.20	29.30
2011	28.80	41.00	57.00	16.20	1.50	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
2012	166.10	82.60	195.00	101.50	37.50	4.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.10	1.90
2013	278.60	248.80	395.10	94.30	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
2014	385.70	293.30	158.00	194.50	67.50	19.40	0.00	0.50	5.60	0.00	0.00	35.40
2015	140.30	239.90	426.30	196.60	142.00	44.00	44.30	2.10	2.00	5.30	8.10	129.40

	DATOS SIN RELLENAR
	DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE DATOS DIARIOS (20 DIAS O MÁS DE OBSERVACIONES)
	DATOS RELLENADOS CON EL PROMEDIO DE LOS VALORES CIRCUNDANTES
	DATOS RELLENADOS CON CORRELACION SIMPLE ESTACION M0159 ECUACION M0589=0.8814*M0159+3.9419
	DATOS RELLENADOS CON CORRELACION MULTIPLE ESTACIONES M0166,M0351,M0451,M0458 COEF. 0,921
	DATOS RELLENADOS CON VECTOR REGIONAL

Elaborado por: Autores

Se estima que, mediante los métodos aplicados de regresión lineal simple, múltiple y el método de vector regional se completen la mayoría de datos faltantes, sin embargo, puede darse el caso en el que existan datos que aún no sea completados, los cuales se pueden obtener mediante su promedio mensual, pese a ello pueden existir datos que no son completados debido a la escasa correlación entre estaciones, sin embargo éstos datos son muy pocos en comparación con toda la base de información original que ha sido editada y corregida mediante los métodos establecidos.

Para verificar el porcentaje de datos rellenados con cada uno de los métodos mencionados, se tiene una tabla resumen, la cual ha sido calculada tomando en cuenta los valores faltantes con relación a los valores rellenados. La tabla resumen se adjunta en el Anexo N°4. (Resumen de datos hidrometeorológicos rellenados mediante todos los métodos, para la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas.)

4.6 Validación de datos.

La base de información hidrometeorológica presentadas en el Anexo N°2. (Base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas rellena), deben ser sometidos a un proceso de homogeneización y validación para comprobar si los valores con los cuales se completó su relleno son correctos y no tienen desviación con respecto a los datos de la serie, para lo cual se ha empleado la metodología de la prueba de rachas, debido a que en hidrología se trabaja con series continuas se considera a este método el más adecuado.

Es necesario mencionar que el método de curvas de doble masa se fundamenta en función de las características físicas que existen entre los elementos hidrometeorológicos, es decir, la gráfica resultante de los datos, deberían ser comprobadas con otros elementos afines, en este caso entre estaciones cercanas dentro de cada observación, este método de homogeneización de datos puede ser considerando en la realización del método de regresión lineal simple y múltiple, al

tomar una estación como referencia dando un buen resultado cuando el conjunto de datos tiene una cantidad representativa de valores, es decir, lo suficientemente amplia como para garantizar una buena relación climatológica y reflejada en el coeficiente de correlación, entre cada estación propuesta y zona aledaña utilizada donde no haya faltantes de homogeneidad que afecten a la mayoría de estaciones o valores disponibles como se lo realizó y se muestra en el Anexo N°3. (Método de regresión lineal simple para la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas).

El análisis de los datos hidrometeorológicos para establecer cambios y tendencias es más confiable cuando se dispone de un conjunto de datos homogeneizados, debido a que los datos contenidos en su serie temporal reflejan su variabilidad y el cambio de manera real de la variante climática analizada.

4.6.1 Prueba de rachas.

Los anuarios hidrológicos y meteorológicos son considerados como muestras aleatorias por la secuencia cronológicamente ordenada de datos, de manera análoga se define a una racha como una secuencia de valores similares con una característica común precedida y seguida por valores que no presentan esa característica.

El método de prueba de rachas o secuencias consiste en determinar la distribución de los elementos en relación con el valor de la mediana que se encuentran sobre o debajo de este valor.

4.6.1.1 Procedimiento.

Continuando con el ejemplo de la estación meteorológica Guale – M0589, los datos de tabla 4.20, que corresponde a los datos rellenados por medio de todos los métodos mencionados, se procede a la validación de los mismos mediante la prueba de racha o de secuencias siguiendo el siguiente procedimiento:

Debido a que en una estación hidrológica se presenta una serie extensa de datos estadísticos se requiere resumir esta gran cantidad de cifras en elementos más simplificados sin que pierdan sus características y particularidades de cada estación desde el punto de vista hidrometeorológico, por lo cual es necesario definirlos en valores estadísticos como la mediana, la cual con la ayuda de la hoja de cálculo Excel se obtiene de manera directa.

Como se ha mencionado en el capítulo II en su numeral 2.5, se debe colocar signo positivo (+), a los valores que se encuentran sobre la mediana representados por (NA) y signo negativo (-), a los valores que se encuentran por debajo de la mediana, representados por (NB). En cada cambio de signo se coloca (1) y cuando se tiene signos iguales se coloca (0), donde (NS) representa el número de rachas.

Procedemos al conteo de (NA) y (NS) y verificamos el rango de valores que se encuentran en la tabla de distribución del número de rachas según Thom.

El conteo de rachas se basa en identificar el número de veces que los valores ordenados cronológicamente cambian de valor por sobre o debajo de la mediana.

La tabla 4.18 indica la precipitación media del mes de enero de la estación meteorológica Guale – M0589, en la cual existen 25 valores superiores a la mediana (NA), para dicho análisis se compara con la tabla 4.19, en la cual se muestra el rango de probabilidad para este resultado de 22 y 30 variaciones de rachas (NS), que indica que cumple con la homogeneidad de la serie, con lo cual se establece que la serie rellenada es homogénea, puesto que dicho valor de rachas (NS) tiene un valor de 24 que se encuentra dentro del rango establecido.

El procedimiento para la aplicación de la prueba de rachas comprueba si los datos calculados para su relleno son aleatorios. Si se da el caso en el cual resulta un número excesivamente grande o de lo contrario demasiado pequeño de rachas se determina que la muestra no es aleatoria.

Tabla 4.18: Prueba de rachas o secuencias. Precipitación media mensual – Estación meteorológica Guale- M0589

AÑO	ENE	NA	NS
1965	108,500	-	0
1966	210,300	+	1
1967	146,000	+	0
1968	82,600	-	1
1969	12,100	-	0
1970	4,300	-	0
1971	144,650	+	1
1972	131,700	-	1
1973	406,900	+	1
1974	149,024	+	0
1975	231,167	+	0
1976	358,617	+	0
1977	113,147	-	1
1978	89,878	-	0
1979	82,034	-	0
1980	89,878	-	0
1981	24,919	-	0
1982	118,348	-	0
1983	352,271	+	1
1984	3,942	-	1
1985	84,766	-	0
1986	230,374	+	1
1987	140,911	+	0
1988	79,125	-	1
1989	147,522	+	1
1990	135,800	-	1
1991	98,200	-	0
1992	180,900	+	1
1993	99,133	-	1
1994	157,746	+	1
1995	169,381	+	0
1996	149,600	+	0
1997	219,900	+	0
1998	335,500	+	0
1999	51,900	-	1
2000	130,247	-	0
2001	345,132	+	1
2002	63,172	-	1
2003	97,900	-	0
2004	130,000	-	0

2005	0,400	-	0
2006	219,000	+	1
2007	101,865	-	1
2008	235,662	+	1
2009	177,313	+	0
2010	108,000	-	1
2011	28,800	-	0
2012	166,100	+	1
2013	278,600	+	0
2014	385,700	+	0
2015	140,300	+	0
MEDIANA	135,800	25	24

Elaborado por: Autores

Tabla 4.19: Distribución del número de rachas según Thom.

NA	P 10%	P 90%
10	8	13
11	9	14
12	9	16
13	10	17
14	11	18
15	12	19
16	13	20
17	14	21
18	15	22
19	16	23
20	16	25
25	22	30
30	26	36
35	31	41
40	35	47
45	40	52
50	45	57

Fuente: Castillo et al., 2001

El procedimiento para completar la tabla de la estación M0589 y las demás estaciones hidrometeorológicas se encuentran en el Anexo N°7. (Validación de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas).

En el ejemplo explicativo de la estación meteorológica M0589 – Guale. Se observa que existe una dispersión en cuanto a los datos rellenados de precipitación en el mes

de enero 1977 – 1988 lo cual es analizado mediante el cuadro de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica NOAA, figura 4.21 en la cual se indican los registros históricos de episodios de fenómenos de El Niño y de La Niña desde 1950 hasta la actualidad, en donde los recuadros de color rojo indican la presencia del fenómeno de El Niño de período cálido que presenta lluvias abundantes y los recuadros de color azul indican la presencia del fenómeno de La Niña de período frío que presenta lluvias escasas justificando de esta manera los valores obtenidos.

Figura 4.21: Historial El Niño – La Niña

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8
1951	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8
1952	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
1953	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1957	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
1958	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
1960	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7
1966	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6

1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4								

Fuente: Team, 2018.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN Y CAUDALES DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS

5.1 Introducción.

Dentro del análisis del clima de la cuenca del Guayas se consideran las variables de precipitación, temperatura, evaporación y la variable hidrológica caudales mensuales.

Los datos con los cuales se va a realizar el análisis son los que han sido procesados mediante el software hydraccess y con los cuales se ha elaborado la base de información hidrometeorológica de la cuenca del Guayas, generados en el capítulo IV, en el cual se estableció 73 estaciones meteorológicas para la variable de precipitación, 28 estaciones meteorológicas para la variable de temperatura, 21 estaciones meteorológicas para la variable de evaporación y 24 estaciones hidrológicas para caudales medios.

Antes de iniciar con el análisis de las variables hidrometeorológicas es necesario diferenciar la cuenca en zonas: Alta, media y baja definidas en función de los pisos bioclimáticos.

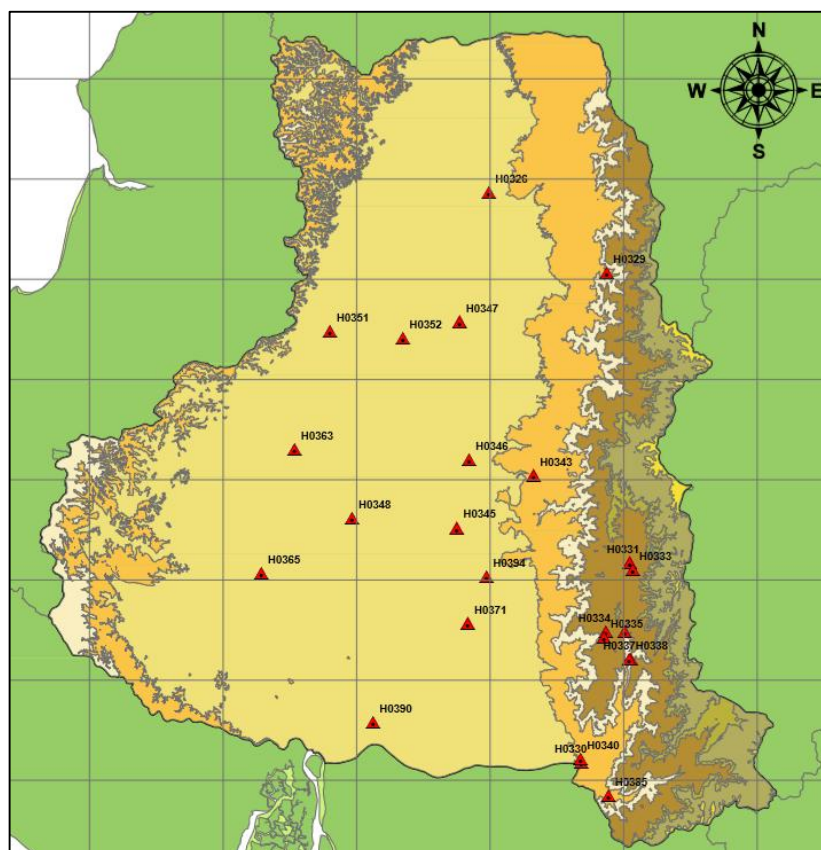
Tabla 5.1: Pisos Bioclimáticos

ZONA	PISOS BIOCLIMÁTICOS	ALTITUD (m.s.n.m)
BAJA	Tierras bajas	0 - 1300
	Montano bajo	
MEDIA	Pie Montano	1300 - 2000
	Montano	
ALTA	Montano alto	2800 > 3200
	Montano alto superior	

Fuente: MAE, 2012
Elaborado por: Autores

A partir de esta zonificación se podrá realizar el análisis hidroclimático por cada zona, la ubicación de las estaciones meteorológicas en función de los pisos bioclimáticos se encuentra de la siguiente manera:

Figura 5.1: Ubicación de estaciones meteorológicas en la cuenca del río Guayas en función de los pisos Bioclimáticos



Fuente: INAMHI, 2011
Elaborado por: Autores

El mapa de estaciones meteorológicas de la cuenca del Guayas se adjunta en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°10.

Tabla 5.2 Estaciones meteorológicas en función de los pisos Bioclimáticos

ZONA BAJA					
CODIGO	ESTACIÓN	CODIGO	ESTACIÓN	CODIGO	ESTACIÓN
M0037	Milagro(Ingenio Valdez)	M0161	Flavio Alfaro	M0466	Vinces (INAMHI)
M0056	Guayaquil-Aeropuerto	M0166	Olmedo-Manabí	M0467	Calabí Hda. La Lorena
M0218	Ingenio San Carlos	M0447	24 de Mayo	M0468	Montalvo Los Ríos
M0250	La Capilla (CEDEGE)	M0589	Guale	M0470	Mocache
M0257	Daule Colegio	M0006	Pichilingue	M0026	Puerto Ila
M0469	Baba	M0036	Isabel María	M0351	Las Delicias-Pichincha
M0475	Colimes de Balzar (INAMHI)	M0051	Babahoyo	M0124	San Juan La Maná
M0476	La Capilla (INAMHI)	M0172	Pueblo Viejo	M0388	Río San Antonio Monjas
M0477	Puerto Inca (CANNAREN)	M0261	La Clementina (CEDEGE)	M0136	Chunchi
M0555	Villao-Pedro Carbo	M0283	INMORIEC	M0391	Pallatanga
M0044	Pedro Pablo Gómez	M0374	San Antonio del Delta (Pate)	M0392	Huigra
M0160	El Carmen	M0465	Ventanas (INAMHI)		

ZONA MEDIA			
CODIGO	ESTACIÓN	CODIGO	ESTACIÓN
M0039	Bucay	M0367	Pinllopata
M0159	La Naranja	M0368	Morasungu
M0171	Camposano N° 2	M0370	Ramón Campaña
M0451	El Anegado	M0129	Caluma
M0458	Colimes de Paján	M0130	Chillanes
M0463	Camposano N° 1	M0131	San Pablo de Atenas
M0471	Zapotol Los Ríos	M0132	Balzapamba
M0027	Sto. Domingo (Aeropuerto)	M0383	Echeandía
M0209	Alluriquín Inecel	M0397	Compud
M0348	Santa Anita	M0402	Chimbo D.J. Pangor
M0355	Pilatón A.J. Toachi	M0403	Alausí
M0122	Pilaló	M0405	Guasuntos
M0123	El Corazón	M0540	Multitud
M0198	Palo Quemado		

ZONA ALTA	
CODIGO	ESTACIÓN
M0362	Las Palmas
M0366	Angamarca
M0030	San Simón
M0385	Salinas Bolívar
M0386	Cochabamba (Magdalena)
M0389	Simiatug
M0535	Las Herrerías
M0135	Pachamama-Tixán
M0399	Achupallas-Chimborazo
M0404	Cañi-Llimbe
M0409	Cajones A. J. Pupusa

Elaborado por: Autores

5.2 Precipitación.

Para facilitar el estudio de la precipitación en la cuenca hidrográfica del Guayas se consideran 3 zonas; Zona alta, media y baja que ha sido dividida en función de los pisos bioclimáticos, de las cuales se analiza la precipitación media anual (mm) y la precipitación media mensual (mm) con los siguientes análisis:

5.2.1 Distribución temporal de precipitación.

Para establecer la variación mensual de la precipitación en la cuenca del Guayas, como ejemplo explicativo se detalla el cálculo para la estación meteorológica M0589 Guale, de la provincia de Manabí que pertenece a la zona baja, el procedimiento consiste en la obtención del valor medio mensual de la precipitación durante todo el periodo de registro, a partir de la tabla de zonificación en función de los pisos bioclimáticos tenemos la distribución temporal para las zonas alta, media y baja como se indica a continuación:

Tabla 5.3: Cálculo de la precipitación media mensual – Estación meteorológica M0589 Guale

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964											0.00	65.10
1965	108.50	294.00	420.60	208.90	116.30	40.60	9.50	4.70	1.50	2.40	1.20	50.90
1966	210.30	164.10	225.60	102.90	28.40	20.00	10.80	8.30	7.80	6.70	11.50	34.00
1967	146.00	142.60	25.50	5.70	6.20	0.90	1.30	0.00	0.00	0.20	0.70	10.40
1968	82.60	50.50	39.40	35.90	12.84	10.02	4.56	2.60	0.00	0.50	0.00	12.50
1969	12.10	46.20	109.60	207.10	220.24	86.50	3.00	34.90	0.50	0.10	2.10	56.10
1970	4.30	36.90	145.70	330.40	325.20	44.60	11.40	0.30	0.60	0.20	0.50	2.70
1971	144.65	438.40	758.60	11.10	0.10	0.90	1.00	2.10	1.90	4.30	0.70	4.20
1972	131.70	316.75	376.60	174.76	56.65	260.34	64.76	19.45	37.26	14.69	7.56	155.37
1973	406.90	431.00	437.00	363.90	414.10	18.80	77.00	3.50	27.92	0.40	5.26	24.13
1974	149.02	241.57	239.52	169.28	88.84	27.50	17.50	7.60	9.32	7.71	10.49	51.61
1975	231.17	301.86	336.23	141.40	138.97	7.64	8.35	5.90	4.47	7.60	4.47	1.99
1976	358.62	232.75	326.09	377.04	303.27	133.51	15.31	48.63	5.44	3.94	5.00	34.00
1977	113.15	413.79	389.38	94.02	21.57	38.05	5.44	3.94	12.58	8.44	3.94	93.58
1978	89.88	209.40	272.06	135.29	135.62	8.35	6.50	3.94	6.15	3.94	7.03	12.23
1979	82.03	167.53	202.79	104.33	29.06	14.78	5.18	3.94	13.64	6.76	3.94	5.44
1980	89.88	89.79	161.45	210.81	125.84	20.34	3.94	4.82	3.94	4.38	3.94	9.58
1981	24.92	228.35	143.29	119.49	23.77	6.50	10.90	4.47	5.53	3.94	3.94	10.29
1982	118.35	125.05	114.12	57.00	61.32	9.05	16.55	3.94	8.08	129.01	181.98	283.43
1983	352.27	300.80	390.00	517.45	248.00	228.61	346.01	22.40	38.85	3.94	11.96	32.76
1984	3.94	455.88	324.71	265.20	14.30	1.40	0.70	0.40	1.00	3.94	3.94	94.81
1985	84.77	319.57	315.43	40.96	62.73	22.54	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	28.62
1986	230.37	109.09	94.29	170.97	10.46	3.94	3.94	3.94	3.94	8.44	3.94	10.29
1987	140.91	254.79	109.53	180.31	50.83	3.94	4.38	58.76	6.85	4.03	4.03	103.80
1988	79.13	152.72	83.71	137.47	76.66	10.82	9.32	6.41	6.59	4.38	4.47	68.99
1989	147.52	261.84	224.20	147.26	17.78	50.92	4.65	3.94	3.94	8.00	0.00	14.70
1990	135.80	179.80	148.50	265.20	52.60	13.90	4.47	3.94	3.94	3.94	0.00	53.10
1991	98.20	374.00	88.20	48.00	122.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.90
1992	180.90	392.60	491.50	460.70	274.50	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.76
1993	99.13	482.19	288.19	124.78	14.87	88.47	4.47	6.23	4.29	6.23	4.21	9.32

1994	157.75	142.41	326.53	94.90	189.65	9.23	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	51.80
1995	169.38	229.67	58.32	107.77	37.52	4.47	3.94	6.06	3.94	3.94	3.94	7.20
1996	149.60	394.10	174.80	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.30
1997	219.90	315.90	424.40	324.90	140.50	56.40	46.50	76.60	137.20	94.50	185.40	658.20
1998	335.50	524.60	504.50	742.10	315.10	16.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	9.40
1999	51.90	373.50	128.40	312.10	0.00	0.00	0.00	0.00	37.20	0.00	24.92	18.31
2000	130.25	215.30	275.06	188.24	50.13	26.33	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	10.46
2001	345.13	112.00	305.03	156.69	44.13	4.38	5.00	4.82	3.94	3.94	3.94	10.90
2002	63.17	254.70	388.76	232.75	81.68	11.69	7.29	3.94	0.00	2.50	10.30	44.30
2003	97.90	246.00	104.70	106.20	91.20	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.30
2004	130.00	256.50	216.50	113.80	80.30	7.40	0.00	0.00	41.60	4.10	0.00	10.90
2005	0.40	123.90	146.80	158.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.60
2006	219.00	406.00	205.00	35.00	90.00	0.00	0.00	6.06	6.23	17.60	6.06	17.25
2007	101.87	152.63	227.82	102.66	47.84	39.20	10.55	4.03	3.94	3.94	4.21	10.00
2008	235.66	255.05	241.39	136.50	47.31	0.00	0.00	10.00	0.00	3.94	3.94	3.94
2009	177.31	236.72	94.20	86.26	53.74	3.00	0.30	0.00	6.30	1.00	0.00	13.50
2010	108.00	203.30	119.50	74.00	9.00	0.00	14.00	0.00	7.00	0.30	2.20	29.30
2011	28.80	41.00	57.00	16.20	1.50	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70
2012	166.10	82.60	195.00	101.50	37.50	4.00	0.00	0.00	1.70	0.00	4.10	1.90
2013	278.60	248.80	395.10	94.30	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
2014	385.70	293.30	158.00	194.50	67.50	19.40	0.00	0.50	5.60	0.00	0.00	35.40
2015	140.30	239.90	426.30	196.60	142.00	44.00	44.30	2.10	2.00	5.30	8.10	129.40
MEDIA	151.95	246.31	244.21	172.60	90.59	28.04	17.84	7.75	9.50	7.86	10.69	52.61

Elaborado por: Autores

El procedimiento para la determinación de la precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas para precipitación de las diferentes zonas como se indica en la tabla 5.2.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las estaciones meteorológicas consideradas para la precipitación media mensual distribuidas por su zonificación en función de los pisos bioclimáticos.

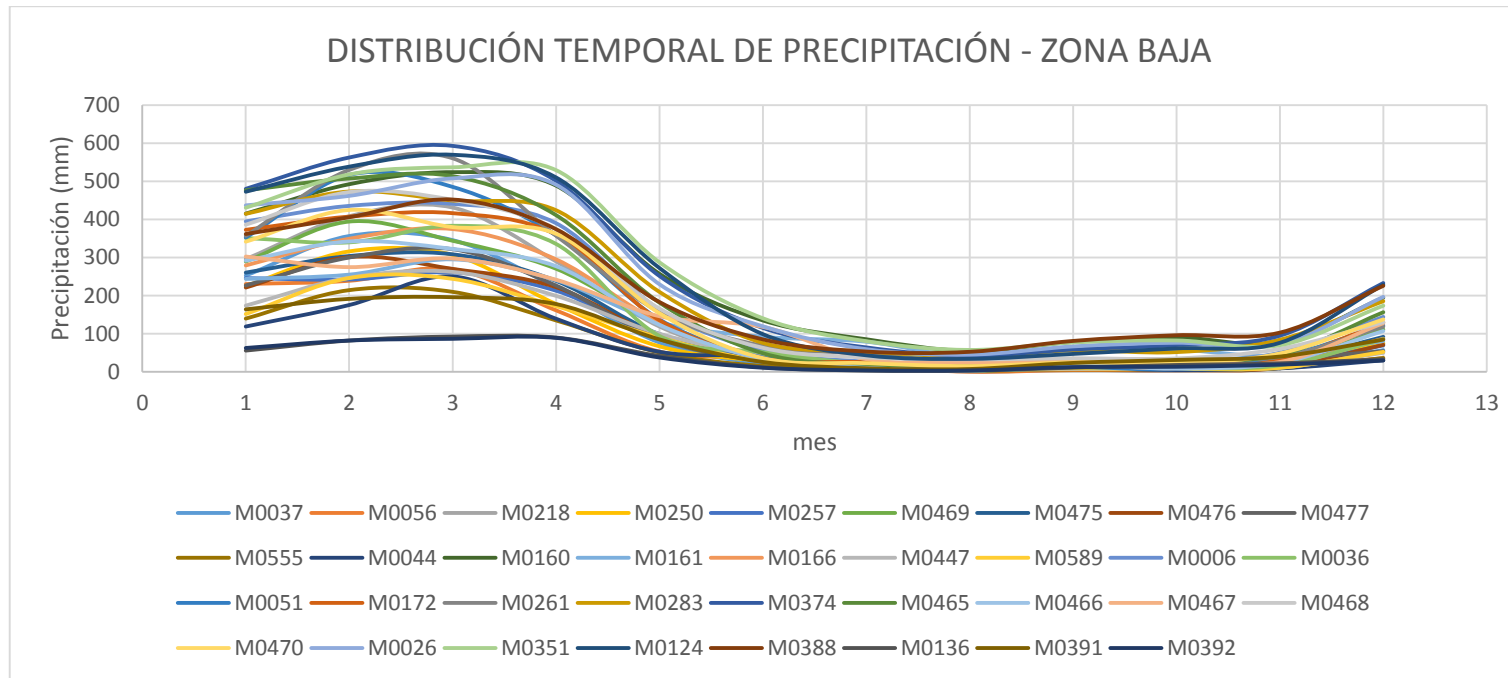
Tabla 5.4: Resumen – Estaciones Meteorológicas – Precipitación media mensual – Zona Baja

ZONA BAJA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
M0037	Milagro(Ingenio Valdez)	253,06	356,59	345,81	221,77	77,22	22,10	13,70	1,10	5,36	3,64	16,42	57,06
M0056	Guayaquil-Aeropuerto	230,56	239,14	269,65	161,55	53,42	37,15	14,85	0,46	4,73	4,00	12,35	35,96
M0218	Ingenio San Carlos	295,98	408,45	431,35	290,03	119,15	38,85	17,28	6,16	11,24	8,65	26,54	74,61
M0250	La Capilla (CEDEGE)	225,19	316,24	307,01	178,14	67,11	29,41	22,45	9,59	11,93	9,97	29,85	75,35
M0257	Daule Colegio	246,15	242,40	261,02	213,13	93,31	33,04	22,70	10,08	13,93	17,21	17,70	69,66
M0469	Baba	289,77	394,51	344,11	270,81	126,74	37,45	25,42	15,44	23,70	17,10	24,78	111,31
M0475	Colimes de Balzar (INAMHI)	260,54	304,13	308,57	238,94	99,15	43,76	17,91	10,29	14,10	14,79	26,40	91,95
M0476	La Capilla (INAMHI)	221,41	301,25	270,29	222,38	92,20	26,91	9,56	5,86	11,21	4,62	10,65	71,09
M0477	Puerto Inca (CANNAR EN)	226,99	300,21	322,00	226,70	86,30	29,51	25,71	12,97	17,99	20,78	33,86	54,31
M0555	Villao-Pedro Carbo	139,91	214,58	210,08	135,13	50,97	15,66	11,07	3,55	6,57	5,99	9,67	36,58
M0044	Pedro Pablo Gómez	119,07	175,52	250,63	139,52	52,80	41,94	13,69	3,54	10,48	4,69	9,34	30,33
M0160	El Carmen	415,37	492,53	524,19	488,79	257,56	135,07	85,74	55,10	78,52	90,67	78,24	195,00
M0161	Flavio Alfaro	244,03	255,26	295,34	240,67	130,27	92,49	79,23	39,52	57,01	58,44	41,47	81,20
M0166	Olmedo-Manabí	279,36	349,40	374,86	295,35	130,40	40,91	19,05	8,88	15,51	17,03	19,01	87,15
M0447	24 de Mayo	173,91	247,22	262,39	199,59	100,07	43,12	18,03	6,24	7,46	7,75	11,25	50,17
M0589	Guale	151,95	246,31	244,21	172,60	90,59	28,04	17,84	7,75	9,50	7,86	10,69	52,61
M0006	Pichilingue	394,97	435,66	441,00	390,27	163,59	55,99	26,46	11,66	23,08	23,49	50,37	144,28
M0036	Isabel María	351,40	339,91	383,45	335,85	94,36	51,65	20,18	3,57	11,92	9,37	17,45	86,14
M0051	Babahoyo	352,79	516,78	485,51	358,33	137,60	37,86	22,33	4,98	12,87	7,56	38,52	122,13
M0172	Pueblo Viejo	372,83	407,55	416,53	360,25	135,66	35,83	25,19	6,13	19,29	9,49	31,66	129,81
M0261	La Clementina (CEDEGE)	356,91	529,97	560,64	357,49	157,22	68,52	47,58	25,65	33,12	32,63	39,65	118,95
M0283	INMORIEC	414,85	473,40	449,72	424,23	209,93	76,18	53,56	40,93	56,59	51,99	84,53	185,61
M0374	San Antonio del Delta (Pate)	480,42	562,57	593,10	501,35	251,75	115,41	64,30	42,48	58,94	70,59	95,15	233,24

M0465	Ventanas (INAMHI)	476,53	507,52	513,77	411,43	181,85	48,98	18,72	17,40	21,74	28,83	44,57	156,61
M0466	Vinces (INAMHI)	292,00	342,32	322,63	277,46	123,46	34,11	10,92	3,22	17,75	8,71	23,58	107,33
M0467	Calabí Hda. La Lorena	302,79	274,93	297,60	241,81	146,17	118,25	33,59	24,74	29,77	33,44	26,15	127,84
M0468	Montalvo Los Ríos	386,31	471,84	451,54	374,97	166,19	63,14	37,93	32,96	35,79	35,28	60,50	130,52
M0470	Mocache	341,73	424,90	379,95	362,44	154,00	36,16	22,96	15,33	25,05	22,20	48,43	137,72
M0026	Puerto Ila	437,00	462,03	507,88	491,22	230,07	119,76	59,63	45,35	66,98	76,45	72,09	196,88
M0351	Las Delicias-Pichincha	430,78	518,15	536,82	529,38	287,61	140,73	80,61	57,62	77,45	82,47	70,25	173,85
M0124	San Juan La Maná	472,78	538,67	569,84	510,27	272,65	99,07	43,61	34,21	47,24	61,67	76,38	228,77
M0388	Rio San Antonio Monjas	361,92	405,86	452,28	374,51	183,40	85,38	53,41	52,72	81,29	96,31	103,11	225,88
M0136	Chunchi	55,99	82,32	92,79	90,19	41,93	12,04	3,54	3,40	11,22	18,15	22,48	33,31
M0391	Pallatanga	164,14	191,72	196,00	178,03	85,37	26,11	9,65	7,61	23,58	31,54	40,27	84,92
M0392	Huigra	62,83	82,31	86,84	89,28	37,84	10,96	4,11	3,94	12,62	13,50	18,99	30,10

Elaborado por: Autores

Gráfica 5.1: Distribución temporal de precipitación dentro de la cuenca del río Guayas para la zona baja



Elaborado por: Autores

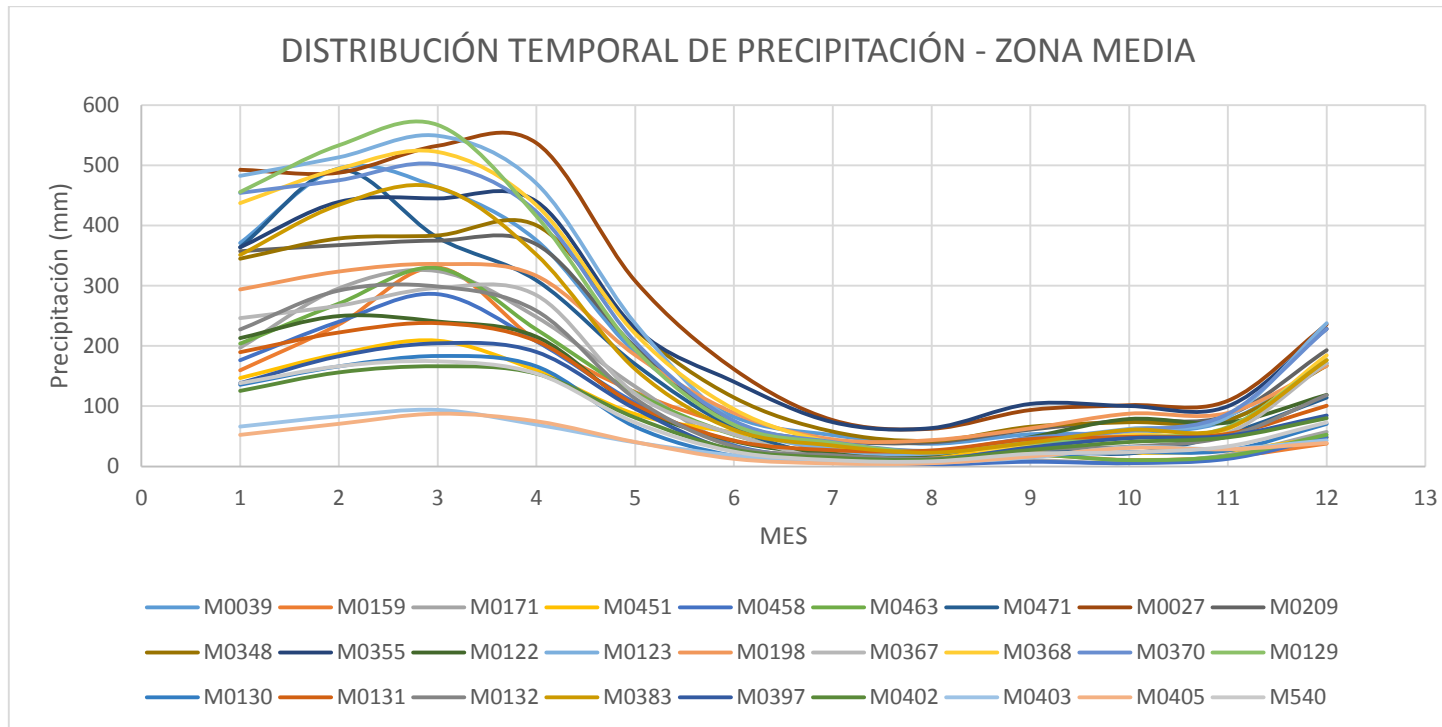
En la gráfica 5.1 se observa que para la zona baja la precipitación media varía en un rango de 0 mm a 82.31 mm por mes. La estación M374 (San Antonio del Delta) ubicada en la provincia de Los Ríos, es la que presenta los mayores valores de precipitación, mientras que los registros de precipitación en los meses de julio, agosto y septiembre son menores, inclusive se observa que no presenta precipitación, también se puede mencionar que los valores picos se presentan en el mes de marzo siguiendo una misma tendencia a crecidas en todas las estaciones de esta zona.

Tabla 5.5: Resumen – Estaciones Meteorológicas – Precipitación media mensual – Zona media

	ZONA MEDIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
M0039	Bucay	371,04	495,05	463,08	375,45	189,37	82,47	51,91	37,60	53,39	55,56	76,23	171,15
M0159	La Naranja	159,58	235,82	330,40	209,18	123,32	66,45	25,12	14,65	19,49	10,74	16,08	37,92
M0171	Camposano N° 2	197,13	295,74	324,28	248,11	132,57	34,25	18,78	3,96	10,01	5,48	19,37	57,28
M0451	El Anegado	146,76	186,70	208,81	159,42	86,84	56,45	31,25	19,48	25,55	22,31	26,45	48,24
M0458	Colimes de Paján	176,34	240,26	286,07	207,59	105,90	34,68	12,70	3,80	7,71	5,44	12,59	48,35
M0463	Camposano N° 1	203,89	270,48	329,26	227,34	122,18	52,43	20,26	11,29	19,21	10,44	17,43	52,63
M0471	Zapotál Los Rios	364,03	492,76	380,02	308,91	169,65	64,21	15,98	10,72	27,85	21,49	54,60	114,27
M0027	Sto. Domingo (Aeropuerto)	492,64	487,83	532,52	537,01	307,86	161,42	76,86	62,50	93,60	101,70	109,08	235,85
M0209	Alluriquín Inecel	357,36	367,55	375,00	368,73	198,32	73,35	43,06	39,88	61,06	76,53	84,62	193,04
M0348	Santa Anita	344,96	378,58	383,62	400,35	227,46	114,36	57,76	42,51	65,93	73,43	76,90	167,35
M0355	Pilatón A.J. Toachi	363,88	439,23	445,07	439,88	229,69	140,50	73,47	63,66	103,78	100,26	99,92	228,37
M0122	Pilaló	213,10	249,71	240,59	215,25	99,21	41,96	20,91	19,50	48,31	78,68	72,75	118,83
M0123	El Corazón	482,59	513,35	549,19	469,84	237,18	73,89	28,21	21,30	42,97	62,33	81,77	237,82
M0198	Palo Quemado	293,86	323,66	336,16	316,46	184,87	88,78	44,96	43,64	63,25	87,61	88,80	167,30
M0367	Pinllopata	246,27	266,98	296,36	284,30	120,71	53,17	11,60	10,83	32,13	52,98	55,85	171,81
M0368	Morasungo	437,31	494,36	522,29	433,81	220,29	94,92	39,59	24,79	34,88	51,85	62,43	184,51
M0370	Ramón Campaña	454,25	475,25	501,51	422,86	206,87	75,71	40,42	25,96	47,26	59,80	87,19	228,30
M0129	Caluma	455,75	533,32	567,14	415,50	194,60	68,97	39,19	23,72	38,85	47,96	65,46	176,40
M0130	Chillanes	135,61	166,15	183,37	166,10	65,83	17,46	7,99	5,64	17,44	23,53	26,52	70,61
M0131	San Pablo de Atenas	189,71	222,40	237,91	208,07	102,24	42,88	26,94	26,45	45,27	49,00	54,09	100,75
M0132	Balzapamba	227,46	292,10	298,79	258,37	112,58	32,90	18,61	13,02	27,81	32,81	49,84	118,35
M0383	Echeandía	351,26	434,40	463,29	351,61	161,37	60,91	34,70	22,85	39,59	60,72	63,60	176,42
M0397	Compud	138,29	183,08	204,44	190,00	95,68	25,09	12,10	10,53	31,50	46,87	51,02	84,51
M0402	Chimbo D.J. Pangor	125,41	156,13	166,34	153,97	80,94	27,94	14,57	11,41	27,38	40,54	48,20	80,08
M0403	Alausí	66,19	83,32	93,80	69,44	39,98	18,06	5,61	6,33	14,95	32,03	29,02	43,35
M0405	Guasuntos	52,36	70,72	87,49	74,98	40,47	12,61	4,97	5,30	16,48	30,72	28,48	38,96
M0540	Multitud	138,19	166,31	174,54	154,35	72,77	24,56	10,45	8,40	20,98	23,42	33,45	72,96

Elaborado por: Autores

Gráfica 5.2: Distribución temporal de precipitación dentro de la cuenca del río Guayas para la zona media



Elaborado por: Autores

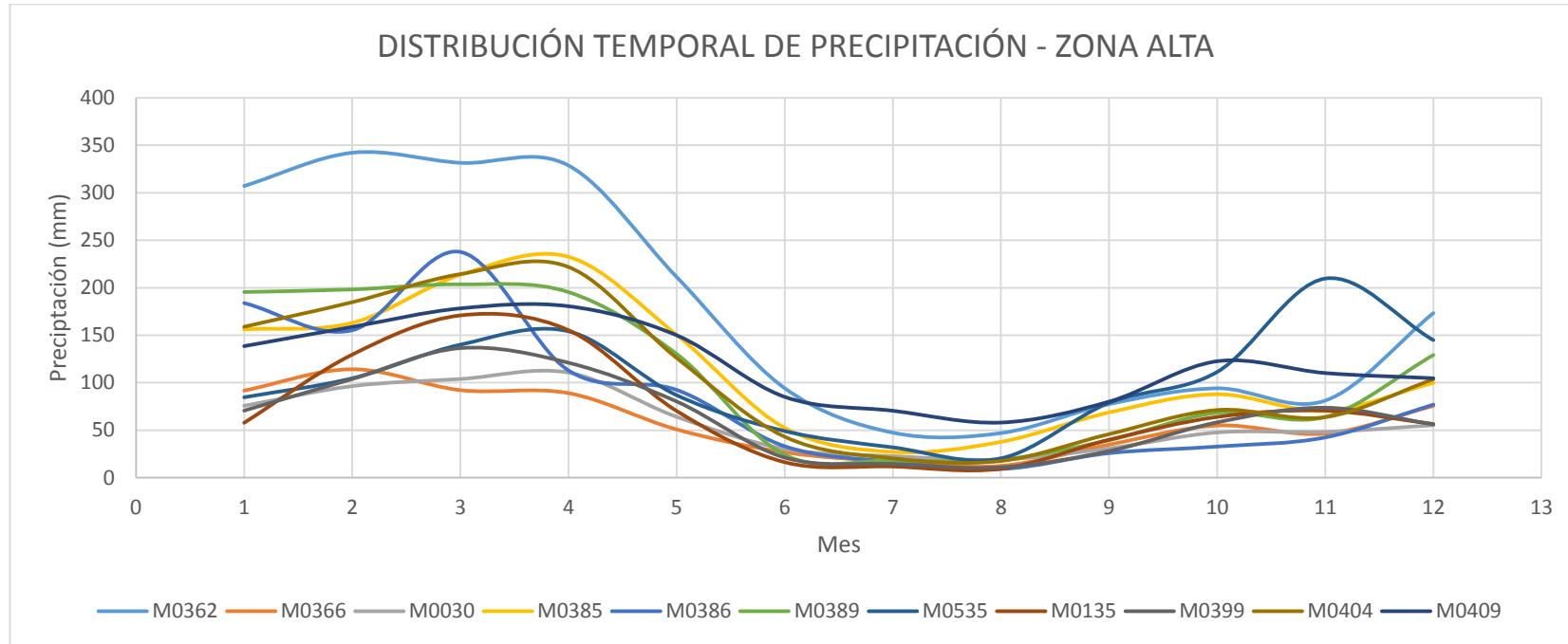
Para la zona media de la cuenca del Guayas, se observa que la estación M0027 (Santo Domingo) de la provincia del mismo nombre, presenta el valor máximo de precipitación media con un valor de 537.01 mm y de la misma manera que en la zona baja en el mes de julio se presentan menos registros de precipitación, todas las estaciones de esta zona presentan la misma tendencia.

Tabla 5.6: Resumen – Estaciones Meteorológicas – Precipitación media mensual – Zona alta

ZONA ALTA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
M0362	Las Palmas	307,16	342,18	331,55	328,75	211,42	94,21	47,41	46,92	77,44	94,08	81,18	173,26
M0366	Angamarca	91,74	114,17	92,16	89,03	50,82	26,72	16,76	12,48	34,83	54,91	46,36	75,51
M0030	San Simón	75,64	96,41	103,89	110,62	64,11	30,31	22,73	19,01	30,85	47,61	48,23	55,20
M0385	Salinas Bolívar	156,10	163,01	213,54	232,54	150,46	52,44	27,12	37,68	68,65	87,84	70,38	99,81
M0386	Cochabamba (Magdalena)	183,86	155,26	237,71	112,92	92,42	33,10	16,77	9,11	25,82	32,74	42,39	76,96
M0389	Simiatug	195,49	198,20	203,58	195,44	130,37	24,07	18,24	19,04	39,44	68,30	63,96	129,14
M0535	Las Herrerías	84,63	104,66	140,04	154,13	86,87	49,07	31,91	20,38	78,83	111,32	209,69	144,86
M0135	Pachamama-Tixán	57,78	129,59	170,86	155,33	70,28	16,28	11,76	9,32	39,94	63,93	70,60	56,48
M0399	Achupallas- Chimborazo	70,60	103,85	136,45	121,00	80,24	21,13	14,31	10,96	27,98	58,25	73,68	56,11
M0404	Cañi-Llimbe	158,92	184,81	214,36	221,86	126,12	43,11	20,31	17,60	45,83	71,25	63,71	103,62
M0409	Cajones A. J. Pupusa	138,50	158,76	178,28	180,53	149,99	85,07	70,45	58,04	80,04	122,58	110,17	104,69

Elaborado por: Autores

Gráfica 5.3: Distribución temporal de precipitación dentro de la cuenca del río Guayas para la zona alta



Elaborado por: Autores

Para la distribución temporal de la precipitación media para la zona alta de la cuenca del Guayas se tiene que la estación con mayor precipitación es la M0362 con el valor máximo de 342.18 mm y se observa que en los meses de julio y agosto existen registros de precipitación mínimos. La estación que no sigue la misma tendencia es la M 0404 (Cañi-Llimbe) de la provincia de Chimborazo cuyo valor máximo se presenta el mes de marzo.

5.3 Caudal Medio.

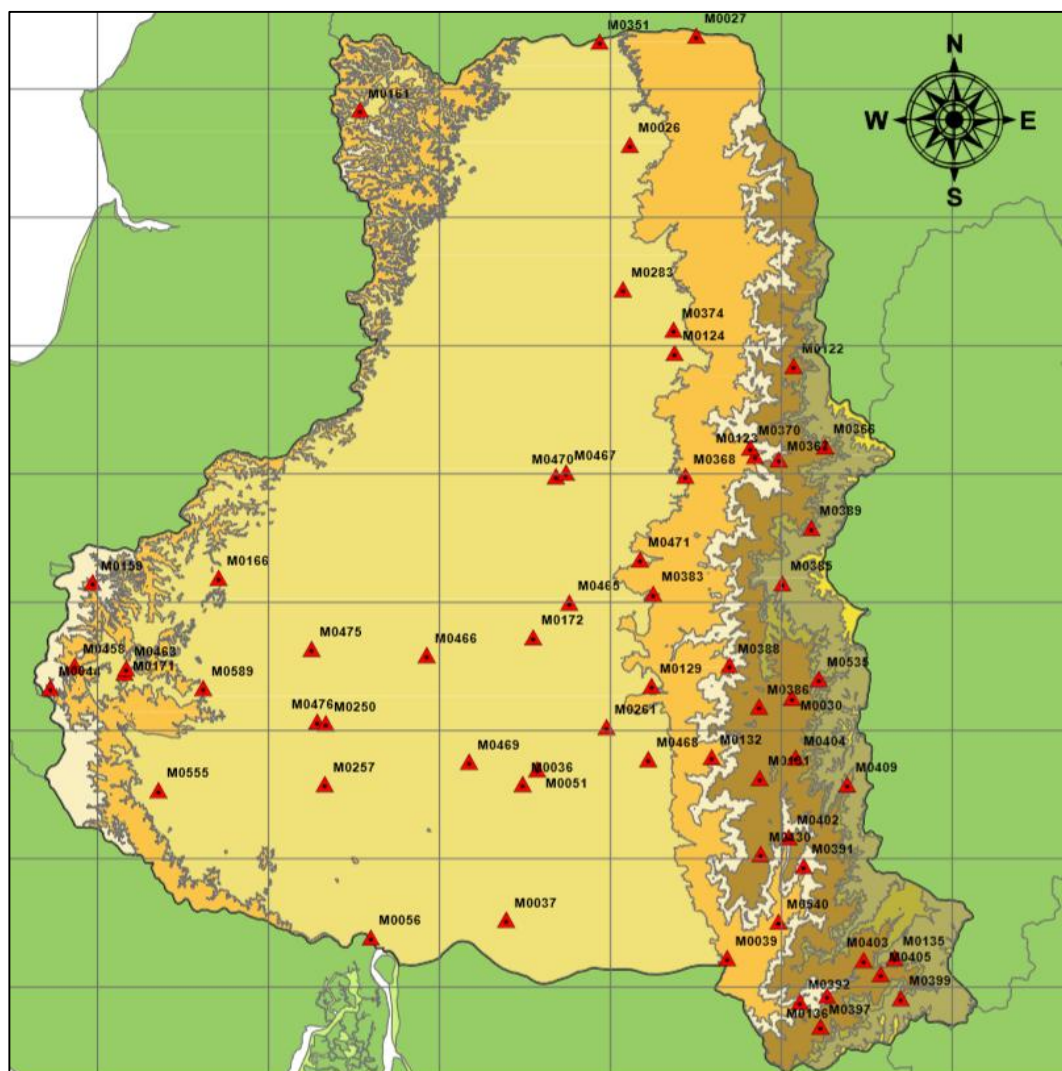
La caracterización hidrológica aporta en la estimación del comportamiento hidrológico de la cuenca, por lo cual se ha utilizado los datos de caudales medios mensuales de las estaciones hidrológicas que se encuentran en la cuenca.

Para facilitar el estudio del caudal en la cuenca hidrográfica del Guayas se consideran 3 zonas; Zona alta, media y baja que ha sido dividida en función de los pisos bioclimáticos.

5.3.1 Distribución temporal de caudal.

Para establecer la variación mensual de caudal en la cuenca del Guayas, se procede con el mismo procedimiento de la precipitación a partir de la tabla de zonificación en función de los pisos bioclimáticos tenemos la distribución temporal para las zonas alta, media y baja como se indica en la tabla 5.7. El mapa de estaciones hidrológicas de la cuenca del Guayas se adjunta en el Anexo N°5. (Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas). Mapa N°9.

Figura 5.2: Ubicación de estaciones hidrológicas en la cuenca del río Guayas en función de los pisos Bioclimáticos



Fuente: INAMHI, 2011
Elaborado por: Autores

Tabla 5.7: Estaciones meteorológicas en función de los pisos Bioclimáticos

ZONA BAJA				ZONA MEDIA		ZONA ALTA	
H0330	Chanchán en KM. 90+180	H0347	Quevedo en Quevedo	H0336	Chimbo AJ San Juan	H0331	Chimbo en San Lorenzo
H0385	Angas AJ Chanchán	H0348	Vinces en Vinces - DCP	H0337	Pangor AJ Chimbo	H0333	San Lorenzo en San Lorenzo
H0340	Chimbo en Bucay	H0371	San Pablo en Palmar	H0338	Chimbo DJ Pangor		
H0390	Chimbo AJ Milagro - INAMHI	H0394	Embarcadero en H.Clem(Pot-Sta.Rosa)	H0334	De Chima AJ Las Pesquerias (Sicoto AJ)		
H0326	Baba DJ Toachi - DCP	H0351	Daule en Pichincha	H0335	Las Pesquerias AJ De Chima		
H0329	Pilalo en la Esperanza	H0352	Macul en Puente Carretera				
H0343	Echeandía en Echeandía	H0363	Daule en Balzar				
H0345	Zapotal en Catarama (Catarama en)	H0365	Daule en La Capilla				
H0346	Zapotal en Lechugal						

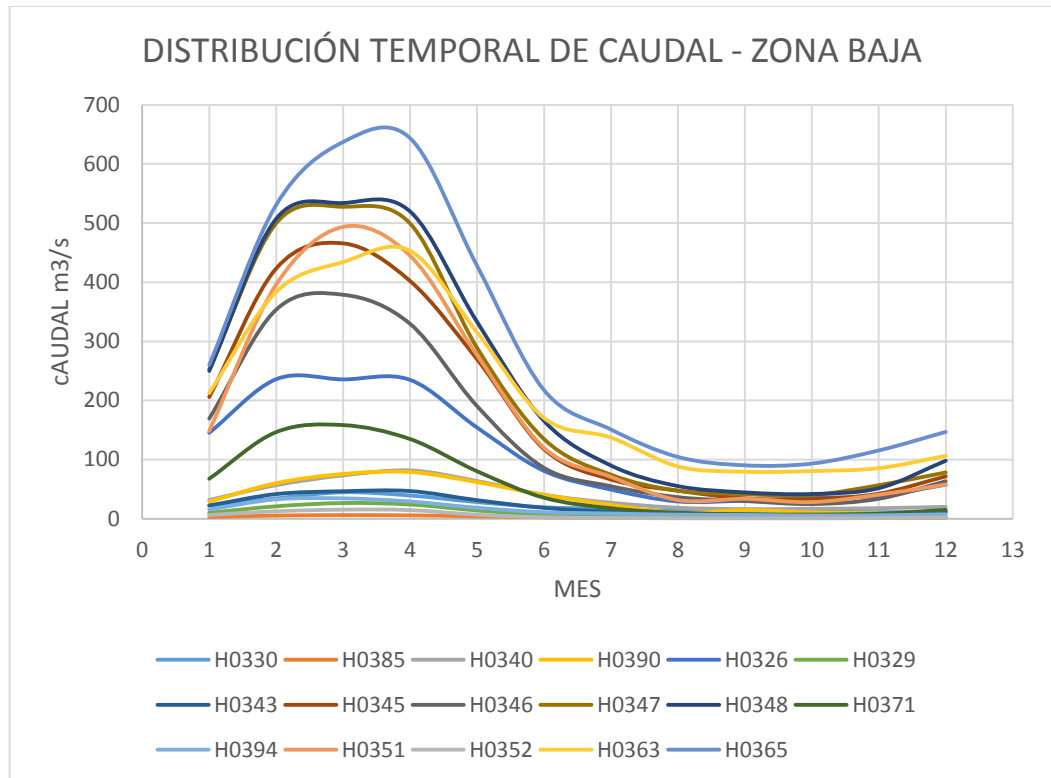
Elaborado por: Autores

Tabla 5.8: Resumen – Estaciones Hidrológicas – Caudal medio mensual

ZONA BAJA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
H0330	Chanchán en KM. 90+180	22.54	34.40	44.70	39.27	28.06	19.35	16.86	12.98	12.70	12.15	11.10	11.74
H0385	Angas AJ Chanchán	3.05	5.29	6.07	5.67	4.04	2.42	1.80	1.39	1.31	1.39	1.58	1.78
H0340	Chimbo en Bucay	31.70	56.78	73.26	81.66	63.77	40.53	26.99	18.58	16.19	16.81	17.78	20.02
H0390	Chimbo AJ Milagro - INAMHI	29.00	60.17	75.61	79.12	61.87	40.30	23.50	9.87	14.49	10.57	9.03	5.11
H0326	Baba DJ Toachi - DCP	145.36	235.98	235.62	234.83	154.16	80.83	49.26	29.16	30.70	35.15	38.47	57.54
H0329	Pilalo en la Esperanza	10.00	20.96	26.50	24.01	13.91	6.29	3.99	2.91	2.12	1.89	2.17	2.20
H0343	Echeandía en Echeandía	22.39	41.66	46.43	46.76	31.31	18.30	11.80	9.55	6.78	6.20	7.71	11.38
H0345	Zapotal en Catarama (Catarama en)	205.86	423.24	465.67	402.06	269.71	117.70	66.33	47.38	34.43	33.20	42.32	71.60
H0346	Zapotal en Lechugal	169.31	353.57	378.82	329.60	190.45	86.01	54.93	36.39	29.93	24.83	33.70	63.35
H0347	Quevedo en Quevedo	252.63	499.79	527.57	499.26	289.02	134.71	74.39	47.35	41.42	40.14	56.67	78.24
H0348	Vinces en Vinces - DCP	250.07	507.30	533.92	519.64	332.98	165.47	89.93	55.16	44.47	41.78	51.68	98.04
H0371	San Pablo en Palmar	67.57	146.49	158.32	134.74	80.25	35.46	17.68	9.79	7.40	7.05	8.38	14.89
H0394	Embarcadero en H.Clem(Pot-Sta.Rosa)	15.73	32.73	34.39	29.09	18.50	10.95	8.78	6.81	6.32	5.37	5.79	7.47
H0351	Daule en Pichincha	148.50	396.13	493.68	444.83	276.66	119.81	70.75	31.57	33.65	28.04	40.61	57.83
H0352	Macul en Puente Carretera	6.12	12.59	15.29	14.55	6.79	2.40	1.36	0.75	0.70	0.60	1.08	1.76
H0363	Daule en Balzar	212.62	383.92	434.17	453.05	315.08	170.24	137.22	88.38	79.43	80.62	85.51	106.25
H0365	Daule en La Capilla	260.18	530.77	637.23	643.62	427.75	217.50	150.85	104.46	90.28	93.21	115.48	146.79
ZONA MEDIA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
H0336	Chimbo AJ San Juan	24.00	34.66	37.42	37.00	32.19	30.52	23.04	17.10	18.62	18.93	19.78	27.24
H0337	Pangor AJ Chimbo	3.56	5.57	7.43	8.87	8.17	5.54	4.12	3.77	2.88	2.75	2.73	3.05
H0338	Chimbo DJ Pangor	14.54	25.69	33.36	37.26	31.03	19.92	12.70	8.67	8.04	9.03	9.67	10.25
H0334	De Chima AJ Las Pesquerias (Sicoto AJ)	1.12	2.91	3.92	4.21	2.57	1.22	0.70	0.51	0.46	0.45	0.40	0.67
H0335	Las Pesquerias AJ De Chima	0.48	1.09	1.52	1.41	1.30	0.54	0.31	0.20	0.16	0.15	0.32	0.22
ZONA ALTA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
H0331	Chimbo en San Lorenzo	5.54	9.66	11.04	12.74	9.78	5.68	3.46	2.62	2.45	3.14	3.78	4.00
H0333	San Lorenzo en San Lorenzo	1.21	1.76	2.22	2.56	2.01	1.41	1.06	0.81	0.79	0.93	1.01	1.08

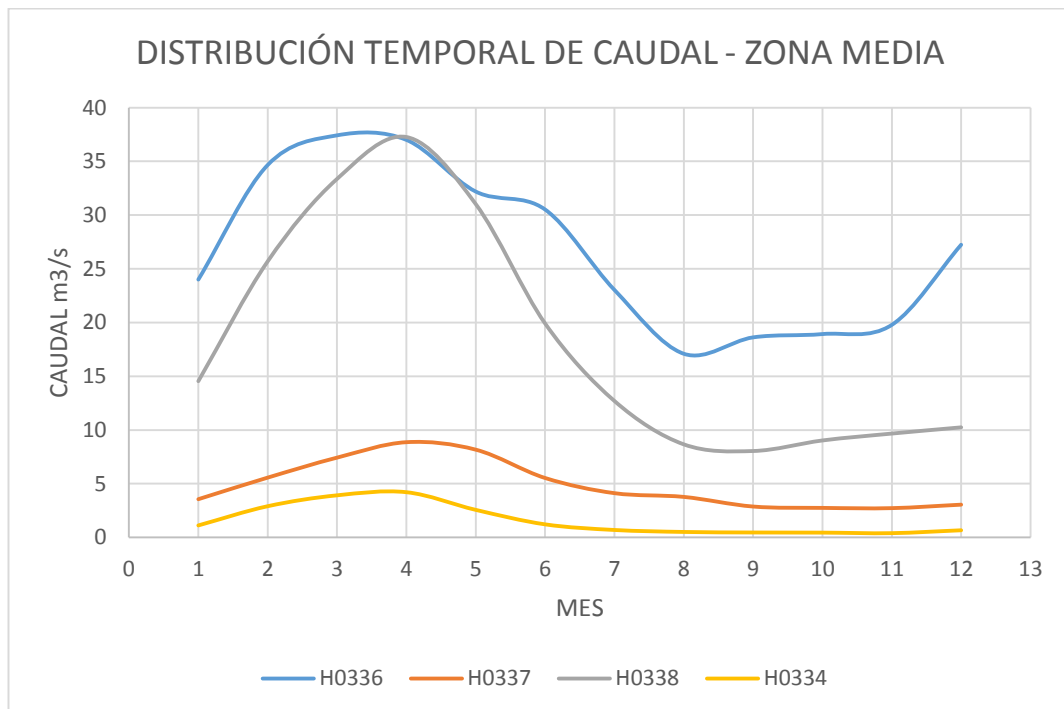
Elaborado por: Autores

Gráfica 5.4: Distribución temporal de caudal dentro de la cuenca del río Guayas para la zona baja



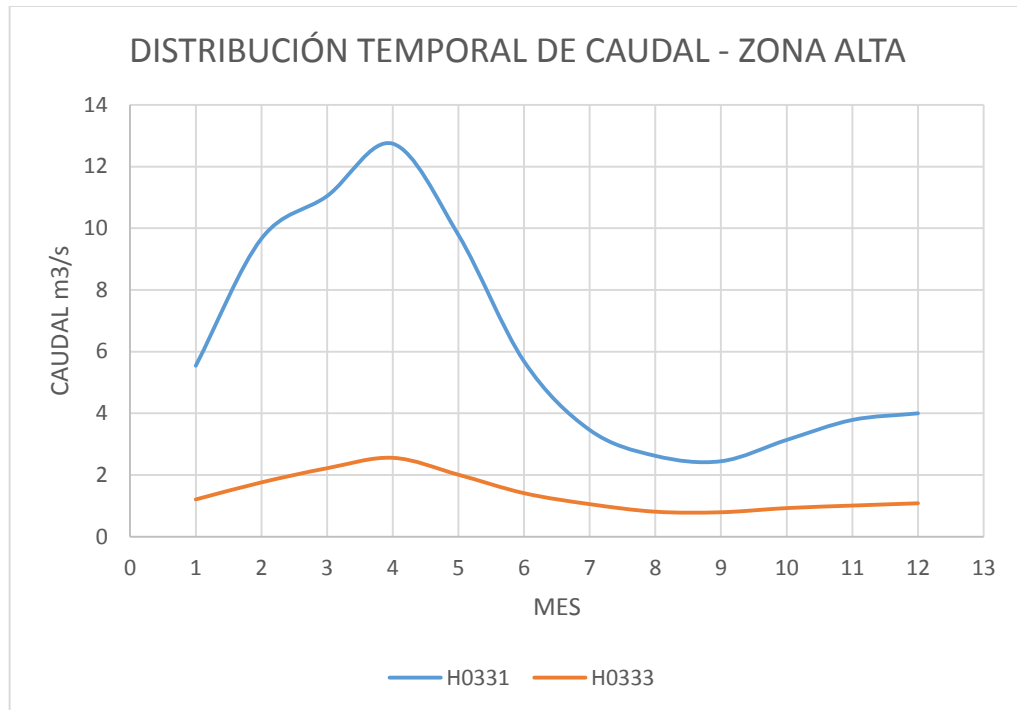
Elaborado por: Autores

Gráfica 5.5: Distribución temporal de caudal dentro de la cuenca del río Guayas para la zona media



Elaborado por: Autores

Gráfica 5.6: Distribución temporal de caudal dentro de la cuenca del río Guayas para la zona alta



Elaborado por: Autores

El hidrograma generado por la estación H0365 (Daule en la Capilla) en la provincia del Guayas, en la zona baja de la cuenca, nos indica que en los meses de enero a junio se producen los mayores aumentos de caudal y en el mes de abril se registra el máximo caudal, con un valor de 643.622 m³/s.

Mientras que para la zona media el hidrograma generado por la estación hidrológica H0338 (Chimbo Pangor) de la subcuenca Chimbo nos presenta que en los meses de enero a junio se presentan los mayores aumentos de caudal cuyo valor es de 37.264 m³/s y finalmente para el análisis de la zona alta de la cuenca el hidrograma de la estación H0331 (Chimbo San Lorenzo) de la subcuenca de Chimbo presenta su máximo caudal de 12.741 m³/s corroborando que los meses más lluviosos son de enero a junio aumentando la probabilidad de inundaciones en estos meses.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas es la línea base para todo proyecto e investigación afín y que la presente investigación puede ser utilizada como punto de partida cualitativo y cuantitativo para el estudio de fenómenos y eventualidades presentadas a nivel hidrometeorológico, también contribuye al pronóstico de acciones ejecutadas dentro de la cuenca y sirve además de respaldo y continuidad del proyecto en base a los indicadores hidrometeorológicos con los cuales se establecen criterios e información para la formulación y propuesta de proyectos a futuro como puede ser la implementación de un sistema de alerta temprana.
- Con el fin de contribuir en el estudio de “Sistema de Alerta Temprana ante inundaciones por crecidas” planteado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, se ha establecido la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas para el procesamiento con el software hydraccess ante inundaciones, tomando en cuenta que la cuenca del río Guayas representa el sistema fluvial más grande del país y considerada por esta razón zona primordial de estudio, se determina de esta manera la importancia de la base de información que permite el inicio del estudio para procesar los datos, para posibles pronósticos sobre su acción y efectos.

- Para dar inicio a la investigación de la cuenca del Guayas es primordial realizar una caracterización que nos permita establecer parámetros con los cuales se puede conocer como es su comportamiento ante un evento de precipitación, características como el relieve, suelos, vegetación, textura y uso del suelo desempeñan de manera directa con la escorrentía y la infiltración, las cuales son tomadas en cuenta como variables hidrológicas que contribuyen con el ciclo hidrológico y por ende en eventos de precipitación.
- Mediante el análisis de la información recopilada del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INAMHI, se obtuvo un total de 112 estaciones meteorológicas de las cuales se reducen para esta investigación a un número de 73 estaciones con datos disponibles para precipitación, 28 estaciones para la variable meteorológica de temperatura y 21 estaciones para la variante de evaporación, tomando en cuenta que el registro histórico de datos sea mayor a 15 años, período del cual se pueden obtener estadísticas de eventualidades producidas a lo largo de este tiempo que pueden ser tomadas como referencia para proyectos futuros.
- De los métodos utilizados para completar los datos inexistentes se puede establecer que con el método de regresión lineal simple se alcanzó el mayor porcentaje, con un valor de 45.19% de datos rellenados en comparación con el número total del datos faltantes, comprobando así, que éste método es el más acertado, siempre y cuando la agrupación de estaciones se realice de forma adecuada, dado que relaciona características similares entre estaciones, evidenciadas mediante el coeficiente de correlación, es decir, mientras más se aproxima a 1 la relación que existe entre estaciones es mejor.
- Al procesar los datos hidrometeorológicos empleando el software hydraccess para la elaboración de la base de información de la cuenca del río Guayas se alcanzó un porcentaje del 50.53% de datos rellenados, siendo

el método “Promedio de datos diarios” con el cual se completó la mayoría de datos faltantes de la base proporcionada de manera inicial, en comparación a los métodos utilizados mediante esta herramienta.

- En función de los mapas de pisos bioclimáticos la cuenca del río Guayas se ha dividido en 3 zonas: alta, media y baja de las cuales para realizar su análisis hidroclimático se han utilizado las variables de precipitación y caudal, debido a que son los factores más influyentes en la generación de inundaciones, contemplando en este estudio que el régimen de precipitaciones en las zonas bajas, medias y altas de la cuenca indica que las mayores precipitaciones se generan en el mes de abril, a su vez las precipitaciones son mayores en la zona baja y media, mientras que en la parte alta la precipitación es considerablemente menor, para reforzar lo expuesto en cuanto a la variación altitudinal, se concluye que a menor altura la presencia de lluvias es mayor, por lo que la precipitación tiene una relación inversa con la altura.
- En cuanto al análisis hidrológico, este indica un incremento de caudales entre los meses de enero y junio, respondiendo directamente a la precipitación, las estaciones localizadas en las zonas alta y media muestran caudales menores comparados con los de la zona baja, lo que revela que la mayoría de caudales registrados en la parte baja se deben a precipitaciones en la parte media de la cuenca, es decir, que los mayores caudales se producen por lluvias en la zona media.

6.2 RECOMENDACIONES

- Dentro del estudio de una cuenca es recomendable establecer una zonificación que nos permita facilitar su análisis y comportamiento.
- Para evitar discontinuidad en los datos hidrometeorológicos se recomienda un correcto manejo en cuanto a las estaciones climatológicas para la

instalación, operación y mantenimiento de las mismas, mientras que para las estaciones automáticas su correcto funcionamiento dependerá de la calidad de pronóstico, los cuales deben ser registrados y estar a disposición de los interesados.

- Los registros históricos de las estaciones hidrometeorológicas que dispone el país deben ser completos para cualquier investigación por lo cual se recomienda que el registro de datos sea controlado y en el mejor de los casos implementar instrumentos automáticos para que no existan datos faltantes debido a estos inconvenientes
- Como sugerencia para la obtención de las características físicas y morfológicas de una cuenca es necesario tener el conocimiento de programas que nos faciliten la ejecución y eficiencia de los valores en forma directa por lo que se recomienda aprender la utilización del programa Arcgis debido a la optimización de tiempo que conlleva su manejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J., & Obagi, J. (2008). *Fundamentos de inferencia estadística*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=3uhUqvF0_84C&oi=fnd&pg=PA13&dq=Fundamentos+de+Inferencia+estad%C3%ADstica&ots=DE4Hhdx6Jj&sig=J3qWq59Tcz0tjnmytFmNkK78HJ8&redir_esc=y#v=onepage&q=rachas%20de%20thom&f=false
- Armién, F. (2011). *Manual de Sistemas de Alerta Temprana*. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>
- Brunet, Y., & Hiez, G. (1979). Test d'homogénéité. Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie. *Homogénéisation des précipitations*.
- CAF. (2000). *El Fenómeno El Niño 1997-1998 Memorias, Retos y Soluciones* (Vol. IV). Ecuador. Obtenido de <http://dipecholac.net/docs/files/995-publicacion-caf-ecuador-nino-97-98.pdf>
- Carrie, J. (2009). *Manual de manejo de cuencas*. Canadá: World Vision. Obtenido de <https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>
- Castañeda, M. (2015). Oleaje también golpea a Salinas, Esmeraldas y Galápagos. *Vistazo*. Obtenido de <http://www.vistazo.com/seccion/pa%C3%ADs/oleaje-tambi%C3%A9n-golpea-salinas-esmeraldas-y-gal%C3%A1pagos>
- Castillo, F., & Sentis, F. (2001). *Agrometeorología*. Madrid, España: Ediciones Mundi -Prensa.
- CLIRSEN. (2009). *Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio y Valoración de Tierras Rurales de la Cuenca del Río Guayas, escala 1:25.000. Módulo 3*.
- Espinosa, M. (26 de Abril de 2016). Tres personas fallecidas por el desbordamiento del río Damas en Santo Domingo de los Tsáchilas. *El Comercio*. Obtenido

- de <http://www.juiciocrudo.com/articulo/tres-personas-fallecidas-por-el-desbordamiento-del-rio-damas-en-santo-domingo-de-los-tsachilas/5704>
- ESPOL. (2000). *Estudio Económico-Ambiental del Sistema de Cultivo del Mango en la región de la Sub-Cuenca del Río Daule*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3506/1/6033.pdf>
- GAD-GUAYAS. (2012). *Plan de Desarrollo de la Provincia del Guayas, Versión 003*. Guayaquil-Ecuador.
- Gaspari, F., Sinisterra, G., Delgado, M., Besteiro, S., & Rodríguez, A. (2009). *Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. La Plata, Argentina: Edulp.
- González, A., Acosta, J., & Andrade, S. (2008). Evaluación de las Inundaciones de la Cuenca Baja del Guayas, Datos y Manejo. *XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Quito.
- González, A., Acosta, J., & Andrade, S. (2008). *Evaluación de las Inundaciones de la Cuenca Baja del Guayas, Datos y Manejo*. CLIRSEN, Quito-Ecuador. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/6.%20Ing.%20Augusto%20Gonzalez.pdf>
- Guevara, J. (2003). *Métodos de Estimación y ajuste de datos climáticos*. Caracas, Venezuela.
- Horton, R. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology Geological Society of America Bulletin*. U.S.A.
- Hurtado, M. (2012). *Fondo de Agua para la cuenca del Guayas*.
- Ibáñez, S. (2009). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- INAMHI. (Enero de 2012). Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- INAMHI. (Enero de 2013). Obtenido de INAMHI: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/hidrologicos/Ah%202013.pdf>

- INAMHI. (2014). *Anuarios Meteorológicos*. Quito-Ecuador. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- INAMHI. (2015). *Anuario Hidrológico*. Quito-Ecuador. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/hidrologicos/Ah%202013.pdf>
- INOCAR. (2009). *Memoria Técnica de la Comisión realizada en el Área del Río Guayas Sur*. Instituto Oceanográfico de la Armada , Guayaquil-Ecuador.
- Jarrín, F. (2012). *Validación de la Información Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica de Guayas*. INAMHI-SENAGUA , Quito-Ecuador.
- Lind, D., Marchal, W., & Mason, R. (2004). *Estadística para Administración y Economía*. Colombia: Alfaomega.
- López, A., & Delgado, K. (2009). *Modelización Hidrológica en la Subcuenca Lempa Alto, en Cooperación con la Comisión Trinacional del Plan Trifinio (El Salvador, Honduras, Guatemala)*. Tesis de Grado, Universidad de El Salvador, Santa Ana, El salvador. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/195598597/Tesis-MODELACION-HIDROLOGICA-DE-LA-SUBCUENCA-LEMPA-ALTO>
- Luna, E., & Lavado, W. (Noviembre de 2015). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenca Jetepeque, Perú. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 28, 11. Obtenido de <file:///D:/Documents/Downloads/400-1136-1-PB.pdf>
- Monsalve, G. (2009). *Hidrología en la Ingeniería*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ochoa, T. (2011). *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos*. Ecoe ediciones.
- Ortíz, C., Gutiérrez, M., & Gutiérrez , E. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos - Soil Survey Staff*. Estados Unidos. Obtenido de http://personales.upv.es/psoriano/pdf/geo/Genesis_06.pdf
- Pombosa, R. (2018). *Sistema de Alerta Temprana Hidrometeorológica ante Inundaciones por Crecidas*. Quito, Ecuador: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - INAMHI.

- Pourrut, P. (1995). *El agua en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Ragonessi , A., & Soto, D. (2010). *Determinación de Zonas Amenazadas por Movimientos en Masa e Inundaciones en la Microcuenca del Río San Antonio y del Estero Roncador*. Tesis de Grado, Escuela Politécnica del Ejército , Sangolquí-Ecuador.
- Salas, M., & Jiménez, M. (2004). *Inundaciones*. México. Obtenido de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>
- Tapia, J. (2012). *Modelación hidrológica de un Área Experimental en la Cuenca del Río Guayas en la Producción de Caudales y Sedimentos*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de La Plata, La Plata-Argentina.
- Team, C. P. (5 de Mayo de 2018). *National Weather Service*. Obtenido de Climate Prediction Center: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Vauchel, P. (2005). *HYDRACCESS*. Recuperado el 2018, de <http://www.sohybam.org/index.php/esl/Software/Hydraccess>
- Ximénez, P. (14 de Febrero de 2017). Trabajos a la desesperada para vaciar y reparar la presa dañada en California. *El País*. Obtenido de https://elpais.com/internacional/2017/02/14/actualidad/1487052401_654768.html?rel=mas
- Zambrano, J. (9 de Abril de 2017). Cantones Santa Ana y Portoviejo, bajo el agua en Manabí. *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/04/09/nota/6129310/inundacion-afecto-2000-familias>

ANEXOS

Anexo 1: Anuarios de estaciones hidrometeorológicas proporcionadas por el INAMHI, para la elaboración de la base de información de la cuenca del río Guayas.

Anexo 2: Base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas rellena mediante todos los métodos.

Anexo 3: Método de regresión lineal simple para la elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas.

Anexo 4: Resumen de datos hidrometeorológicos rellenos mediante todos los métodos, para la elaboración de la información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas.

Anexo 5: Información cartográfica básica utilizada para la cuenca del río Guayas.

Anexo 6: Base de información hidrometeorológica de la cuenca del Guayas procesada mediante el software hydraccess

Anexo 7: Validación de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas

La información de los anexos se encuentra disponible en formato digital y en el software hydraces, la misma que reposa en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Central del Ecuador.