



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Análisis hidrológico y calidad del agua por contenido de sólidos, casos de estudio: ríos calera y amarillo-cuenca del Puyango.

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTOR: Granda Flores, Miguel Dario.

DIRECTOR: Gonzaga Vallejo, Sonia Lorena, MSc.

CO-DIRECTOR: Serrano Ojeda, José Antonio, MSc.

LOJA – ECUADOR

2017



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

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

Sonia Lorena Gonzaga Vallejo.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Análisis hidrológico y calidad del agua por contenido de sólidos, casos de estudio: ríos calera y amarillo-cuenca del Puyango** realizado por **Granda Flores Miguel Dario**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Julio 2017

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Granda Flores Miguel Dario**, declaro ser autor (a) del presente trabajo de titulación: Análisis hidrológico y calidad del agua por contenido de sólidos, casos de estudio: ríos calera y amarillo-cuenca del Puyango, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo la magister Sonia Lorena Gonzaga Vallejo directora y, el magister José Antonio Serrano Ojeda Co-director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

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

f).....
Autor: Granda Flores Miguel Dario
Cédula: **1104639073**

DEDICATORIA

Este trabajo de fin de titulación se lo dedico a las personas más importantes y fundamentales en mi vida; mis padres Miguel y Rosario, mis hermanos, Daniela, Denisse, Daniel y Raulito, a mi novia Gabriela, a mis sobrinos José, Carlitos y Juanito; a todas y cada una de las personas que formaron parte del desarrollo de este arduo e importante trabajo.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento eterno a mis padres, hermanos y Gabriela, que sin el aporte y el apoyo incansable de cada uno de ellos, no sería realidad este trabajo.

De manera muy especial a mi directora de tesis la MSc. Sonia Lorena Gonzaga Vallejo y a mi Co-director el MSc. José Antonio Serrano Ojeda, gracias por todas sus enseñanzas diarias y su confianza puesta en mí, para desarrollar el trabajo de fin de titulación

A mis amigos, familiares y demás que siempre estuvieron para dar una mano cuando más se los necesitaba.

INDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	I
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INDICE DE CONTENIDOS.....	VI
INDICE DE GRÁFICOS.....	XVI
INDICE DE TABLAS.....	XVIII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
CAPÍTULO I.....	6
1. ESTADO DEL ARTE.....	6
1.1. Reseña histórica de la minería.....	7
1.1.1. Minería en la Época Colonial	7
1.1.2. Minería Internacional.....	7
1.1.3. Minería en la Actualidad.....	7
1.1.4. Minería Ecuatoriana	8
1.1.5. Minería	11
1.1.6. Conceptos	12
1.2. Importancia de la Minería.....	13
1.3. Características de la Minería.....	14
1.4. Metales pesados	14
1.5. Impactos de la Minería	15
1.5.1. Impacto Ambientales y Sociales de la Minería.	15
1.5.2. Impacto Económico.....	16
1.5.3. Impacto en la Salud	17
1.6. Control y Prevención de la Contaminación de Aguas.	18

1.7.	Residuos Mineros.....	18
1.7.1.	Residuos Líquidos.....	18
1.7.2.	Residuos Sólidos	18
1.7.3.	Residuos por Gases.....	19
1.8.	Formas de Vertido de Relaves.....	19
1.9.	Clasificación de sólidos	19
1.9.1.	Ensayos para determinar sólidos sedimentables en muestras de agua	20
1.10.	HIDROLOGÍA	21
1.10.1.	Cuenca hidrográfica	21
1.10.2.	Tipos de Cuencas.....	21
1.10.3.	Características Morfométricas y Fisiográficas de la Cuenca.....	25
1.11.	Conceptos Generales	29
1.11.1.	Manejo integral de cuencas.....	29
1.11.2.	Autoridad que maneja los recursos hídricos a nivel nacional.....	29
1.11.3.	Consejos de cuenca	29
1.11.4.	Plan Nacional de recursos hídricos.....	30
1.11.5.	División Pfafstetter.....	30
1.11.6.	Tipos de Unidades Hidrográficas	31
1.11.7.	Río	31
1.12.	Recursos Hídricos en Ecuador y su división hidrográfica.....	31
1.12.1.	Cuenca del río Puyango	33
1.12.2.	Valores de la contaminación de los ríos Calera y Amarillo	34
1.13.	Antecedentes de contaminación por actividades mineras y extractivistas	34
1.14.	Ubicación geográfica de la zona de estudio	35
1.14.1.	Cuenca del río Puyango-Tumbes.....	36
1.14.2.	Portovelo	37
1.14.3.	Zaruma	38
1.14.4.	Accesos	39
1.15.	Geografía del Sector.....	39

1.15.1.	Topografía	39
1.15.2.	Hidrografía.....	39
1.15.3.	Mapas de cobertura y usos del suelo de la zona de estudio.....	40
1.16.	Enfermedades de origen hídrico.....	43
1.16.1.	Clasificación de las enfermedades de origen hídrico	44
1.16.2.	Enfermedades de origen hídrico en los cantones Portovelo y Zaruma	44
1.17.	Perfil epidemiológico en la zona de estudio	46
1.17.1.	Perfil epidemiológico del cantón Portovelo.....	47
1.17.2.	Perfil epidemiológico del cantón Zaruma	48
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.	49
2.1.	Introducción.....	50
2.2.	Revisión bibliográfica	50
2.3.	Identificación de la Zona de Estudio.	50
2.4.	Levantar la línea base de problemas de contaminación que existe en la zona de estudio: Contaminación-Incidencias en la salud.	51
2.5.	Determinación de las características fisiográficas y climáticas de la cuenca de Catamayo, Jubones, Puyango y Santiago.	51
2.6.	Análisis regional hidrológico.....	56
2.6.1.	Introducción.....	56
2.6.2.	Análisis de calidad y cantidad de información hidrométrica.....	57
2.6.3.	Estadística hidrológica	69
2.7.	Análisis de calidad de agua por contenido de sólidos.....	133
2.8.	Selección de los sitios de muestreo	134
2.9.	Determinar los puntos de mayor contaminación en la zona de estudio.....	137
2.10.	Toma de muestras.....	137
2.10.1.	Ensayo Volumétrico.....	137
2.11.	Puntualizar en la investigación de los resultados obtenidos de la red de estaciones de calidad de agua diseñada para la cuenca del río Puyango.	139
CAPÍTULO III.....		140
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	140

3.1. RESULTADOS	141
3.1.1. Análisis de Independencia y Homogeneidad	141
3.1.2. Análisis de valores extremos	142
3.1.3. Delimitación de regiones homogéneas	144
3.1.4. Análisis Regional.....	148
3.1.5. Calidad del agua por contenido de sólidos	152
3.2. DISCUSIÓN	154
3.2.1. Análisis regional hidrológico.....	154
3.2.2. Calidad del agua por contenido de sólidos	155
CONCLUSIONES	165
RECOMENDACIONES	167
BIBLIOGRAFÍA.....	168

ANEXOS.....	174
1. Delimitación de cuencas hidrográficas	175
2. Distribuciones de probabilidad	185
2.1. Cuenca Catamayo.....	185
2.2. Cuenca Jubones	190
2.3. Cuenca Puyango.....	195
2.4. Cuenca Santiago.....	201
3. Homogeneidad	204
3.1. Pruebas de Homogeneidad-Cuenca Catamayo.....	204
3.1.1. Jorupe en Amaluza H0621	204
3.1.2. Uchima Aj Chamba H0627	205
3.1.3. Arenal en Pte Boquerón H0617	206
3.1.4. Canal Arenal H0619.....	207
3.1.5. Catamayo Pte Santa Rosa H0620	208
3.2. Pruebas de Homogeneidad-cuenca Jubones	209
3.2.1. Paquishapa en Pte Carretera H0526	209
3.2.2. Jubones Dj Minas H0528	210
3.2.3. Jubones Dj San Francisco H0529.....	211
3.2.4. Jubones en Ushcurrumi H0530.....	212
3.2.5. Casacay Aj Jubones H0531	213
3.3. Pruebas de Homogeneidad-cuenca Puyango.....	214
3.3.1. Puyango en Cpto Militar H0591	214
3.3.2. Amarillo en Portovelo H0588	215
3.3.3. Marcabelí Aj Puyango H0590	216
3.3.4. Moromoro en Moromoro H0592	217
3.3.5. Pindo Aj Amarillo H0587	218
3.3.6. Puyango Aj Marcabelí H0589	219
3.4. Pruebas de Homogeneidad-cuenca Santiago.....	220
3.4.1. Yacuambi Aj Zamora H0887	220

3.4.2.	Zamora Dj Sabanilla H0889	221
3.4.3.	Yacuambi en la Paz H0912.....	222
4.	Independencia de Eventos	223
4.1.	Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Catamayo	223
4.1.1.	Arenal en Pte Boquerón H0617	223
4.1.2.	Canal Arenal H0619.....	225
4.1.3.	Catamayo en Pte Santa Rosa H0620	226
4.1.4.	Jorupe en Amaluza H0621	228
4.1.5.	Uchima Aj Chamba H0627	230
4.2.	Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Jubones.....	232
4.2.1.	Paquishapa en Pte Carretera H0526	232
4.2.2.	Jubones Dj Minas H0528	234
4.2.3.	Jubones Dj Sn Francisco H0529.....	235
4.2.4.	Jubones en Ushcurrumi H0530.....	238
4.2.5.	Casacay Aj Jubones	240
4.3.	Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Puyango	242
4.3.1.	Amarillo en Portovelo H0588	242
4.3.2.	Marcabelí Aj Puyango H0590	243
4.3.3.	Moromoro en Moromoro H0592	244
4.3.4.	Pindo Aj Amarillo H0587	246
4.3.5.	Puyango Aj Marcabelí H0589	247
4.3.6.	Puyango en Cpto Militar H0591	249
4.4.	Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Santiago	252
4.4.1.	Yacuambi Aj Zamora H0887	252
4.4.2.	Zamora Dj Sabanilla H0889	254
4.4.3.	Yacuambi en la Paz H0912.....	256
5.	Método de Trazos Multidimensionales	258
5.1.	Tr= 5 años	258
5.2.	Tr = 10años	260

5.3.	Tr = 20 años	262
5.4.	Tr =50 años	264
5.5.	Tr = 100 años	266
5.6.	Tr = 500 años	268
5.7.	Tr= 1000 años	270
5.8.	Tr = 5000 años	272
5.9.	Tr = 10000 años	274
6.	Método del Coeficiente de Variación.....	276
6.1.	Amarillo en Portovelo H0588.....	276
6.2.	Marcabelí Aj Puyango H0590.....	277
6.3.	Moromoro en Moromoro H0592	278
6.4.	Pindo Aj Amarillo H0587	279
6.5.	Puyango Aj Marcabelí H0589.....	280
6.6.	Alamor en Pte. Mercadillo H0625.....	281
6.7.	Jorupe en Amaluza H0621	282
6.8.	Yacuambi Aj Zamora H0887	283
6.9.	Zamora Dj Sabanilla H0889	284
6.10.	Yacuambi en la Paz H0912	285
6.11.	Jubones en Ushcurrumi H0530	286
6.12.	Casacay Aj Jubones H0531	287
7.	Método del parámetro β	288
7.1.	Amarillo en Portovelo H0588.....	288
7.2.	Marcabelí Aj Puyango H0590.....	289
7.3.	Moromoro en Moromoro H0592	290
7.4.	Pindo Aj Amarillo H0587	291
7.5.	Puyango Aj Marcabelí H0589.....	292
7.6.	Alamor en Pte. Mercadillo H0625.....	293
7.7.	Jorupe en Amaluza H0621	294
7.8.	Yacuambi Aj Zamora H0887	295

7.9.	Zamora Dj Sabanilla H0889	296
7.10.	Yacuambi en la Paz H0912	297
7.11.	Jubones Dj Sn Francisco H0529	298
7.12.	Jubones en Ushcurrumi H0530	299
7.13.	Casacay Aj Jubones H0531	300
8.	Manual Básico de HEC-GeoRAS 10 (3ª edición)	301
9.	Anexo fotográfico.....	301
9.1.	Calidad de agua por contenido de sólidos	301
9.1.1.	Toma de muestras	301
9.1.2.	Ensayos de calidad de agua por contenido de sólidos	303

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PRINCIPALES PROYECTOS MINEROS EN EL ECUADOR	10
FIGURA 2: POTENCIAL MINERO DEL ECUADOR, SE INDICAN RESERVAS: PROBADAS Y PROBABLES; RECURSOS: MEDIDOS, INDICADOS E INFERIDOS.	11
FIGURA 3: FORMAS DEL PROCESAMIENTO DEL MINERAL EN LA MINERÍA.....	13
FIGURA 4: CLASIFICACIÓN DE SÓLIDOS	20
FIGURA 5: CUENCA HIDROGRÁFICA	21
FIGURA 6: ESQUEMA REPRESENTATIVO DE UNA CUENCA ENDORREICA.	22
FIGURA 7: ESQUEMA REPRESENTATIVO DE UNA CUENCA EXORREICA.	22
FIGURA 8: ESQUEMA REPRESENTATIVO DE UNA CUENCA ARREICA.....	23
FIGURA 9: PARTES DE LA CUENCA	24
FIGURA 10: DIVISORIA DE AGUAS.....	24
FIGURA 11: ESQUEMA DE ANÁLISIS Y EJEMPLO PARA EL CÁLCULO DE LA PENDIENTE EN UNA FAJA SEGÚN ALVORD.	28
FIGURA 12: POTENCIAL HÍDRICO DEL ECUADOR.	32
FIGURA 13: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.	36
FIGURA 14: UBICACIÓN DEL CANTÓN PORTOVELO.	37
FIGURA 15: UBICACIÓN DEL CANTÓN ZARUMA.	38
FIGURA 16: MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	39
FIGURA 17: SUBCUENCAS DE LOS RÍOS CALERA, AMARILLO Y PINDO.	40
FIGURA 18: CATEGORÍAS DE SUELO PRESENTES EN EL CANTÓN PORTOVELO.	42
FIGURA 19: USO ACTUAL DEL SUELO DE LA PARROQUIA URBANA DE ZARUMA.....	43
FIGURA 20: CLASIFICACIÓN DE LAS ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO.	44
FIGURA 21: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS HIDROLÓGICO (EVENTOS MÁXIMOS).....	56
FIGURA 25: ESTACIONES HIDROMÉTRICAS	59
FIGURA 23: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA.	133
FIGURA 24: PUNTOS DE MUESTREO.....	136
FIGURA 25: EQUIPOS Y MATERIALES.....	138
FIGURA 26: ENSAYO Y TOMA DE MUESTRAS.....	139
FIGURA 27: VALLES O LLANURAS DE INUNDACIÓN, CONVERGENCIA RÍOS CALERA Y AMARILLO.	150
FIGURA 28: PERFIL DEL RÍO 3D, CONVERGENCIA CALERA Y AMARILLO.	151
FIGURA 29: CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO, VERANO E INVIERNO.	156

ANEXOS

FIGURA 30: MICROCUENCA AMARILLO EN PORTOVELO.....	175
FIGURA 31: MICROCUENCA MARCABELÍ AJ PUYANGO.....	175
FIGURA 32: MICROCUENCA MOROMORO EN MOROMORO.....	176
FIGURA 33: MICROCUENCA PINDO AJ AMARILLO.....	176
FIGURA 34: MICROCUENCA PUYANGO AJ MARCABELÍ.....	177
FIGURA 35: MICROCUENCA PUYANGO EN CPTO. MILITAR.....	177
FIGURA 36: .PAQUISHAPA EN PTE. CARRETERA.....	178
FIGURA 37: MICROCUENCA JUBONES DJ. MINAS.....	178
FIGURA 38: MICROCUENCA JUBONES DJ. SN. FRANCISCO.....	179
FIGURA 39: MICROCUENCA JUBONES EN USHCURRUMI.....	179
FIGURA 40: MICROCUENCA CASACAY AJ. JUBONES.....	180
FIGURA 41: MICROCUENCA ALAMOR EN PTE MERCADILLO.....	180
FIGURA 42: MICROCUENCA ARENAL EN PTE. BOQUERÓN.....	181
FIGURA 43: MICROCUENCA CANAL ARENAL.....	181
FIGURA 44: MICROCUENCA CATAMAYO EN PTE STA. ROSA.....	182
FIGURA 45: MICROCUENCA JORUPE EN AMALUZA.....	182
FIGURA 46: MICROCUENCA UCHIMA AJ CHAMBA.....	183
FIGURA 47: MICROCUENCA YACUAMBI AJ ZAMORA.....	183
FIGURA 48: MICROCUENCA ZAMORA DJ. SABANILLA.....	184
FIGURA 49: MICROCUENCA YACUAMBI EN LA PAZ.....	184
FIGURA 50: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA, RÍO CALERA.....	301
FIGURA 51: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA, RÍO AMARILLO.....	302
FIGURA 52: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA, CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO.....	302
FIGURA 53: ENSAYO DE CALIDAD DE AGUA POR CONTENIDO DE SÓLIDOS, RÍO AMARILLO.....	303
FIGURA 54: ENSAYO DE CALIDAD DE AGUA POR CONTENIDO DE SÓLIDOS, RÍO CALERA.....	303
FIGURA 55: ENSAYO DE CALIDAD DE AGUA POR CONTENIDO DE SÓLIDOS, CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO.....	304

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: ÍNDICE DE MORBILIDAD DEL CANTÓN PORTOVELO.....	48
GRÁFICO 2. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	102
GRÁFICO 3. CURVAS DE ANDREWS TR= 2AÑOS.	109
GRÁFICO 4. MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.	114
GRÁFICO 5. MÉTODO DE LA REGIÓN DE INFLUENCIA.....	118
GRÁFICO 6. MÉTODO DEL PARÁMETRO B-DISTRIBUCIÓN GVE.	122
GRÁFICO 7. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO CALERA, AGUAS ABAJO.	157
GRÁFICO 8. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO CALERA, AGUAS ARRIBA.....	157
GRÁFICO 9. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN LA CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO.	158
GRÁFICO 10. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO AMARILLO, AGUAS ABAJO.	159
GRÁFICO 11. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO AMARILLO, AGUAS ARRIBA.....	159
GRÁFICO 12. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO CALERA, DESCARGA.	160
GRÁFICO 13. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO CALERA, PLANTA DE BENEFICIO.	161
GRÁFICO 14. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO AMARILLO, PTE. VÍA ZARUMA-GUISHAGUIÑA.	162
GRÁFICO 15. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN EL RÍO CALERA, PTE. DE BUZA.	163
GRÁFICO 16. SÓLIDOS SEDIMENTABLES EN LA CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO.	164

ANEXOS

GRÁFICO 17. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	224
GRÁFICO 18. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	226
GRÁFICO 19. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	227
GRÁFICO 20. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	229
GRÁFICO 21. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	231
GRÁFICO 22. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	233
GRÁFICO 23. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	234
GRÁFICO 24. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	237
GRÁFICO 25. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	239
GRÁFICO 26. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	241
GRÁFICO 27. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	243
GRÁFICO 28. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	244
GRÁFICO 29. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	245
GRÁFICO 30. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	247
GRÁFICO 31. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	248
GRÁFICO 32. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	251
GRÁFICO 33. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	253
GRÁFICO 34. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	255
GRÁFICO 35. AUTOCORRELACIÓN SERIAL (RK), LÍMITE INFERIOR Y SUPERIOR.	257
GRÁFICO 36. CURVAS DE ANDREWS TR= 5 AÑOS.....	259
GRÁFICO 37. CURVAS DE ANDREWS TR= 10 AÑOS.	261
GRÁFICO 38. CURVAS DE ANDREWS TR= 20 AÑOS.	263
GRÁFICO 39. CURVAS DE ANDREWS TR= 50 AÑOS.	265
GRÁFICO 40. CURVAS DE ANDREWS TR= 100 AÑOS.	267
GRÁFICO 41. CURVAS DE ANDREWS TR= 500 AÑOS.	269
GRÁFICO 42. CURVAS DE ANDREWS TR= 1000 AÑOS.	271
GRÁFICO 43. CURVAS DE ANDREWS TR= 5000 AÑOS.	273
GRÁFICO 44. CURVAS DE ANDREWS TR= 10000 AÑOS.	275

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS	25
TABLA 2. FORMA DE LA CUENCA-TENDENCIA A CRECIDAS.....	26
TABLA 3. CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE.....	28
TABLA 4. PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD DE ORIGEN HÍDRICO-PORTOVELO-2014.....	45
TABLA 5. PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD DE ORIGEN HÍDRICO-PORTOVELO-2015.....	45
TABLA 6. PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD DE ORIGEN HÍDRICO-ZARUMA-2014.	46
TABLA 7. PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD DE ORIGEN HÍDRICO-ZARUMA-2015.	46
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS FISOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA CUENCA DE CATAMAYO.	52
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS FISOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA CUENCA DE JUBONES.	52
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS FISOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA CUENCA DEL PUYANGO.	53
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS FISOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA CUENCA DE SANTIAGO.....	53
TABLA 12. CARACTERÍSTICAS FISOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO-PTO DE INTERÉS.....	54
TABLA 13. CLASIFICACIÓN DE LAS MICROCUENCAS.	55
TABLA 14. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS-CUENCA CATAMAYO	57
TABLA 15. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS-CUENCA JUBONES.....	57
TABLA 16. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS-CUENCA PUYANGO.....	57
TABLA 17. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS-CUENCA SANTIAGO	58
TABLA 18. ANÁLISIS DE CALIDAD Y CANTIDAD.....	60
TABLA 19. VALORES DE ESCURRIMIENTO MÁXIMO ($Q \text{ m}^3/\text{s}$) - CUENCA CATAMAYO	62
TABLA 20. VALORES DE ESCURRIMIENTO MÁXIMO ($Q \text{ m}^3/\text{s}$) – CUENCA JUBONES.....	64
TABLA 21. VALORES DE ESCURRIMIENTO MÁXIMO ($Q \text{ m}^3/\text{s}$) - CUENCA PUYANGO.....	66
TABLA 22. VALORES DE ESCURRIMIENTO MÁXIMO ($Q \text{ m}^3/\text{s}$) - CUENCA SANTIAGO	68
TABLA 23. ALAMOR EN PTE. MERCADILLO-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.....	93
TABLA 24. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	98
TABLA 25. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	101
TABLA 26. MÉTODO GRÁFICO.....	104
TABLA 27. ANÁLISIS DE FRECUENCIA-MENOR ERROR ESTÁNDAR DE AJUSTE.	105
TABLA 28. CARACTERÍSTICAS O ATRIBUTOS MÁS REPRESENTATIVOS.	107
TABLA 29. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES.	108
TABLA 30. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES.	108
TABLA 31. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	111
TABLA 32. VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN-MEDIA/ÁREA.....	113
TABLA 33. VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN-MEDIA/ÁREA.....	113
TABLA 34. DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	116
TABLA 35. DISTANCIA EUCLIDIANA Y VALOR PROMEDIO.	117
TABLA 36. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.....	121
TABLA 37. CÁLCULO DEL GASTO MEDIO Y ESTADÍSTICOS.	125

TABLA 38. MUESTRA MODULADA.....	126
TABLA 39. REGISTRO ESTACIONES-AÑO.....	127
TABLA 40. ANÁLISIS DE FRECUENCIA-MENOR ERROR ESTÁNDAR DE AJUSTE.....	131
TABLA 41. ANÁLISIS DE FRECUENCIA-MENOR ERROR ESTÁNDAR DE AJUSTE.....	131
TABLA 42. DISTRIBUCIÓN GVE (MV).....	132
TABLA 43. PUNTOS DE CONTROL SENAGUA.....	135
TABLA 44. PUNTOS DE INTERÉS.....	135
TABLA 45: PUNTOS DE CONTROL ESTABLECIDOS POR LA SENAGUA.....	139
TABLA 46. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD E INDEPENDENCIA.....	141
TABLA 47. DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS.....	142
TABLA 48. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE EVENTOS EXTREMOS -CUENCA CATAMAYO.....	142
TABLA 49. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE EVENTOS EXTREMOS -CUENCA JUBONES.....	143
TABLA 50. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE EVENTOS EXTREMOS -CUENCA PUYANGO.....	143
TABLA 51. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE EVENTOS EXTREMOS -CUENCA SANTIAGO.....	144
TABLA 52. MÉTODO GRÁFICO.....	145
TABLA 53. MÉTODO DE LOS TRAZOS MULTIDIMENSIONALES.....	145
TABLA 54. MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	146
TABLA 55. MÉTODO DE LA REGIÓN DE INFLUENCIA.....	146
TABLA 56. MÉTODO DEL PARÁMETRO B.....	147
TABLA 57. REGIÓN HOMOGÉNEA.....	147
TABLA 58. TÉCNICA DE LAS ESTACIONES-AÑO.....	148
TABLA 59. RESULTADOS DE UNA SECCIÓN DE LA CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO EN HECRAS.....	149
TABLA 60. MUESTREO 1, ÉPOCA DE ESTIAJE.....	152
TABLA 61. MUESTREO 2, ÉPOCA DE INVIERNO.....	152
TABLA 62. MUESTREO 3, ÉPOCA DE INVIERNO.....	153
TABLA 63. MUESTREO 4, ÉPOCA DE INVIERNO.....	153
TABLA 64. MUESTREO 5, ÉPOCA DE INVIERNO.....	154

ANEXOS

TABLA 65. ARENAL EN PTE. BOQUERÓN-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	185
TABLA 66. CANAL ARENAL-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	186
TABLA 67. JORUPE EN AMALUZA-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	187
TABLA 68. UCHIMA AJ CHAMBA-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	188
TABLA 69. CATAMAYO PTE. STA. ROSA-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	189
TABLA 70. JUBONES DJ SN. FRANCISCO-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	190
TABLA 71. JUBONES EN USHCURRUMI-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	191
TABLA 72. CASACAY AJ JUBONES-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	192
TABLA 73. PAQUISHAPA PTE. CARRETERA-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	193
TABLA 74. JUBONES DJ MINAS-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	194
TABLA 75. PUYANGO CPTO. MILITAR-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	195
TABLA 76. AMARILLO EN PORTOVELO-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	196
TABLA 77. MARCABELÍ AJ PUYANGO-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	197
TABLA 78. MOROMORO EN MOROMORO-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	198
TABLA 79. PINDO AJ AMARILLO-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	199
TABLA 80. PUYANGO AJ MARCABELÍ-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	200
TABLA 81. YACUAMBI AJ ZAMORA-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	201
TABLA 82. ZAMORA DJ SABANILLA-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	202
TABLA 83. YACUAMBI EN LA PAZ-DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.	203
TABLA 103. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	204
TABLA 104. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	205
TABLA 105. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	206
TABLA 106. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	207
TABLA 107. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	208
TABLA 108. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	209
TABLA 109. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	210
TABLA 110. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	211
TABLA 111. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	212
TABLA 112. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	213
TABLA 113. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	214
TABLA 114. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	215
TABLA 115. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	216
TABLA 116. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	217
TABLA 117. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	218
TABLA 118. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	219
TABLA 119. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	220
TABLA 120. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	221
TABLA 121. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD.	222
TABLA 84. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA.	223

TABLA 85. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	225
TABLA 86. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	226
TABLA 87. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	228
TABLA 88. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	230
TABLA 89. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	232
TABLA 90. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	234
TABLA 91. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	235
TABLA 92. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	238
TABLA 93. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	240
TABLA 94. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	242
TABLA 95. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	243
TABLA 96. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	244
TABLA 97. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	246
TABLA 98. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	247
TABLA 99. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	249
TABLA 100. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	252
TABLA 101. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	254
TABLA 102. CORRELOGRAMA DE LA MUESTRA	256
TABLA 122. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	258
TABLA 123. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	260
TABLA 124. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	262
TABLA 125. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	264
TABLA 126. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	266
TABLA 127. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	268
TABLA 128. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	270
TABLA 129. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	272
TABLA 130. FUNCIÓN TRAZOS MULTIDIMENSIONALES	274
TABLA 131. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	276
TABLA 132. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	277
TABLA 133. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	278
TABLA 134. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	279
TABLA 135. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	280
TABLA 136. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	281
TABLA 137. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	282
TABLA 138. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	283
TABLA 139. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	284
TABLA 140. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	285
TABLA 141. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	286
TABLA 142. ESTADÍSTICOS MUESTRALES-MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	287
TABLA 143. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	288

TABLA 144. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	289
TABLA 145. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	290
TABLA 146. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	291
TABLA 147. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	292
TABLA 148. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	293
TABLA 149. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	294
TABLA 150. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	295
TABLA 151. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	296
TABLA 152. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	297
TABLA 153. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	298
TABLA 154. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	299
TABLA 155. CALCULO DEL PARÁMETRO B-MOMENTOS L.	300

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo conocer el comportamiento hidrológico de la cuenca del río Puyango y su respuesta a estímulos en diferentes periodos de retorno y, relacionar como puede influenciar las variaciones de caudal en la contaminación por la presencia de la minería y extracción de pétreos en la zona de los ríos Calera y Amarillo. Para esto, se calcula o estima la probabilidad de ocurrencia de eventos máximos para diferentes periodos de retorno; se analizó 20 estaciones hidrométricas ubicadas en las cuencas de Catamayo, Jubones, Puyango y Santiago, ante la no existencia de información hidrométrica en la zona de estudio se desarrolló técnicas regionales hidrológicas, enfocadas a determinar los valores de caudales en el punto de interés que es la convergencia de los ríos Calera y Amarillo.

El análisis de calidad de agua por contenido de sólidos, se determina a partir del método de análisis volumétrico, aplicado a muestras tomadas en los cauces en mención, observándose variaciones significativas, determinando valores altos de concentración de SS en los cauces en épocas de estiaje, y bajos en temporada invernal.

PALABRAS CLAVES: Técnicas Regionales, Calidad de agua, Análisis volumétrico, sólidos sedimentables

ABSTRACT

The present research aims to understand the hydrological behavior of the Puyango River and its response to stimuli in different return periods, and relate how can influence the flow variations in pollution by the presence of the mining and extraction of stone in the area of the rivers Calera and Amarillo. For this, it is calculated or estimated the probability of occurrence of maximum events for different return periods; analyzed 20 hydrometric stations located in the basins of Catamayo, Jubones, Puyango and Santiago, the non-existence of a hydrometric information in the area of study was developed regional hydrological techniques, focused on determining the values of flows in the point of interest is the convergence of the rivers Calera and Amarillo.

On the other hand, the water quality analysis for solids content, is determined on the basis of the method of volumetric analysis, applied to samples taken in the channels in mention, with significant variations, determining values of concentrations of SS in the channels in times of low water periods, and low in winter season.

Keywords: Regional Techniques, quality of water, volumetric analysis, solid sedimentary

INTRODUCCION

Debido a la irregular distribución espacial y temporal de la lluvia y escurrimiento de ríos, se ha visto propicio la construcción de obras para el control y el aprovechamiento hidráulico. El control de avenidas, drenaje de terrenos, alcantarillado, eliminación de aguas negras o residuales y el diseño de las estructuras de cruce de caminos, son aplicaciones de la ingeniería de los recursos hidráulicos para el control del agua; en este sentido y haciendo relación a estos aspectos, debido a la naturaleza aleatoria de los fenómenos hidrológicos, es necesario modelarlos a través de un enfoque probabilístico (Escalante Sandoval & Chávez Reyes, 2005).

Con estos antecedentes técnicos se prevé utilizar análisis de frecuencias de distribución de probabilidad para eventos extremos, los cuales se emplean para la estimación de eventos Q_t/P_t , asociados a diferentes períodos de retorno (T_r) en el sitio de un proyecto, es decir, en la planeación y diseño de las obras hidráulicas. Los modelos de distribución de probabilidad más usados son: Normal, Log Normal de 2 parámetros, Pearson tipo III, Gamma de 2 y 3 parámetros, Gumbel, Distribución general de valores extremos (GVE) y NASH.

En nuestro País y en lo que refiere a la cuenca en estudio, es habitual tener registros con escasa o nula información pluviométrica e hidrométrica, como consecuencia de esto la cantidad y calidad de información disponible es directamente proporcional a la eficiencia del modelo de distribución utilizado. La obtención del evento Q_t se dificulta aún más en sitios con nula información hidrométrica, esto traducido en un modelo no adecuado de gestión de las redes de medición, alto costo en operación y mantenimiento, que van de la mano de estaciones con registros incompletos y porosos (Dorigo Bravo, 2012).

Ante esta problemática se han desarrollado en los últimos 15 años, técnicas de análisis regional de modelos hidrológicos (modelos de estimación regionales), los cuales hacen uso de información de cuencas con similitud de características (información hidrometeorológica homogénea/regiones homogéneas) (Escalante Sandoval & Chávez Reyes, 2005). Para la delimitación de estas regiones homogéneas, se utilizan los métodos: Gráfico, Trazos multidimensionales, Coeficiente de variación, Región de influencia y el parámetro β de la distribución general de valores extremos.

Una vez establecidas las regiones homogéneas (regiones con similitud de características) se utiliza técnicas de análisis regional hidrológico que determinan la forma de inferir información en sitios con escasa o nula información, haciendo uso de series de máximos anuales de la cuenca. Este tipo de análisis no incurre en la suposición de datos ni extensión de registros de forma inadecuada e indiscriminada, ya que emplea información que ha sido registrada en los

sitios de estudio con similitud de características y que refleja exactamente el comportamiento de las cuencas analizadas.

Asociando los caudales máximos que se pueden llegar a generar, con el problema de sólidos sedimentables causados por efecto de la minería y extracción de pétreos en la zona de estudio, se da paso a un análisis de calidad de agua por contenido de sólidos, tomando como referencia puntos de control establecidos por la SENAGUA en los ríos Calera y Amarillo.

La actividad minera crea alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio en que se desarrollan (Lalangui Ramírez, 2013). Según Oyarzún, Higuera, & Lillo (2011), “la minería es una de las actividades humanas con mayor potencial para afectar al medioambiente” (p.4). Históricamente, el desarrollo de las actividades productivas mineras, ha aumentado el deterioro de recursos naturales, como por ejemplo el agua por acumulación de metales pesados, mercurio, compuestos cianurados, entre otros (MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE), 2015).

Los recursos naturales han sido la base para la vida y el desarrollo humano en toda la historia, por esta razón, el uso de éstos debe ser gestionado con mucha responsabilidad e inteligencia para no poner en peligro la existencia de la humanidad.(Guerra García, 2015). Los problemas causados por la minería a nivel mundial han llevado a condenar esta actividad, aunque la misma, es fundamental para el desarrollo y supervivencia de la humanidad (Ramírez Cando, 2012)

En el 2011, se realizó una investigación sobre el “Aporte Dinámico de Cianuro, Mercurio, Plomo y Arsénico en los cauces naturales de los ríos Calera y Amarillo en el Distrito Portovelo–Zaruma.”, dando como resultado que, el agua de los ríos Calera y Amarillo no es apto para consumo humano, pecuario y agrícola (Marín Alvarado, 2011).

La cuenca del Puyango ha sido impactada por las actividades mineras (minería y extracción de pétreos) desde el período pre-colonial principalmente por el distrito minero Portovelo–Zaruma (Jumbo Flores, 2015). La principal fuente de contaminación de la cuenca del Puyango y sus afluentes, representan las numerosas relaveras (sitios de disposición final de los residuos de la actividad minera) ubicadas a lo largo de los ríos Calera y Amarillo (Paredes Pozo, 2013). Los ríos Calera y Amarillo, son los afluentes más importantes que se encuentran en la zona de estudio del distrito minero Portovelo – Zaruma, y constituyen el principal sistema hidrográfico del lugar (Marín Alvarado, 2011).

Desde esta perspectiva, se plantea este proyecto con la finalidad de recopilar toda la información existente en las diferentes entidades públicas, que han tenido relación puntual con la intervención sobre este tema. Esta información sirve como base para poder determinar

El grado de influencia de la contaminación por los factores antes señalados en los cursos de los ríos Calera y Amarillo, así como las consecuencias en la salud y medio ambiente del sector.

Del presente trabajo de titulación, resulta una pregunta de investigación la cual es: ¿Se puede determinar la influencia de la minería y extracción de pétreos en las zonas de los ríos Calera y Amarillo, mediante ensayos de calidad de agua por contenido de sólidos?

El objetivo general del proyecto es conocer el comportamiento hidrológico de la cuenca del río Puyango y su relación con la contaminación por minería y extracción de pétreos en la zona de los ríos Calera y Amarillo.

Los objetivos específicos son: 1) Levantar la línea base de problemas de contaminación por la extracción y procesamiento de pétreos, minería, 2) Determinar los parámetros de mayor influencia en la contaminación de los ríos Calera y Amarillo por efecto de la minería y extracción de pétreos, 3) Profundizar en la investigación de los resultados obtenidos de la red de estaciones de calidad de agua implantada en la cuenca del río Puyango; análisis de sólidos totales, y 4) Desarrollar el análisis hidrológico de la cuenca del río Puyango; tributarios río Calera y Amarillo: Regionalización hidrológica de la cuenca, amenazas por inundación y, propuesta de alternativas de control en el punto de convergencia de los ríos Calera y Amarillo.

La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo, se basa específicamente en el levantamiento de línea base y problemática mediante investigación científica y trabajo de campo, conjuntamente con la entidad SENAGUA. Una propuesta metodológica, es realizar un plan de mitigación para controlar las máximas crecidas y los problemas causados por la influencia de la minería y extracción de pétreos en las zonas de los ríos Calera y Amarillo.

Para lograr el alcance de los objetivos planteados, se propone una metodología desarrollada en siete capítulos descritos a continuación: Capítulo I: Estado del arte. Capítulo II: Materiales y Métodos. Capítulo III: Resultados y Discusión. Conclusiones y Recomendaciones. Bibliografía, Anexos

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE.

1.1. Reseña histórica de la minería

1.1.1. Minería en la Época Colonial

A partir de la existencia de los seres humanos, se comenzó a explotar ciertos minerales para fabricar herramientas, primero a través de la producción de herramienta de piedra con fragmentos de rocas o minerales más o menos trabajados para su uso como instrumentos o armas, posteriormente la actividad minera se desarrolló con el uso de metales, parte de la extracción, pasando por su refinación y posteriormente mediante la fusión de metales a medida que progresaba, y a su vez inventando la metalurgia.(PAUCAY SOLANO, 2013)

La minería en la época colonial en el Ecuador, se convierte en uno de los trabajos más difíciles y duros de realizar. Estos campos se ven agravados con la llegada de los españoles en 1594 trayendo consigo a esclavos negros para que trabajen en las llamadas "MITAS". Las mitas no eran más que trabajos en minas para la extracción de minerales preciosos. Conjuntamente con los obrajes y las encomiendas eran las principales fuentes explotadoras de minerales, textiles y esclavos. Las minas principalmente se ocupaban de sacar un mineral o metal en especial: el oro.(Tinoco Blacio, 2015)

1.1.2. Minería Internacional

Debido a que en muchos países en desarrollo la problemática de la minería se ha incrementado por sus efectos nocivos en el medio ambiente y la sociedad, como reforma de la economía mundial a comienzos de los años 90, por recomendación del Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM), muchos países en vía de desarrollo implementaron programas para atraer la inversión extranjera. En las últimas décadas, los mercados de materias primas están experimentando un auge histórico. La demanda de materias primas como los metales preciosos ha aumentado de manera exponencial, las cantidades extraídas y en consecuencia los precios de muchos de estos han estado en niveles nunca antes vistos. (Bernal Torres, 2014)

1.1.3. Minería en la Actualidad

La actual minería se emplea en lo que es el agua, logrando así una contaminación exhaustiva de este recurso natural. La minería NO METÁLICA, produce un efecto muy dañino para el ambiente, pero a su vez no debemos dejar a un lado los efectos nocivos que tiene la minería METÁLICA, la cual, se encarga particularmente de obtener los metales pesados a través de procesos contaminantes y muy nocivos para el ambiente. (Tinoco Blacio, 2015)

En la zona de estudio, existen asentamientos mineros distribuidos alrededor de todo el distrito y se extienden desde Portovelo hasta Huertas. Se calcula que aproximadamente 10.000 personas, directa o indirectamente, están vinculadas a la actividad minera. Esta mano de obra, en su mayoría realiza las actividades de extracción a escala artesanal, pequeña minería en un nivel básico y en pequeñas sociedades de 4 a 15 personas conformadas por grupos familiares o conocidos.(MAE, 2016)

Con el paso del tiempo se ha logrado establecer ciertos mandatos mineros que eran muy importantes para regular y controlar la minería a gran escala y a mediana escala. Aunque estos mandatos han tenido mucha discusión y crítica, eran muy necesarios para controlar las situaciones mineras a cargo del estado. Con esta nueva ley de control minero el estado se beneficia con el control de las empresas mineras que, con las ganancias en el estado ecuatoriano, podríamos decir que la minería es una fuente confiable de desarrollo para el país. (Tinoco Blacio, 2015)

1.1.4. Minería Ecuatoriana

La actividad minera en el Ecuador, tal y como ha sido desarrollada hasta la presente fecha, ha causado graves impactos ambientales y sociales, principalmente a las comunidades locales, derivados de prácticas irresponsables, contrarias a las que contempla las leyes y reglamentos de protección ambiental. Además la entrega de concesiones mineras se ha realizado sin control, llegando a comprometer a áreas protegidas y amplias extensiones del territorio ecuatoriano.(Beltrán Loyola & Eguiguren Samaniego, 2010)

El desarrollo de la minería en Ecuador incluye las fases de prospección, exploración, explotación, beneficio, fundición, refinación y comercialización de minerales metálicos y no-metálicos. La minería metálica tiene una incidencia marginal en la economía nacional, mientras que la minería no-metálica es la abastecedora de la construcción civil y tiene un impacto en todo el país.(Garzón Racines, 2015)

En consecuencia, el desarrollo de la minería metálica en Ecuador es un proceso de constitución de unidades de producción en pequeña escala, con su origen y expansión durante consolidación a partir de la última década.(Román Prado, 2013)

La minería en Ecuador ha sido un sector, que en los últimos años ha cobrado una relevancia trascendental para la economía nacional, aumentando el empleo, implementando nuevas técnicas para el cuidado del medio ambiente y destacando a las industrias del país. El máximo mandatario dejó claro que si a través de la actividad minera los pueblos ecuatorianos pueden salir de la pobreza, se desarrollará a toda marcha la evolución de este sector. (Peláez Hurtado, 2014)

En el Ecuador a través del plan nacional del buen vivir, el sector minero ecuatoriano se encuentra en el desafío de entrar en una nueva etapa caracterizada por un rápido desarrollo pero responsable al mismo tiempo, priorizando los cambios que tengan mayor impacto para lograr el crecimiento exitoso del sector. Donde lo ideal es crear un sector atractivo y competitivo, logrando mayores beneficios para el Estado ecuatoriano.(Ministerio de Minería, 2016)

En lo referente a este plan basado en 3 etapas, el cual en su primera etapa establece (2016-2020), que la economía del país tendrá sostenibilidad fundamentada principalmente sobre las actividades extractivas (hidrocarburos, y un desarrollo progresivo en las actividades mineras de pequeña, mediana y gran escala). Lo que quiere decir que, en esta etapa, lo que se busca promover es la atracción de la inversión nacional y extranjera socialmente responsable, incentivando la realización de estudios e investigaciones geológicas desde el sector público y privado, modificando el marco jurídico; en ese mismo sentido, la inversión pública estará direccionada de manera estratégica y se habrá priorizado el desarrollo y potencialización de las actividades mineras en todas sus fases.(Ministerio de Minería, 2016)

A través de estos conceptos establecidos por el Ministerio de Minería (2016), se busca aumentar la matriz productiva del país, generando proyectos mineros de inversión estratégica, a mediana y gran escala, distribuidos a lo largo de la Cordillera Occidental y Oriental del Ecuador (Ver fig. 1), teniendo su mayor concentración en el sur del país, en las provincias de Zamora Chinchipe, Azuay, El Oro y Morona Santiago, entre los que se destacan los 5 proyectos estratégicos: San Carlos Panantza (Morona Santiago), Mirador (Zamora Chinchipe), Fruta del Norte (Zamora Chinchipe), Río Blanco (Azuay) y Loma Larga (Azuay).

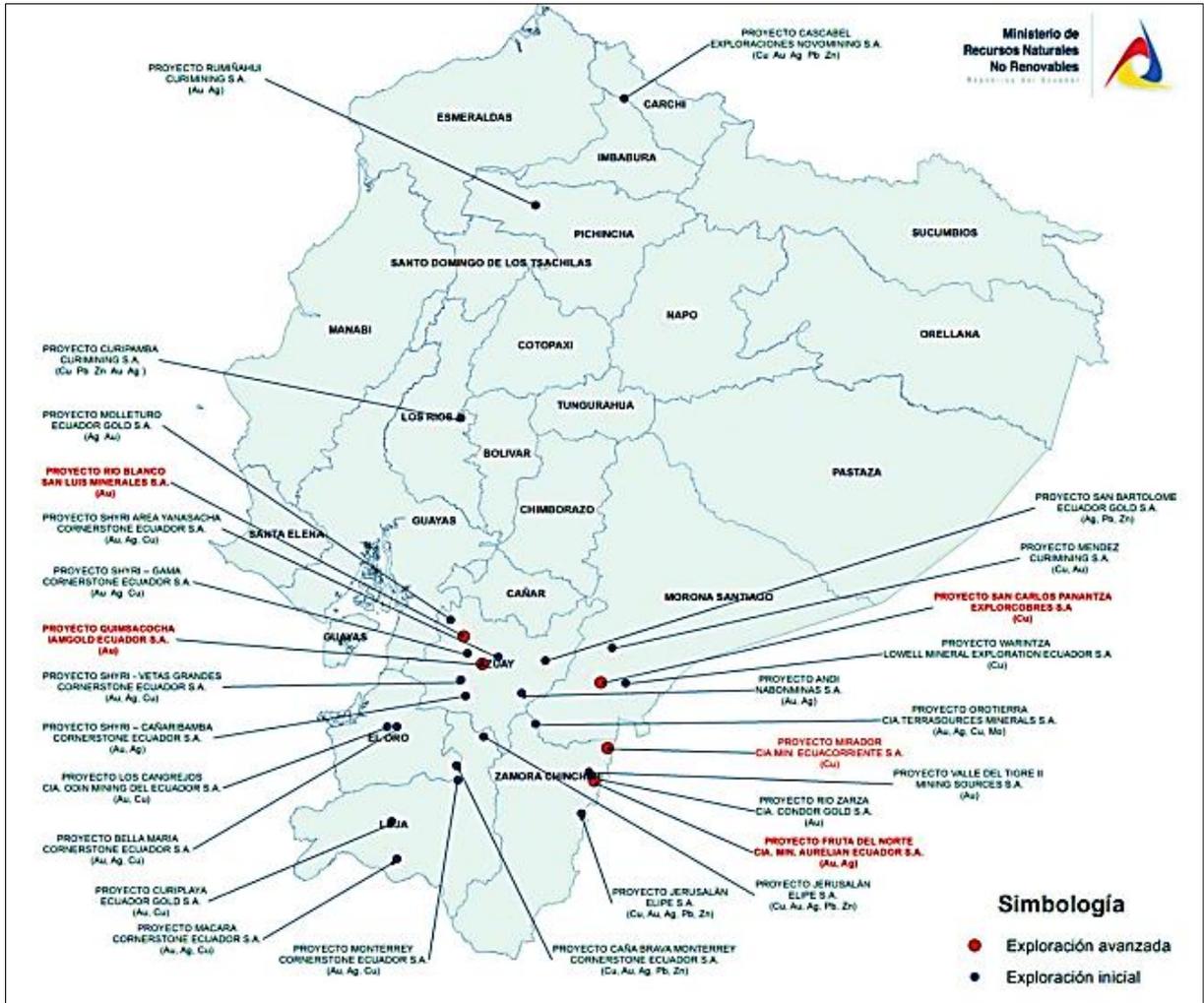


Figura 1: Principales proyectos mineros en el Ecuador

Fuente y elaboración: Ministerio de Recursos Naturales No Renovables (2013) (Modificado).

Las concesiones mineras extranjeras se han establecido en el Ecuador en diferentes sectores, la figura 2 muestra los diferentes proyectos a cargo de estas concesiones extranjeras, y su alcance a nivel de potencial minero.

Proyecto	Compañía Minera	Recursos & Reservas	Minerales				
			Oro (Au) Onzas	Plata (Ag) Onzas	Cobre (Cu) Ton. Métrica	Plomo (Pb) Ton. Métrica	Cinc (Zn) Ton. Métrica
Mirador	ECSA	Rec. Medidos e Inferidos	2,740,000	21,530,000	2,669,841		
Mirador	ECSA	Rec. Inferidos	1,250,000	9,900,000	1,228,118		
Mirador Norte	ECSA	Rec. Indicados e Inferidos	590,000		1,103,855		
Panantza	ECSA	Rec. Inferidos			3,033,107		
Zaruma	DMM	Rec. Medidos e Indicados	1,110,200				
Zaruma	DMM	Rec. Inferidos	1,383,400				
Jerusalem	DMM	Rec. Medidos e Indicados	585,100	4,388,100		8,630	39,020
Jerusalem	DMM	Rec. Inferidos	710,130	6,276,470		8,050	37,840
Dynasty Goldfield	DMM	Rec. Medidos e Indicados	1,011,000	7,920,000			
Dynasty Goldfield	DMM	Rec. Inferidos	1,151,700	8,337,000			
Fruta del Norte	KGC	Rec. Medidos e Indicados	5,737,000	7,304,000			
Fruta del Norte	KGC	Rec. Inferidos	6,134,000	7,908,000			
Condor Gold	CMC	Rec. Inferidos	853,000				
Santa Bárbara	CMC	Rec. Inferidos	821,000				
Quimsacocha	IMG	Rev. Probadas y Posibles	1,682,000				
Quimsacocha	IMG	Rec. Medidos e Indicados	2,107,000				
Río Blanco	IMZ	Rec. Medidos e Indicados	661,000	4,785,000			
Río Blanco	IMZ	Rec. Inferidos	354,400	1,976,000			
Gaby	IMZ	Rec. Medidos e Indicados	6,940,000				
Gaby	IMZ	Rec. Inferidos	2,850,000				
Curipamba	SRL	Rec. Indicados	60,000	1,963,000	23,039	2,540	25,896
Curipamba	SRL	Rec. Inferidos	346,000	6,388,000	80,952	9,252	106,893
TOTAL			39,076,930	88,675,570	8,138,912	28,472	209,649

Figura 2: Potencial Minero del Ecuador, se indican reservas: probadas y probables; recursos: medidos, indicados e inferidos.

Fuente: Cámara de Minería del Ecuador, 2011

Elaboración: Velasco Betancourt, 2015 (Modificado).

1.1.5. Minería

La minería es la extracción selectiva de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre, de los cuales se puede obtener un beneficio económico. Dependiendo del tipo de material a extraer la minería se divide en metálica, no metálica y piedras ornamentales y de construcción. (Tinoco Blacio, 2015)

En cambio para Carrere (2004), refiere que, la minería es el conjunto de actividades referentes al descubrimiento y la extracción de minerales que se encuentran debajo de la superficie de la tierra. Los minerales pueden ser metales (como oro y cobre) y no metales (como carbón, amianto, grava).

Desde otro punto de vista para Rengifo (2012), la minería es el conjunto de actividades que realiza cualquier persona para conseguir los minerales que se encuentran en el suelo o

subsuelo. La minería es un proceso que comprende varias etapas (ciclo minero): prospección, exploración, construcción y montaje, explotación, transporte y beneficio de minerales.

1.1.6. Conceptos

1.1.6.1. *Minería Artesanal.*

La minería artesanal comprende y se aplica a las unidades económicas populares y a los emprendimientos unipersonales, familiares y domésticos que realizan labores en áreas libres.(Jumbo Flores, 2015)

Las actividades en minería artesanal se caracterizan por la utilización de maquinarias y equipos con capacidades limitadas de carga y producción de conformidad con el instructivo aprobado por el directorio de la Agencia de Regulación y Control Minero destinados a la obtención de minerales, cuya comercialización en general permita cubrir las necesidades de la comunidad, de las personas o grupo familiar que las realiza, únicamente, dentro de la circunscripción territorial respecto de la cual se hubiere otorgado el correspondiente permiso. (Ley de Minería, 2013)

1.1.6.2. *Pequeña minería.*

Se considera pequeña minería aquella que, en razón de las características y condiciones geológico mineras de los yacimientos de minerales metálicos, no metálicos y materiales de construcción, así como de sus parámetros técnicos y económicos, se hace viable su explotación racional en forma directa, sin perjuicio de que le precedan labores de exploración, o de que se realicen simultáneamente las labores de exploración y explotación (Ley de Minería, 2013)

1.1.6.3. *Planta de beneficio.*

Corresponden a la infraestructura física donde el mineral arrancado de la mina inicia los procesos para la recuperación del mineral el cual contempla etapas de trituración, molienda, fundición y refinación de los minerales principales y secundarios. Las plantas de beneficio en el Ecuador se encuentran en las provincias de Zamora, Azuay y El Oro teniendo la siguiente participación 1%, 42% y 58%, según corresponda, siendo un total de 142 plantas de beneficio legalmente vigentes.(Ministerio de Minería, 2016)

1.1.6.4. **Procesos Mineros.**

Los procesos mineros utilizados para la obtención de metales con valor comercial, generan residuos que constituyen una de las principales causas de la contaminación de los suelos con elementos potencialmente tóxicos (metales pesados). (Pérez y Martín, 2015)

En la fig. 3 se muestra las formas de procesamiento del mineral que se realizan en las plantas de beneficio:

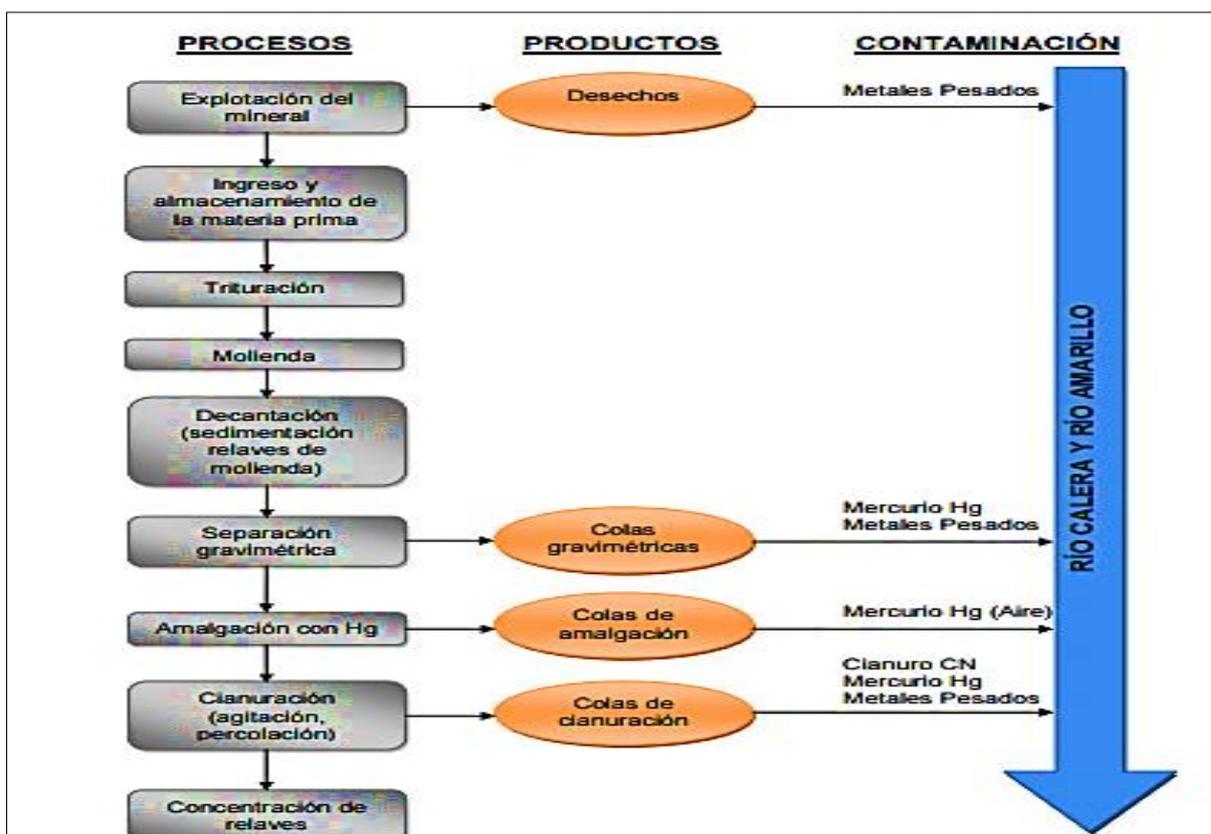


Figura 3: Formas del procesamiento del mineral en la minería
Fuente y elaboración: Stalin A. Marín Alvarado, 2011 (Modificado).

1.2. **Importancia de la Minería**

El conocimiento y la creatividad del hombre promovieron la exploración y descubrimiento de nuevos elementos que hoy son el fundamento de la vida moderna, como los sistemas de navegación, comunicación, transporte, construcciones, arte, medicina e industria. Ninguna de aquellas actividades ni la vida misma en el mundo moderno pueden concebirse sin la minería, porque hasta los artículos más simples usados a diario como la pasta de diente o el talco para bebés contienen o proceden de algún tipo de mineral. La minería como fuente de trabajo, según estimaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), emplea a 11 millones de personas, representando el 0.5% de la fuerza de trabajo mundial. (PAUCAY SOLANO, 2013)

1.3. Características de la Minería

Según Tinoco Blacio (2015) la minería no presenta muchas características en sí, solamente las más notables que se refieren a los campos de la contaminación ambiental y la mano de obra humana. Dicho esto, a continuación se presentan algunas de las características más notables con respecto a lo que se refiere la minería:

- No son muy intensivas en la mano de obra.
- Contaminan el medio ambiente en los lugares en que se realizan estas explotaciones mineras, y donde no existan programas ambientales o de control ambiental.
- Requieren de mucho dinero fijo para cubrir los diferentes gastos que produce la mina en sí.

1.4. Metales pesados

La contaminación en los ríos se produce, bien por la presencia de compuestos o elementos que normalmente no estarían sin la acción del hombre. El aporte de estos metales al ciclo hidrológico procede de diversas fuentes, siendo una de ellas de origen litogénico o geoquímico a partir de los minerales que por causas de erosión, lluvias, etc. son arrastradas al agua. No obstante, actualmente la mayor concentración es de origen antropogénico o debido a la minería, procesos industriales o residuos domésticos, los cuales son fuente importante de contaminación, que aportan metales al aire, al agua y al suelo especialmente. (Rosas Rodríguez, 2012)

Los metales pesados son constituyentes naturales de la corteza terrestre, sin embargo, las actividades antropogénicas han modificado drásticamente el equilibrio y los ciclos bioquímicos y geoquímicos de algunos metales pesados. Además, estos elementos no pueden degradarse ni destruirse, por lo que se tratan de contaminantes estables y persistentes del medio ambiente, y como consecuencia tienden a acumularse en suelos y sedimentos. (Jumbo Flores, 2015)

Para Márquez et al (2012) los metales pesados son unos de los constituyentes inorgánicos mayores en los ecosistemas acuáticos. Su entrada en las aguas superficiales de los ríos y posterior deposición en los sedimentos representan un serio problema para estos ecosistemas. En las aguas de los ríos, provienen de procesos naturales como meteorización de rocas y erosión de los suelos.

Según Hernandez Hernandez (2011) los metales pesados más peligrosos son el Plomo, Mercurio, Arsénico, Cadmio, Estaño, Cromo, Zinc y Cobre. Los metales pesados son de toxicidad extrema porque, como iones o en ciertos compuestos, son solubles en agua y el

organismo lo absorbe con facilidad. Dentro del cuerpo, tienden a combinarse con las enzimas y a inhibir su funcionamiento.

1.5. Impactos de la Minería

1.5.1. Impacto Ambientales y Sociales de la Minería.

Las actividades mineras comprenden diversas etapas, cada una de las cuales conlleva impactos ambientales particulares. Como por ejemplo en la fase de exploración, algunas de las actividades con impacto ambiental son la preparación de los caminos de acceso, mapeos topográficos y geológicos, etc. (Carrere, 2004)

Durante la fase de explotación, los impactos que se producen están en función del método utilizado. En las zonas de bosque, la sola deforestación de los suelos con la consiguiente eliminación de la vegetación –más vasta en los casos de minas de cielo abierto– tiene impactos a corto, mediano y largo plazo. (Lopez Carriel, 2014)

Según Moscoso Daza (2015), en un estudio realizado por el Programa de Reparación Ambiental y Social (PRAS) en el 2013, el porcentaje de cobertura vegetal revela grandes impactos en la unidad de estudio, provocados por actividades mineras y agropecuarias. En los ríos Calera y Amarrillo existe alta incidencia de la actividad minera, la contaminación por mercurio, cadmio y plomo es elevada, afectando drásticamente a la composición y estructura de la fauna acuática.

Para Feder (2006), las operaciones mineras conllevan frecuentemente el uso y transformación de grandes extensiones y volúmenes de terreno. Tanto en la etapa operacional como tras el abandono, se dan una serie de efectos ambientales de mayor o menor magnitud en función de las condiciones locales y el tipo de explotación:

- Alteración del paisaje
- Modificación del hábitat ecológico
- Destrucción de cubierta vegetal
- Ruido
- Emisiones de polvo y sedimentación del mismo
- Modificación de cursos de agua
- Modificación de niveles piezométricos
- Generación de residuos - Contaminación de suelos
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Según Tinoco Blacio (2015) refiere que el impacto social que genera la minería es en cierto casos, fuentes de sustento de desarrollo intrafamiliar que merece ser restada atención. La minería causa gran impacto en el ámbito social por ser un eje central de desarrollo y sustento de algunas comunidades y familias que necesitan. Sin embargo, esta misma minería tiene sus lados negativos y positivos tales como:

POSITIVO.

- Desarrolla una comunidad.
- Fermenta la unión.
- Es una fuente externa de economía.

NEGATIVO.

- No cumple con las leyes que la rigen.
- Fatales accidentes, por mínima seguridad.
- Eje de problemas económicos y sociales.

El componente social, identifica la presencia de un 7% de personas con algún tipo de discapacidad, las parroquias ubicadas en los cantones de Zaruma, Atahualpa y Portovelo (Distrito minero) presentan mayores porcentajes de discapacidad, lo que llama la atención en este sentido, es que el gran porcentaje de los casos son de discapacidad adquirida, por lo que se puede inferir que se trata de factores como: aplastamientos, mutilaciones, cortaduras, entre otras.(Moscoso Daza, 2015)

1.5.2. Impacto Económico

La minería, por ser una fuente de desarrollo, es una actividad económica, ya que con el dinero que se obtenga de los minerales, se tendrá que dar pago, para las maquinarias que ayudan a realizar dicho trabajo. Pero si es en mano de obra humana, se tendrá que pagar su valor y los trabajadores. Por eso, a la minería, se le tiene que administrar con mucha precaución y cuidado. (Tinoco Blacio, 2015)

La actividad minera tiende a consolidarse como el eje del sistema económico productivo. Este hecho aumenta la vulnerabilidad económica, debido a la dependencia laboral sobre la extracción de productos naturales no renovables, cuyo precio depende fundamentalmente del mercado externo.(Moscoso Daza, 2015)

1.5.3. Impacto en la Salud

Según refiere Hesperian (2011) en su guía comunitaria para la salud ambiental, en lugares donde la minería se desarrolló en el pasado, la gente todavía está expuesta a riesgos contra la salud, por los desechos mineros y las sustancias químicas que quedan en la tierra y el agua. La minería daña la salud de varias formas:

- Polvo, derrames químicos, humos dañinos, metales pesados y radiación, pueden dañar a los trabajadores y causarles problemas de salud crónicos y también reacciones alérgicas y otros problemas de inmediato.
- Levantar cosas pesadas y trabajar con el cuerpo en malas posturas, puede producir daños en los brazos, piernas y espalda.
- Uso de martillos neumáticos (martillos rompe-pavimento) u otra maquinaria vibratoria, puede ocasionar daño al sistema nervioso y la circulación de la sangre y provocar la pérdida de sensaciones, infecciones peligrosas como la gangrena y aun la muerte.
- Ruido constante muy alto de la maquinaria, puede causar problemas de audición, incluyendo sordera.
- Horas largas de trabajo debajo la tierra con poca luz puede dañar la visión.
- Trabajar en condiciones de mucho calor sin tomar suficiente agua, puede causar agotamiento por calor. Las señas incluyen: mareos, debilidad, latidos acelerados del corazón, extrema sed y desmayos.
- La contaminación del agua y el excesivo uso de los recursos de la misma, da lugar a muchos problemas de salud. El agua contaminada con sustancias tóxicas nunca es segura para beber, bañarse o lavar ropa. Puede provocar cáncer, salpullido, abortos espontáneos y otros problemas de salud.
- La destrucción de la tierra da lugar a la escasez de alimentos y al hambre.
- La contaminación del aire proveniente de las centrales eléctricas y las fundiciones construidas cerca de las minas ocasiona enfermedades graves. Como por ejemplo, exposición a altas concentraciones de dióxido de azufre, material particulado, metales pesados, incluyendo plomo, mercurio y cadmio,
- Las estrategias de reclutamiento laboral que utiliza la industria minera para conseguir apoyo de una parte la población dan lugar a muchos problemas entre los miembros de la comunidad. Se crean desacuerdos entre amigos, dentro de las familias y entre familias que duran mucho tiempo y contribuyen a la desintegración social, al estrés personal y causan problemas de la salud mental a nivel comunitario.

1.6. Control y Prevención de la Contaminación de Aguas.

En la guía comunitaria para la salud ambiental Hesperian (2011) destaca que, a medida que aumenta el número de personas que vive alrededor de una fuente de agua y la utiliza, se hace más difícil protegerla. En los lugares donde hay mucha actividad industrial, es posible que se utilice demasiada agua o que se introduzcan contaminantes en ella, sin que la gente que más la necesita tenga los medios necesarios para evitar el problema.

La mejor manera de proteger o resguardar el agua superficial y el agua subterránea es:

- Practicar la agricultura sostenible.
- Construir y mantener sanitarios seguros.
- Proteger la zona donde el agua se acumula, llamada cuenca o zona de captación.

1.7. Residuos Mineros

Constituyen residuos minero-metalúrgicos los desmontes, escombreras, relaves, desechos y escorias resultantes de las actividades minero-metalúrgicas. Los residuos minero-metalúrgicos forman parte accesoria de la concesión, planta de beneficio o fundición de donde provienen, aunque se encuentren fuera de ellas.(REGISTRO OFICIAL ORGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR, 2013)

La Ley de Minería (2013) expone que durante la realización del proceso de extracción del mineral se generan tres tipos de residuos:

1.7.1. Residuos Líquidos

Son las aguas residuales altamente contaminadas que son vertidas directamente o indirectamente al río Calera y Amarillo que en su composición contienen diferentes metales pesados: Mercurio (Hg), Arsénico (As), Plomo (Pb) y Cianuro (CN) como compuesto químico, casos de estudio en la presente investigación.

1.7.2. Residuos Sólidos

Llamados también relaves o cola son desechos tóxicos subproductos finales de procesos mineros y concentración de minerales para la extracción especialmente de Oro y Plata, usualmente son una mezcla de tierra, minerales, agua y rocas. Se define como el desecho mineral sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de concentración que son producidos, transportados o depositados en forma de lodo en las relaveras para su secado.

1.7.3. Residuos por Gases

Son el resultado del proceso de combustión de los combustibles fósiles (petróleo) producidos por las maquinarias y equipos durante el procesamiento y extracción de Oro y Plata; éstos gases son emitidos inmediatamente a la atmósfera a altas temperaturas en forma de compuestos gaseoso como CO₂.

1.8. Formas de Vertido de Relaves

Marín Alvarado (2011), describe que los residuos de los procesos mineros pueden ser vertidos en las relaveras o depósitos de tres formas fundamentales: húmedos, secos y lodos; siendo este último el más utilizado actualmente y el más ampliamente conocido. En los vertidos de forma seca y húmeda, la masa de residuos no se satura para evitar la generación de lixiviados por lo que en la industria minera no son utilizados.

1.9. Clasificación de sólidos

Según Coba Ronquillo (2015), define a los sólidos como toda la materia que permanece en el agua residual como residuos. Hace referencia a cuatro conceptos fundamentales para la clasificación de los sólidos:

- **Sólidos totales.-** Es la suma de los sólidos disueltos y sólidos suspendidos.
- **Sólidos disueltos.-** Los sólidos disueltos son la suma de aniones o cationes, minerales, sales, y metales disueltos en el agua. Es decir son todos los elementos presentes en el agua.
- **Sólidos Suspendidos.-** Son aquellos sólidos que no se asientan ni se disuelven en el agua, debido a que la densidad de las partículas es menor o igual a la del agua. La fracción de sólidos suspendidos pueden ser retenidos mediante un filtro.
- **Sólidos Sedimentables.-** Es la cantidad de sólidos en suspensión que se sedimentaran por acción de la gravedad en un tiempo establecido.

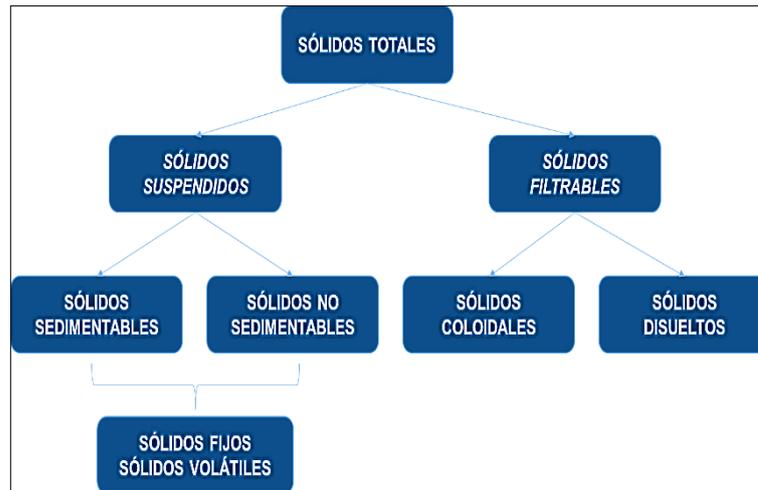


Figura 4: Clasificación de sólidos
Fuente y elaboración: Autor

1.9.1. Ensayos para determinar sólidos sedimentables en muestras de agua

Según Obregón & García (2016) en su protocolo para la determinación de sólidos sedimentables, establecen que existen dos tipos de ensayos para determinar sólidos sedimentables en muestras de agua:

1.9.1.1. *Ensayo Volumétrico*

Es una técnica de medición de volúmenes para calcular la cantidad de sólidos en una muestra de agua, para realizar el ensayo volumétrico es necesario contar con el cono de Imhoff (instrumento de laboratorio).

1.9.1.2. *Ensayo Gravimétrico*

El ensayo gravimétrico consiste en evaluar por pesos, la cantidad de residuos (sólidos) que presente una muestra de agua, se lo puede realizar utilizando diferentes materiales y equipos:

- Vidrio reloj o cápsulas de porcelana, debidamente marcados.
- Filtros circulares de fibra de vidrio 47 mm, sin aditivos orgánicos.
- Pinzas metálicas largas para manipular el vidrio reloj dentro de la estufa.
- Pinza metálica pequeña para manipular los filtros.
- Equipo de filtración.
- Horno de secado que maneje entre 103 °C a 105 °C.
- Bomba de vacío.
- Desecador.
- Balanza analítica, con precisión de 0,0001 g.
- Probetas de volumen diferente.

- Pipetas de boca ancha.
- Equipo de agitación magnética.
- Beaker de diferentes volúmenes.
- Barras magnéticas.
- Recipiente de vidrio de un diámetro mínimo de 9 cm.

1.10. HIDROLOGÍA

1.10.1. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es un sistema que presenta como principal entrada la lluvia, y como salidas el caudal, la evapotranspiración, el flujo subsuperficial y la percolación.(Fattorelli & Fernández, 2011)

Según Ruales Zambrano, (2011) una cuenca hidrográfica se define como aquella región natural en la cual todas las aguas son recogidas y evacuadas por un colector común, de tal forma que toda el agua que cae en ella es drenada por el mismo punto.

Para Ordóñez, (2011a) una cuenca hidrográfica(figura 5) refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de la misma que drena agua en un punto en común.

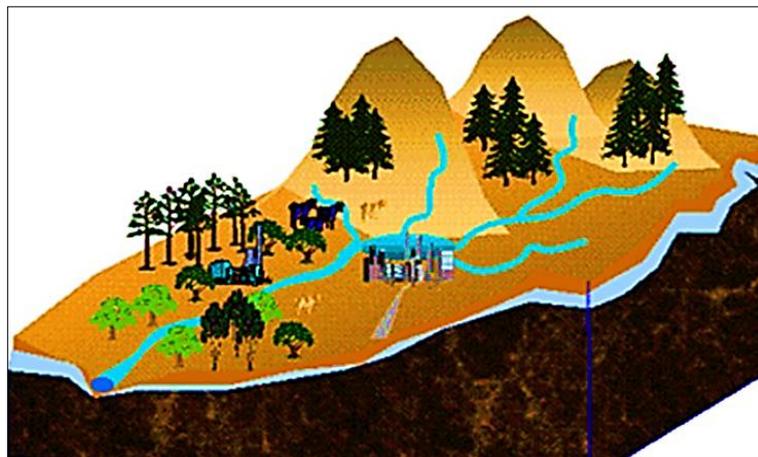


Figura 5: Cuenca Hidrográfica
Fuente y elaboración: Juan Ordóñez, 2011.

1.10.2. Tipos de Cuencas

Para Fernández de la Vega, (2012) los tipos de cuenca se definen desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuenca: endorreicas y exorreicas, un tipo menos común son las arreicas:

1.10.2.1. **Cuenca Endorreica**

Se define a las cuencas endorreicas, como aquellas cuencas que desembocan en lagos o lagunas, siempre dentro del continente.

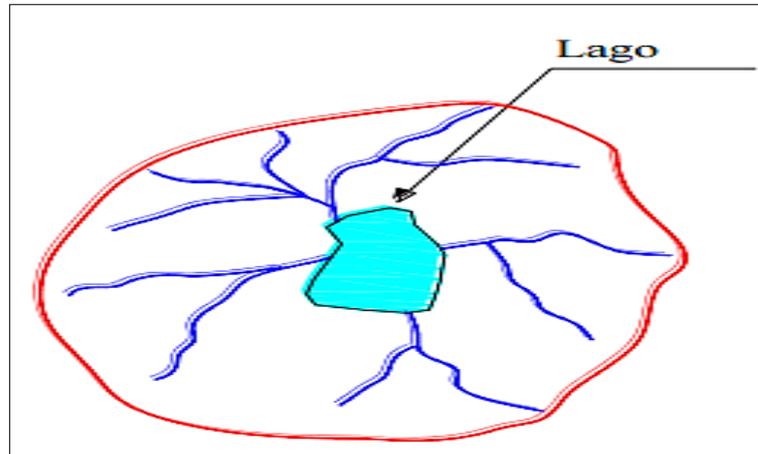


Figura 6: Esquema representativo de una cuenca endorreica.
Fuente y elaboración: Fernández de la Vega, 2012 (Modificado).

1.10.2.2. **Cuenca Exorreica**

Se define a las cuencas exorreicas, como aquellas cuencas que avanan sus aguas al mar o al océano.

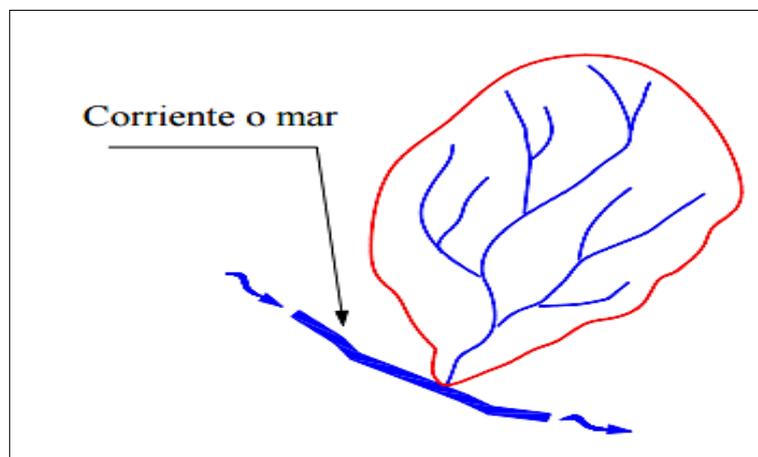


Figura 7: Esquema representativo de una cuenca exorreica.
Fuente y elaboración: Fernández de la Vega, 2012.

1.10.2.3. **Cuenca Arreica**

Se define a las cuencas arreicas, como aquellas cuencas en las que sus aguas se evaporan o se filtran en el terreno.

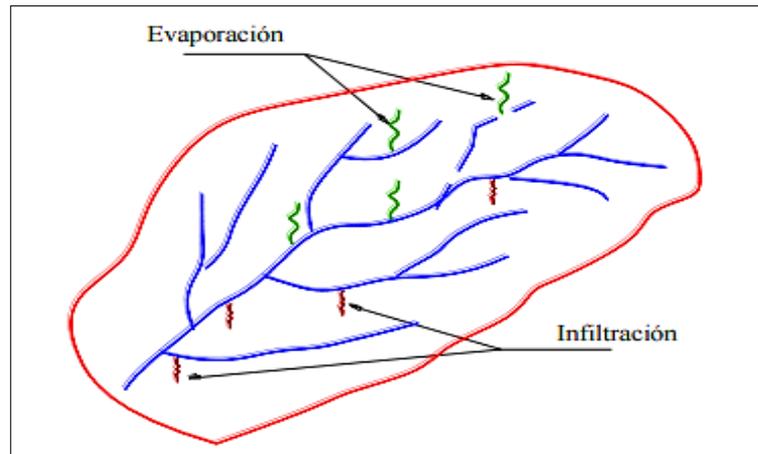


Figura 8: Esquema representativo de una cuenca arreica.
Fuente y elaboración: Fernández de la Vega, 2012.

1.10.2.4. **Partes de la Cuenca**

Según Ordóñez (2011a), dentro de los términos que generalmente se utilizan, para definir e identificar los componentes que identifican las características de una cuenca tenemos:

1.10.2.4.1. *Cuenca*

Sistema integrado por varias Subcuencas o microcuencas.

1.10.2.4.2. *Subcuencas*

Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

1.10.2.4.3. *Microcuencas*

Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.

1.10.2.4.4. *Quebradas*

Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.

1.10.2.4.5. *Cuenca alta*

Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.

1.10.2.4.6. Cuenca media

Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.

1.10.2.4.7. Cuenca baja o zonas transicionales

Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales.



Figura 9: Partes de la Cuenca
Fuente y elaboración: Juan Ordoñez (2011a).

1.10.2.4.8. Divisoria de Aguas

La divisoria de aguas o divortium aquarum es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre cuencas hidrográficas y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. También se denomina "parteaguas".(Ordóñez, 2011)

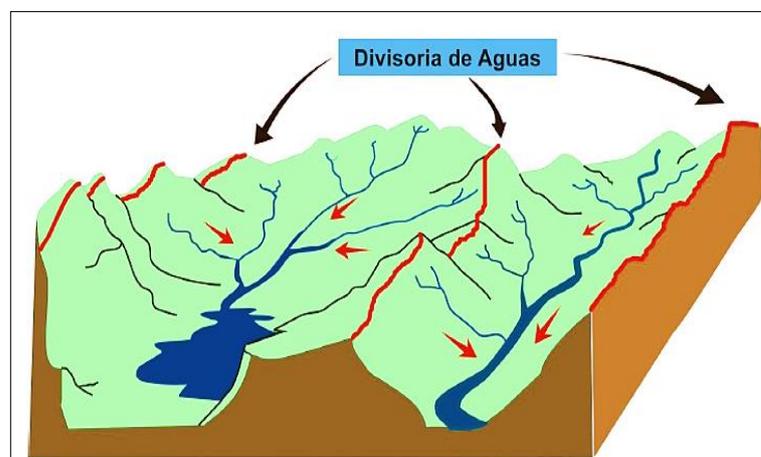


Figura 10: Divisoria de Aguas
Fuente: <http://recuperapatzcuario.com/lacuenca.php#>.
Elaboración: Juan Ordoñez (2011) (Modificado).

1.10.3. Características Morfométricas y Fisiográficas de la Cuenca.

Ordóñez, (2011a) describe que para caracterizar una cuenca hidrográfica, necesitamos cuantificar todos los parámetros que describen la estructura física y territorial con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus Recursos Naturales pero también para identificar los problemas presentes y potenciales.

La caracterización de las cuencas hidrológicas consiste en su análisis morfométrico, fisiográfico, relieve y de drenaje, de acuerdo a la estimación de parámetros de caracterización específica, lineales, de área y de relieve, una vez obtenido su cartografía.(Fernández de la Vega, 2012)

A continuación se presentan las características morfométricas más representativas utilizadas en la investigación:

1.10.3.1. Área de la Cuenca

El área de la cuenca A_c , es la superficie delimitada por la proyección horizontal del parteaguas y la limitación de la boquilla. El cálculo del área de la cuenca, se puede hacer manualmente o empleando un software especializado como AutoCad o en su defecto con GIS.(Fernández de la Vega, 2012)

La delimitación exacta de las cuencas se efectúa sobre los planos correspondientes a las restituciones planialtimétricas a escala adecuada. En todos los casos se determina primero la línea de contorno de cada cuenca coincidente con la divisoria topográfica.(Fattorelli & Fernández, 2011)

Según Fernández de la Vega (2012), se ha establecido una clasificación de las cuencas según el área que ocupan (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las cuencas

Área de la cuenca (km ²)	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: Fernández de la Vega, 2012.

Elaboración: Autor.

1.10.3.2. **Coefficiente de Sinuosidad (K_s)**

Este coeficiente mide el grado de curvatura del cauce principal, y se determina aplicando la Ecuación 1, al dividir la longitud del cauce principal L_{cp} en km, entre la longitud de línea recta L_{is} , también en km, que une el punto de inicio, con la salida de la cuenca. Así, si la corriente es prácticamente una recta $K_s = 1$ (Fernández de la Vega, 2012).

$$K_s = \frac{L_{cp}}{L_{is}}$$

Ecuación 1.

Según Fernández de la Vega (2012), presenta una clasificación y/o agrupación de las características fisiográficas que quedan definidas por tres tipos de parámetros (forma y relieve), los cuales se describen a continuación.

1.10.3.3. **Parámetros de forma**

Los parámetros de forma son aquellos que determinan la forma de la cuenca, ya sea esta alargada o circular, ya que dependiendo el valor de estos parámetros determinara la circulación y distribución de la escorrentía.

1.10.3.3.1. *Coefficiente de Compacidad de Gravelius*

Es el cociente entre el perímetro de la cuenca y la longitud de una circunferencia de área igual al área de la cuenca: En lo que se refiere al coeficiente de compacidad, cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. La tabla No. 2 muestra la clasificación de

Tabla 2. Forma de la cuenca-Tendencia a crecidas.

Kc	FORMA DE LA CUENCA	TENDENCIA A CRECIDAS
1-1.25	DE CASI REDONDA A OVAL REDONDA	ALTA
1.25-1.5	DE OVAL REDONDA A OVAL OBLONGA	MEDIA
1.5-1.75	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	BAJA

Fuente: Fernández de la Vega, 2012.

Elaboración: Autor.

1.10.3.4. **Parámetros de-Relieve**

1.10.3.4.1. *Pendiente media de la cuenca (S_c)*

La pendiente media de la cuenca constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie por la velocidad que adquiere y la erosión que produce. A continuación se describe uno de los métodos más comunes, como lo es, el método de Alvord.

1.10.3.4.1.1. Método de Alvord

El método de Alvord según Fernández de la Vega (2012), analiza la pendiente existente entre curvas de nivel, trabajando con la franja definida por las líneas medias que pasan entre las curvas de nivel, Para una de ellas la pendiente es:

$$S_1 = \frac{d}{W_f}$$

Ecuación 2.

$$W_1 = \frac{a_1}{l_1}$$

Ecuación 3.

Donde:

d - desnivel entre líneas medias. Como son líneas intermitentes entre curvas de nivel se puede aceptar que es el desnivel entre dichas curvas, en m.

W_1 - ancho de la franja analizada.

S_1 - pendiente media de la franja referida a esa curva de nivel, adimensional.

a_1 - área de la franja analizada en km^2 .

l_1 - longitud de la iésima curva de nivel, en km.

El valor de la pendiente media de la cuenca S_c , será el promedio de la pendiente de cada franja en relación con su área si se consideran n franjas, entonces:

$$W_1 = \frac{dl_1 a_1}{a_1 A} + \frac{dl_2 a_2}{a_2 A} + \dots + \frac{dl_n a_n}{a_n A}$$

Ecuación 4.

Ordenando:

$$S_c = \frac{d}{A} (l_1 + l_2 + l_3 + \dots l_n)$$

Ecuación 5.

Por lo que:

$$S_c = \frac{dL}{A}$$

Ecuación 6.

Donde:

A - Área de la cuenca, en km².

d - Desnivel constante entre curvas de nivel, en km.

L - Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en km.

En la Figura 11, se presenta un esquema para la determinación de la pendiente de la cuenca por el método de Alvord.

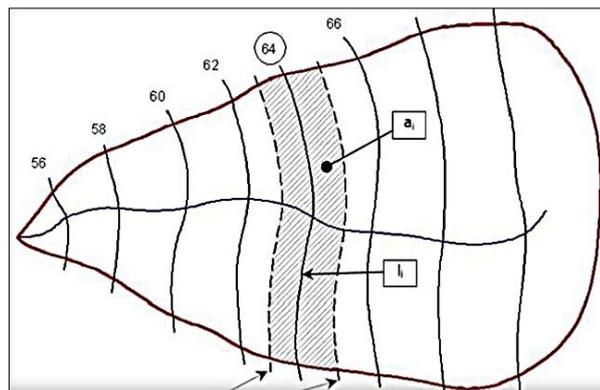


Figura 11: Esquema de análisis y ejemplo para el cálculo de la pendiente en una faja según Alvord.

Fuente y elaboración: Fernández de la vega, 2012 (Modificado).

En la tabla No. 3 se observa la clasificación del relieve en relación a la pendiente media de la cuenca.

Tabla 3. Caracterización del Relieve.

Pendiente en %	Tipo de Terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuerte Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: Fernández de la Vega, 2012.

Elaboración: Propia

1.10.3.5. **Tiempo de concentración de una cuenca (tc)**

Según Fattorelli & Fernández (2011), es un parámetro que se usa intensamente en los cálculos de la relación precipitación-escorrentía es el tiempo de concentración de la cuenca que es el tiempo que una partícula de agua tarda en llegar del punto más alejado al punto de desagüe.

Existen diferentes fórmulas para su estimación, una de las más usadas es la de:

- Kirpich (1940). Desarrollada con información proporcionada por el Soil Conservation Service (SCS) en siete cuencas en Tennessee (USA) de áreas comprendidas entre 0.0051 y 0.433 km², en canales de altas pendientes (3- 10%). Es una de las fórmulas (ecuación 7) más tradicionales que expresa el tiempo de concentración en horas así:

$$T_c = 0.000325 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$$

Ecuación 7.

Donde:

L- Longitud del cauce principal en metros.

S - Pendiente del canal en m/m.

1.11. Conceptos Generales

1.11.1. Manejo integral de cuencas

El manejo apropiado de una cuenca brinda beneficios a la sociedad, que se originan de una amplia gama de bienes y servicios ecosistémicos que parten de mantener las funciones ecológicas, sociales y económicas de la propia cuenca a partir del manejo participativo, adaptativo, sistemático y con visión a largo plazo del territorio. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013)

1.11.2. Autoridad que maneja los recursos hídricos a nivel nacional

La Autoridad Única del Agua, será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la Ley.(Asamblea Nacional República del Ecuador (ley de Aguas), 2014)

1.11.3. Consejos de cuenca

Es el órgano colegiado de carácter consultivo, liderado por la Autoridad Única del Agua e integrado por los representantes electos de las organizaciones de usuarios, con la finalidad de participar en la formulación, planificación, evaluación y control de los recursos hídricos en la respectiva cuenca. (ley de Aguas, 2014)

1.11.4. Plan Nacional de recursos hídricos

Según la Asamblea Nacional De La República del Ecuador (2014), en lo que refiere a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua, el Plan Nacional de Recursos Hídricos contendrá:

- Los balances hídricos a nivel nacional;
- Las obras hidráulicas que deberán construirse para la satisfacción de las necesidades hídricas;
- Los factores de conservación y protección del agua y de los ecosistemas en los que se encuentra; y,
- La previsión y condiciones de realización de trasvases de agua entre distintos ámbitos de planificación hidrológica de cuenca.

1.11.5. División Pfafstetter

Para Rosas (2009), la división Pfafstetter es una metodología para asignar Identificadores (ID) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno; asigna un sistema de detección de intrusiones (Ids), a una unidad hidrográfica para relacionarla con las unidades hidrográficas que contiene y de las unidades hidrográficas con las que limita.

1.11.5.1. *Características Principales*

- El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de los ríos (punto de convergencia de ríos) o desde el punto de desembocadura de un sistema de drenaje en el océano.
- A cada unidad hidrográfica se le asigna un código numérico, basado en su ubicación dentro del sistema de drenaje, de tal forma que éste código es único en todo el continente.
- Este método hace un uso mínimo de dígitos en los códigos, tal es así que el número de dígitos del código representa a su vez el nivel de la unidad hidrográfica codificada.
- La distinción entre río principal y tributario, es en función del área de drenaje. Así, en cualquier convergencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre ambos.
- El código de la unidad hidrográfica provee información importante tales como el tipo de unidad de drenaje, nivel de codificación y ubicación al interior de la unidad que lo contiene.

1.11.6. Tipos de Unidades Hidrográficas

Para Rosas (2009), el sistema de delimitación y codificación de Pfafstetter considera tres tipos de unidades de drenaje: cuencas, intercuenas y cuencas internas.

- Cuenca, es un área (unidad hidrográfica) que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje.
- Intercuenca, es un área (unidad de drenaje) que recibe el drenaje de otra unidad que se ubica aguas arriba, mediante el curso del río principal, y permite el drenaje del flujo propio y del que ha ingresado a esta unidad hacia la de drenaje que se ubica hacia aguas abajo.
- Cuenca Interna, es un área de drenaje que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua.

1.11.7. Río

Es un sistema dinámico de flujo de agua y sedimentos que controlan la función biológica de la tierra. Son los corredores activos más importantes que tiene la naturaleza y dependen de estos para el equilibrio de la vida. (Bateman, 2007)

1.12. Recursos Hídricos en Ecuador y su división hidrográfica.

Ecuador, a pesar de ser considerado como uno de los territorios con cuantiosos recursos hídricos, en los últimos años, se ha visto limitado su acceso al agua de buena calidad. Pese a contar con una de las constituciones más verdes del mundo y una serie de normativas que defienden la conservación de la naturaleza y los derechos del ser humano, nos vemos inmersos en grandes y graves problemas de degradación, amenaza a la flora y fauna y el peligro inminente de acrecentar la crisis global del agua. (Vaca Morán, 2014)

La potencialidad hídrica en el Ecuador según datos de la SENAGUA (2017), es uno de los países con mayor disponibilidad hídrica con valores que rodean los 20700 m³/hab/año que supera por mucho la media mundial de alrededor de 1700 m³/habitante/año (UNESCO). Lamentablemente, debido a la distribución de la población en el Ecuador, el 88% de los habitantes viven en la vertiente Pacífico y se estima una dotación de 5.200 m³/hab/año, que contrasta con la vertiente amazónica en donde viven el 12% de los ecuatorianos con una dotación de 82.900 m³/hab/año (Ver fig. 12.).



Figura 12: Potencial hídrico del Ecuador.
Fuente y elaboración: Senagua (2017) (Modificado).

La oferta descrita previamente representa un total de 79 cuencas hidrográficas, agrupadas en 31 sistemas; sin embargo, para la administración del recurso la SENAGUA ha regionalizado el país en 9 demarcaciones hidrográficas; a saber: Esmeraldas, Mira, Napo, Pastaza, Santiago, Puyango, Jubones, Guayas y Manabí. Si bien existe una mayor disponibilidad de agua en la vertiente oriental, éste sector únicamente abarca 7 cuencas hidrográficas, es decir, en el oeste hay muchas cuencas de pequeño tamaño, mientras que al este hay pocas cuencas pero con gran superficie y volumen de agua. (MAE, 2014)

Una de las principales causas de que el país no cuente con agua de buena calidad, es la constante contaminación que sufren los recursos hídricos, siendo este uno de los problemas más importantes que tiene la gestión del agua, por la diversidad, desconocimiento y agresividad de las fuentes de contaminación: urbana, industrial, minera, hidrocarburífera, agroindustrial y por la multiplicidad, ineficiencia y descoordinación de las instituciones públicas con funciones en la materia. (Ibañez Esquivel, 2012)

Según Martínez Gavilanes (2012), destaca que la responsabilidad es territorial (gobiernos seccionales y sociedad en general), en el manejo del ambiente, de los recursos naturales con

énfasis en los recursos hídricos, calidad ambiental, recursos forestales, biodiversidad y mineros.

En la división hidrográfica del territorio ecuatoriano se reconocen 871 microcuencas, 137 subcuencas, 79 cuencas hidrográficas, las mismas que se agrupan para su manejo en 31 sistemas hidrográficos, 24 en la vertiente del Pacífico y 7 en la vertiente del Amazonas. (Rosario Santos, 2016).

Estos sistemas aportan con un escurrimiento superficial de 432000 Km³ de los cuales 116000 Km³ (27 %) corresponde a la vertiente del Pacífico, donde habitan aproximadamente el 80 % de la población en el Ecuador, y 316000 Km³ (73 %) corresponde a la vertiente del Amazonas, donde habita el 20 % aproximadamente de la población restante. (Fajardo Sánchez, 2010)

Según la SENAGUA (2009), las unidades hidrográficas del Ecuador, están comprendidas en dos regiones hidrográficas o vertientes:

- 1) Pacífico (Región Hidrográfica 1)
- 2) Amazonas (Región Hidrográfica 4 – Cuenca del Río Amazonas)

Para la descripción de las unidades hidrográficas que existen en el Ecuador, se ha tomado en cuenta el área ocupada en Km² y su respectivo porcentaje que representa al territorio ecuatoriano. Es por esto que existen niveles de clasificación según la SENAGUA (2009), que van desde el 1 hasta el 5, de acuerdo a los parámetros antes indicados.

Para este estudio podemos destacar que la cuenca del río Puyango-Tumbes se encuentra ubicada en la unidad Hidrográfica 139 perteneciente a la región hidrográfica 1 con un área de aproximadamente 19910.25 Km² que representa el 7.76 % del territorio ecuatoriano (SENAGUA, 2009).

1.12.1. Cuenca del río Puyango

La cuenca del río Puyango está formado por numerosas quebradas que discurren principalmente desde la cordillera de Chilla y Cerro Negro en las provincias de El Oro y Loja, que nace en la parte norte con el nombre del río Pindo o río Grande y toma el nombre de río Puyango a partir de su convergencia con el río Yaguachi, cerca de Balsas. (MAE, 2016)

Está conformado por terrenos montañosos que registra altitudes desde los 3.500 m.s.n.m., y sus cuatro afluentes principales: el río Calera, el río Amarillo, el río Luis y el río Ambocas que dan origen y forman el río Pindo. (MAE, 2016)

Según Jumbo Flores (2015), la cuenca del Puyango ha sido impactada y afectada por las actividades mineras desde el período pre-colonial, principalmente por el distrito minero Portovelo-Zaruma.

La explotación minera utiliza el agua como un recurso, pero también como un sumidero. Esto último trajo inconvenientes para todo lo que rodea a las instalaciones mineras. Las fuentes de contaminación están ampliamente difundidas a lo largo de los ríos tributarios de la cuenca. Así, en el río Calera se asienta la gran actividad de procesamiento mineral, en el río Amarillo están minas en desuso e instalaciones abandonadas, y en las zonas montañosas de ambos ríos se encuentra gran cantidad de plantas pequeñas. (Guerra, 2010)

Cabe recalcar, que conjuntamente con la explotación en las minas, viene asociado el problema de la contaminación ambiental del agua y del suelo, que diariamente son afectados por la presencia de relaves, desechos orgánicos, material producido luego de la extracción de los minerales y que contiene aún una buena porción de ellos y de otros elementos minerales contaminantes como es el caso del mercurio y cianuro. (MAE, 2016)

1.12.2. Valores de la contaminación de los ríos Calera y Amarillo

Es importante destacar, que en los tramos aguas abajo de la cuenca del río Puyango, gracias a las actividades mineras, el río presenta una coloración turbia, debido a grandes cantidades de sólidos en suspensión derivados de las descargas, en cuya composición está presente considerables cantidades de cianuro, además, las aguas y sedimentos contienen elevadas concentraciones de metales y metaloides, especialmente de As, Pb, Cu, Cd y Hg. (MAE, 2016)

En un estudio de Hruschha y Salinas, citados por la FUNSAD se señala que las plantas de beneficio son las que mayor contaminación provocan a la calidad del agua, cerca de las plantas de beneficio se han encontrado concentraciones de mercurio en los sedimentos que alcanzan hasta los 1650 ppm y de plomo hasta 8350 ppm. (Moscoso Daza, 2015)

El Río La Calera, cuenta con una cantidad de sólidos en suspensión, según registros del INAMHI, quien determinó impacto moderado en aguas arriba (130 mg/l) y en aguas abajo, (131 mg/l a casi 30 km de las descargas principales). (MAE, 2016)

1.13. Antecedentes de contaminación por actividades mineras y extractivistas

La minería ha sido una constante en la historia nacional, y si bien la industria minera es indispensable para el desarrollo de la economía de los países industrializados, también esta actividad ha desembocado en la concentración de desigualdades sociales. Además en casi todos los casos la minería produce conflictos por sus diferentes impactos ambientales, especialmente por el agua. (Beltrán Loyola & Eguiguren Samaniego, 2010)

La Constitución de la República del Ecuador, en el artículo 407 establece que: "Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular".(MAE, 2016)

En la actualidad, una nueva era extractivista se abre paso en Ecuador. Era en la cual la minería está destinada a reemplazar al petróleo como fuente principal de ingresos. El país está a punto de abrir su subsuelo a la gran minera metálica industrial extranjera, como sucede ya en numerosos países del Sur. El despliegue de esta nueva actividad conlleva importantes consecuencias en el ámbito socioambiental.(Sacher William. & Alberto Acosta., 2012)

La contraposición entre el modelo extractivista y el desarrollo sustentable, se pone de manifiesto en las acciones que han emprendido los Estados, orientadas a la explotación de los recursos naturales sin considerar los límites de la naturaleza y de la sociedad. Los consecuentes impactos ambientales y sociales resultantes de la actividad extractiva minera, han desembocado en conflictos socioambientales, evidenciándose la incapacidad de respuestas asertivas por parte del aparato estatal, a las demandas sociales de la población. (Tello Sánchez, 2016)

1.14. Ubicación geográfica de la zona de estudio

La República del Ecuador se halla situada en la costa Nor-Occidental de Sudamérica, limita al Norte con Colombia, al Este y Sur con el Perú, y al Oeste con el Océano Pacífico. El Ecuador está ubicado entre los paralelos 1° 30.0' N. y 03° 23.5' S. y los meridianos 75° 12.0' W. y 81° 00.0' W. sin incluir el Archipiélago de Galápagos.(Marín Alvarado, 2011)

El área de estudio se encuentra situada en la convergencia de los ríos Calera y Amarillo en el distrito minero Portovelo-Zaruma al Sur-Este de la provincia de El Oro, con coordenadas **651452E; 9587706N** (Ver fig.13).

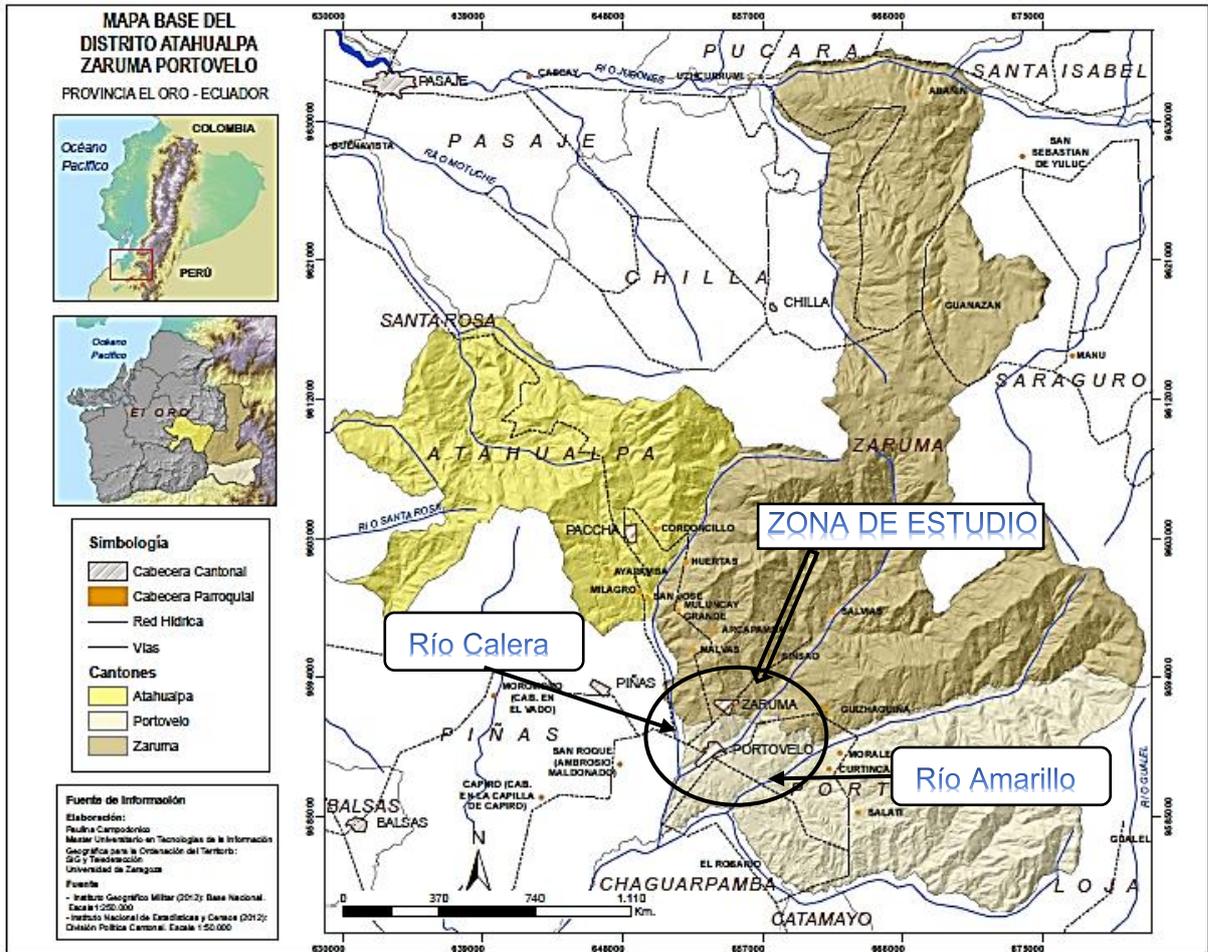


Figura 13: Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: (I.G.M.) Instituto Geográfico Militar, 2012.

Elaboración: Paulina Campodónico, 2013 (Modificado).

1.14.1. Cuenca del río Puyango-Tumbes

La cuenca hidrográfica del Río Puyango-Tumbes. Está integrada por los territorios limítrofes del departamento de Tumbes, en el norte del Perú, y las provincias de Loja, El Oro, del sureste de Ecuador. Abarca una superficie total de 5.494,57 km², de los cuales 3.662,55 km² (66.7 %) se encuentra en territorio ecuatoriano y 1.832,02 Km² (33.3 %) en territorio peruano.(MAE, 2016)

El área de estudio está definida en la cuenca del río binacional Puyango-Tumbes que nace a una altitud de 3 500 msnm. Desde su cabecera está conformado por diversas quebradas que discurren principalmente desde la Cordillera de Chilla y Cerro Negro en Ecuador. En la parte alta a menudo es llamado río Pindo o río Grande. Cerca de Balsas, a partir con su convergencia con el río Yaguachi, cambia de nombre a río Puyango. Siguiendo la dirección Oeste en un tramo de aproximadamente 100km, el río Puyango recibe a la quebrada cazaderos para formar el río Tumbes; de allí da una vuelta de 50 km para tomar la dirección

norte; después de un recorrido de 80 km llega al océano pacífico.(Autoridad Nacional del Agua-Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos., 2012)

1.14.2. Portovelo

Portovelo está situado al sur este de la provincia del Oro, en la Hoya de Puyango o de Zaruma, se encuentra rodeado de las cordilleras de Vizcaya, Guishaguiña, Curoshiña, Huir Urco y Ambocas, que hacen que le cantón posea tierras altas que llegan hasta los 3.600 metros sobre el nivel del mar. Portovelo se encuentra a 105 Km. de su capital Machala, abarca un área de 35 Km. cuadrados; ocupa las siguientes coordenadas: longitud Este 680900 – 650500 y latitud Norte 9594200 – 9578900.(Concesión Tunnel Aburrá-Oriente S.A, 2013)

Según Marín Alvarado (2011), Portovelo tiene los siguientes límites:

- NORTE: Cantón Zaruma.
- SUR: Provincia de Loja; Cantones Chaguarpamba y Catamayo.
- ESTE: Provincia de Loja; Cantones Loja y Saraguro.
- OESTE: Cantón Piñas.

Y posee una extensión territorial de 286.20 Km² (Ver fig. 14).

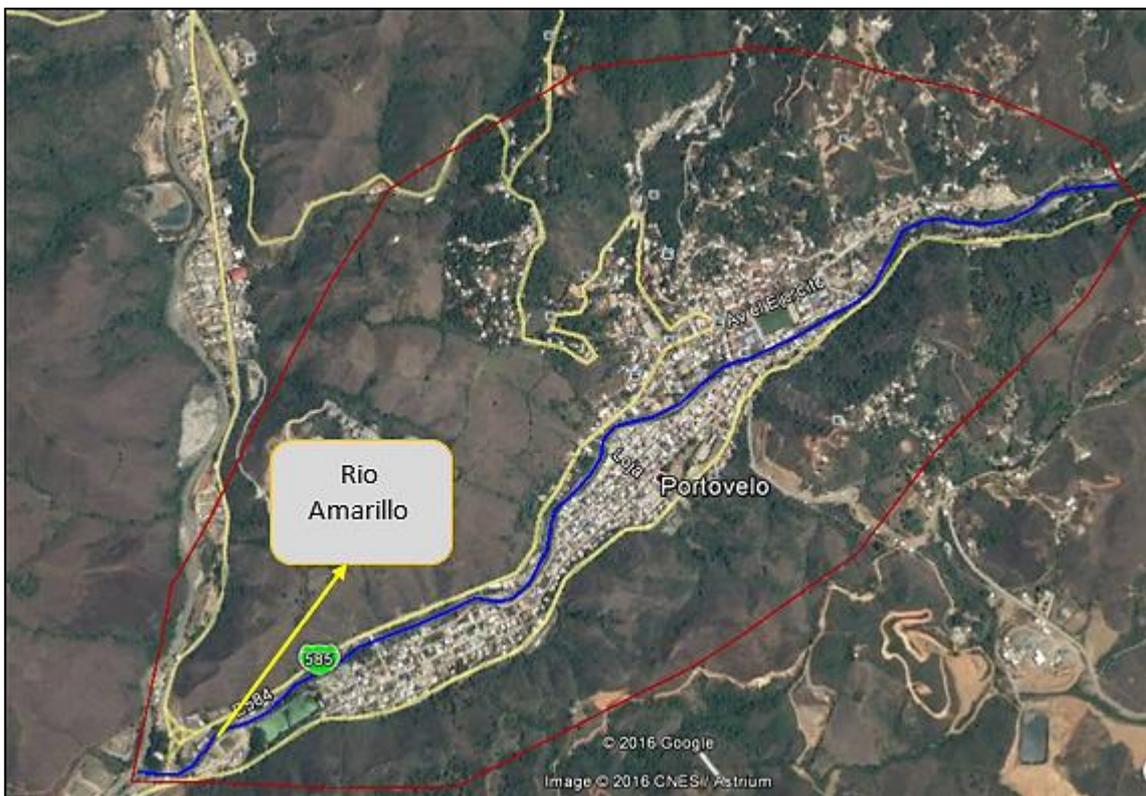


Figura 14: Ubicación del Cantón Portovelo.

Fuente: Imágenes © 2016 CNES/ Astrium. Datos del mapa © Google.

Elaboración: Propia.

1.14.3. Zaruma

El Cantón Zaruma se encuentra ubicado en el Callejón Interandino, al sureste del Ecuador, y al suroeste de la Provincia de El Oro, extremo oriental, a 3°41' latitud Sur y 79°36' longitud Occidental, se asienta en las faldas de la cordillera de Vizcaya, ramal desprendido de la Cordillera de Chilla, en la Hoya de Zaruma. (Aguirre Aguirre, 2014)

Según Marín Alvarado (2011), Zaruma tiene los siguientes límites:

- NORTE: Provincia del Azuay.
- SUR: Cantones Portovelo y Piñas.
- ESTE: Provincia de Loja.
- OESTE: Cantones Piñas, Atahualpa, Chilla y Pasaje.

Y posee una extensión territorial de 643.50 Km² (Ver fig. 18).

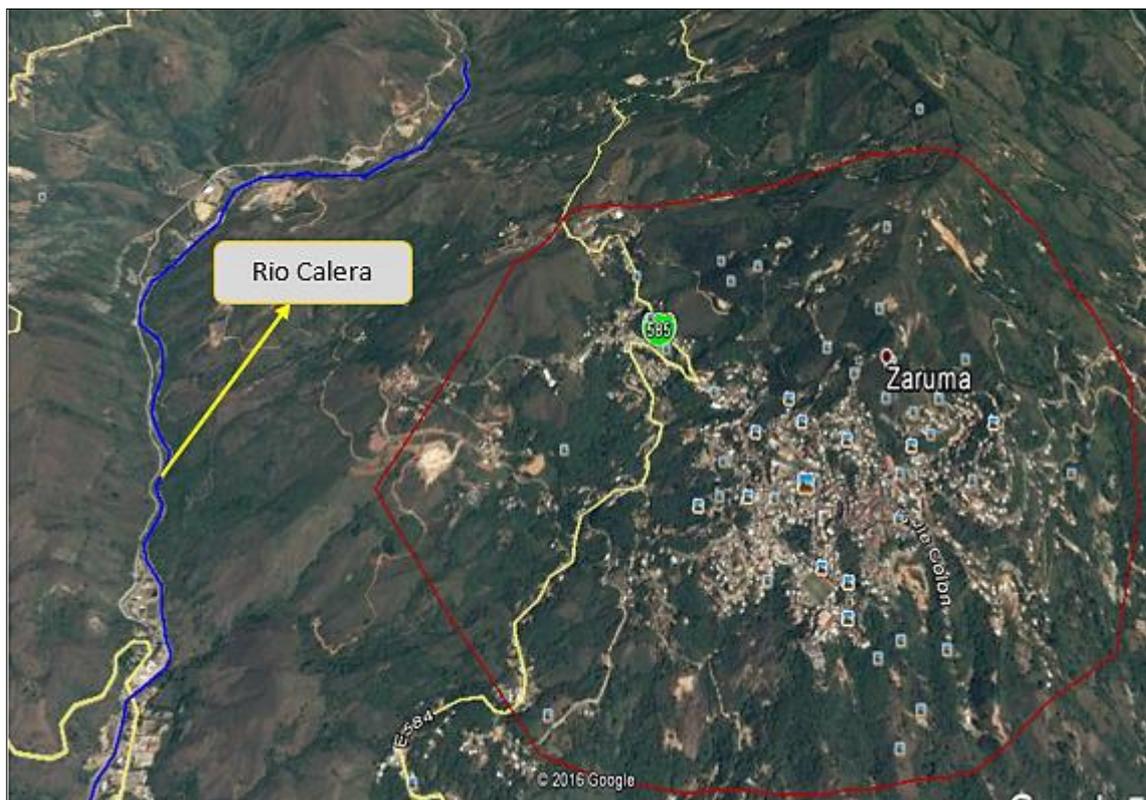


Figura 15: Ubicación del Cantón Zaruma.

Fuente: Imágenes © 2016 CNES/ Astrium, datos del mapa © Google.

Elaboración: Propia.

Se hace referencia a la ubicación de los cantones Portovelo-Zaruma, debido a que sus principales afluentes (Calera y Amarillo) conforman el punto de interés para realizar la investigación.

1.14.4. Accesos

La accesibilidad a los Cantones de Portovelo y Zaruma es buena con carreteras de primer y segundo orden que atraviesan toda la zona y se ingresa a través de la vía Loja, Portovelo, Zaruma, Piñas, Santa Rosa, Machala.(Marín Alvarado, 2011)

1.15. Geografía del Sector

1.15.1. Topografía

El relieve es muy irregular y accidentado con grandes desniveles en tramos cortos (Fig. 16), esto se debe a que el área en estudio constituye parte de la cordillera de los Andes; los drenajes principales son el río Amarillo y el río Calera que bordean todo el distrito minero Portovelo-Zaruma y que conforman la cuenca hidrográfica Puyango-Tumbes.(Marín Alvarado, 2011)



Figura 16: Mapa topográfico de la zona de estudio.

Fuente: (I.G.M.) Instituto Geográfico Militar. Escala: 1:50.000, 2016.

Elaboración: Autor

1.15.2. Hidrografía

Los ríos Calera y Amarillo son los más importantes afluentes que se encuentran en la zona de estudio del distrito minero Portovelo–Zaruma y constituyen el principal sistema hidrográfico del lugar (fig. 17), además son las vertientes que más afectadas se encuentran por las actividades mineras desarrolladas en la zona. La subcuenca del río Calera conjuntamente con

la subcuenca del río Amarillo, presentan un flujo de aguas de manera constante, el caudal promedio resulta de la unión de estos dos ríos dando un caudal promedio de 22.98 m³/s, aguas abajo del río Amarillo, más al Sur se une con el río Pindo. (Marín Alvarado, 2011)

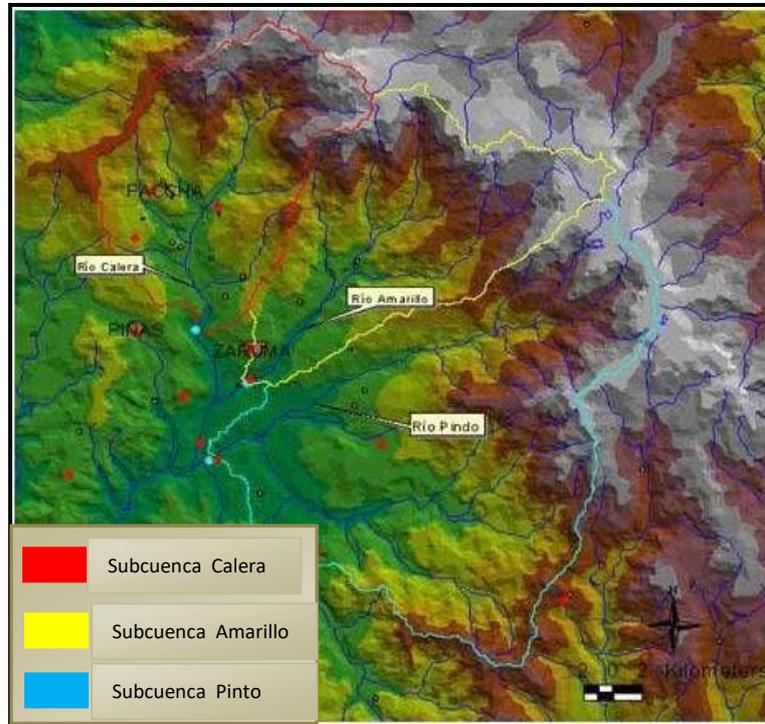


Figura 17: Subcuencas de los ríos Calera, Amarillo y Pindo.

Fuente: UTPL, 2009 – 2010.

Elaboración: Stalin A. Marín Alvarado (2011) (Modificado).

1.15.3. Mapas de cobertura y usos del suelo de la zona de estudio

1.15.3.1. Portovelo

Según el plan de desarrollo y ordenamiento territorial realizado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Portovelo (2014), clasifica al suelo en 8 clases acorde a su pendiente, textura y acceso al agua (Ver fig. 18) se menciona a continuación las 8 clases de suelo y sus características:

- **Clase I:** Son tierras arables que pueden ser utilizadas para el desarrollo intensivo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona, no presentan limitaciones, ni peligro de erosión hídrica
- **Clase II:** Son tierras arables que pueden ser utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona, requieren de prácticas de manejo más cuidadoso que los suelos de clase I, son tierras con ligeras limitaciones, con pendientes menores al 5%

- **Clase III:** Son tierras arables, en las cuales se reduce la posibilidad de elección de cultivos anuales a desarrollar o se incrementan los costos de producción debido a la presencia de ligeras a moderadas limitaciones, por lo que existe la necesidad de usar prácticas de manejo de suelo y agua. Generalmente se encuentran en pendientes menores al 12%
- **Clase IV:** Son tierras arables que requieren un tratamiento especial en cuanto a las labores de maquinaria o permiten un laboreo especial para evitar la erosión hídrica. Se restringe el establecimiento de cultivos intensivos y admite cultivos siempre y cuando se realice prácticas de manejo y conservación
- **Clase V:** Esta clase agrológica es de uso limitado, las tierras requieren de un tratamiento muy especial en cuanto a las labores con maquinaria ya que presentan limitaciones difíciles de eliminar en la práctica, se reduce el uso de cultivos anuales, permanentes y semipermanentes a unos pocos aptos por las severas condiciones físicas.
- **Clase VI:** Son tierras no arables con severas limitaciones para el riego, aptas para su aprovechamiento con pastos y especies forestales, ocasionalmente pueden incluirse cultivos permanentes.
- **Clase VII:** Son tierras no arables, que presentan fuertes limitaciones para el laboreo, especialmente por la pendiente. Las condiciones de esta clase se reducen al aprovechamiento forestal, la inclusión de otras actividades degrada sus condiciones físicas.
- **Clase VIII:** Son áreas que deben mantenerse con paramo, vegetación arbustiva, árboles o cualquier cobertura vegetal natural que proteja de la erosión, mantenga la vida silvestre y las fuentes de agua. Son tierras con las más severas limitaciones; corresponden generalmente a pendientes superiores al 70%. Independientemente de sus limitaciones solas o combinadas no presentan condiciones para su utilización con actividades agrícolas o pecuarias

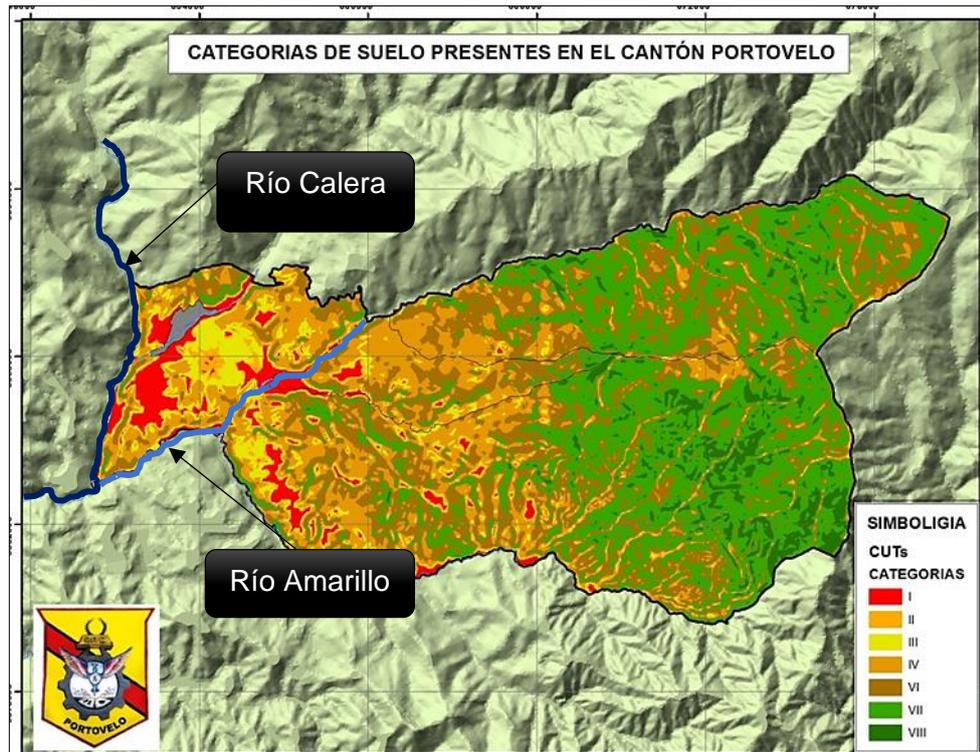


Figura 18: Categorías de suelo presentes en el cantón Portovelo.

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Portovelo, 2014.

Elaboración: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Portovelo, 2014 (Modificado).

1.15.3.2. Zaruma

Según un estudio realizado por Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos-SNGR, Universidad Nacional de Loja-UNL, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD (2012), en el cantón Zaruma provincia del El Oro, el 66.34% del total del territorio cantonal es utilizado para actividades agropecuarias, el 33.32% es zona de conservación, el 0.14% se encuentra ocupado por edificaciones y el 0.20% pertenece a infraestructura vial. El uso del suelo en la zona urbana de Zaruma está marcada por uso residencial, residencial/comercial, residencial/producción y de producción (ver fig. 19).

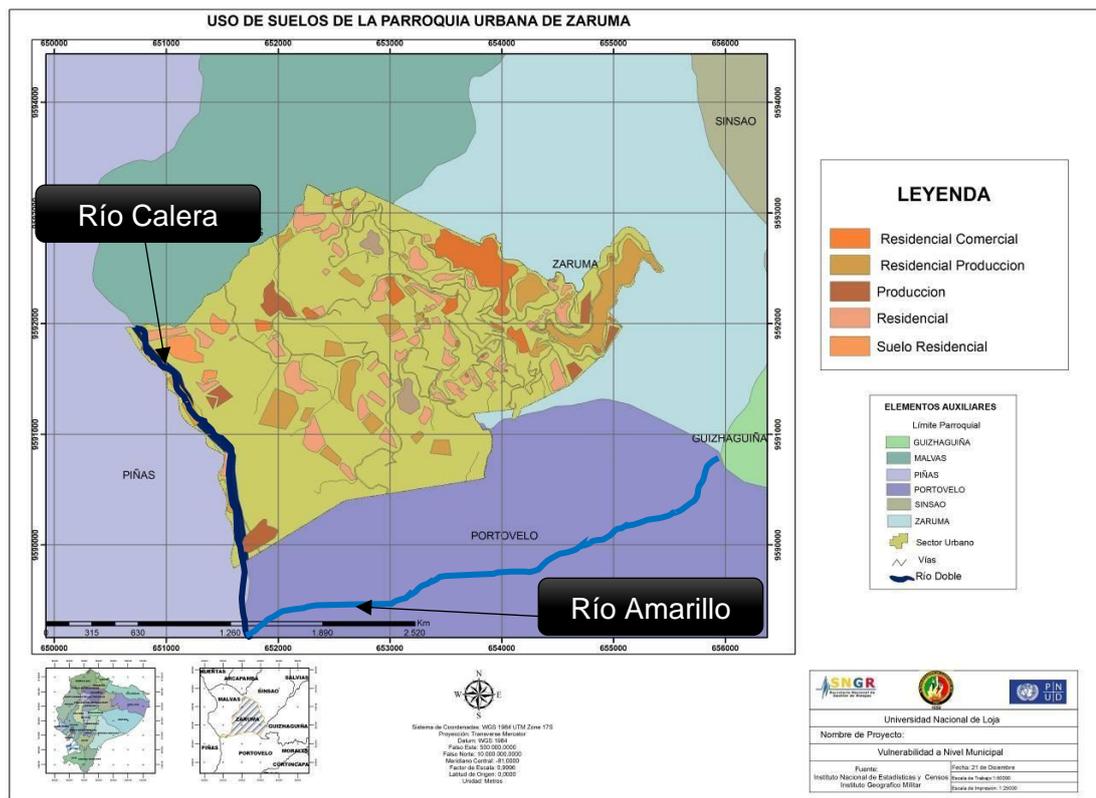


Figura 19: Uso actual del suelo de la parroquia urbana de Zaruma
Fuente: UNL-GEOLOGÍA, 2012.
Elaboración: UNL-GEOLOGÍA, 2012 (Modificado).

1.16. Enfermedades de origen hídrico

La mala calidad del agua es una amenaza a las condiciones sanitarias y nutricionales de la población, especialmente para los más pobres, que son los que tienen mayor afectación de enfermedades de origen hídrico. Los costos de atención médica para atender estas afecciones son muy incidentes y de influencia negativa en la economía familiar de la población pobre del país, lo que los convierte en un estrato de mayor vulnerabilidad y con pocas posibilidades de optar por un grado mínimo de desarrollo.(CEPAL, 2011)

Según la Organización Mundial de la Salud-OMS (2013), en su artículo relacionado con la lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares, expresa que alrededor de mil cien millones de personas carecen de acceso a una fuente “mejorada” de agua potable, y que un número mayor bebe agua extremadamente contaminada; recalca que se registran cuatro mil millones de casos anuales de diarrea, de los cuales el 88 % puede atribuirse a la insalubridad del agua y a deficiencias de saneamiento y de higiene, con este tipo de enfermedad mueren alrededor de un millón ochocientos mil personas cada año, tomando en cuenta que en la mayoría de los casos es común en niños menores de 5 años.

La OMS (2013), estima que el 94 % de los casos de diarrea podrían evitarse mediante modificaciones del medio, por ejemplo, a través de intervenciones que permitan aumentar la disponibilidad de agua limpia y mejorar el saneamiento y la higiene.

1.16.1. Clasificación de las enfermedades de origen hídrico

Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades provocadas por el consumo del agua contaminada con orina, restos fecales de humanos o animales, desechos industriales y que contienen microorganismos y sustancias patogénicos; En la figura 20 el Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades -PROAPAC (2009) define una clasificación de las enfermedades de origen hídrico.

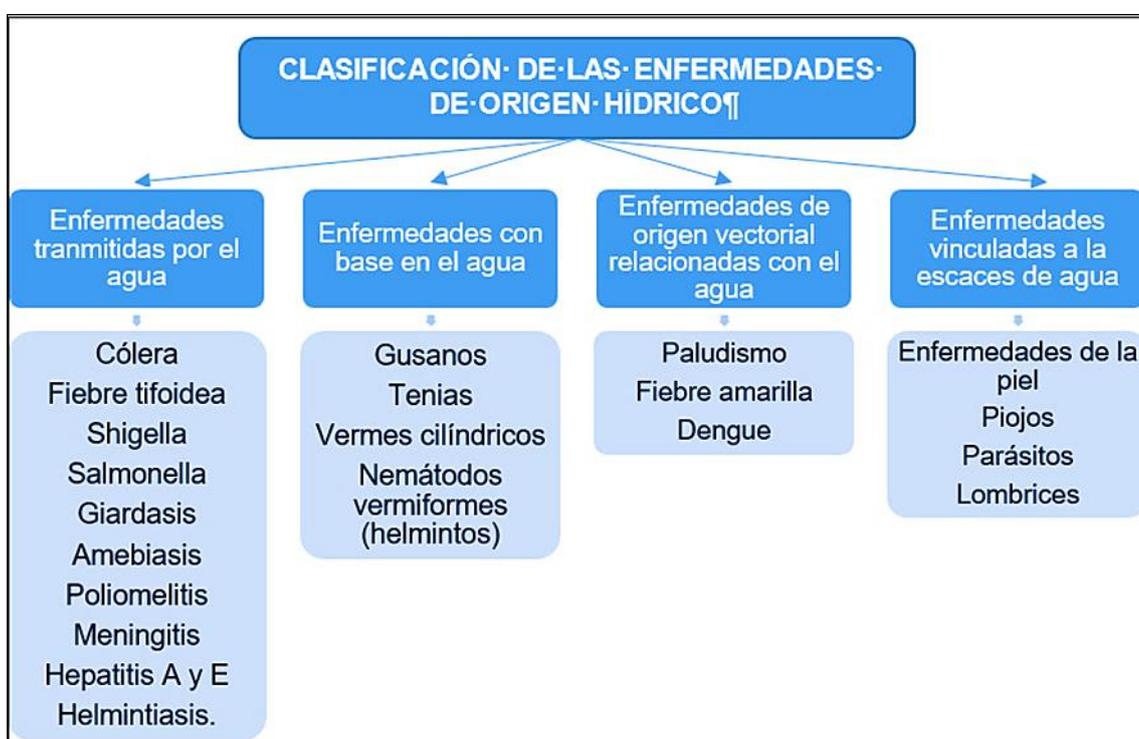


Figura 20: Clasificación de las enfermedades de origen hídrico.

Fuente: PROPAC-2009

Elaboración: Propia.

1.16.2. Enfermedades de origen hídrico en los cantones Portovelo y Zaruma

El indicador más importante de morbilidad existente en el cantón es debido a la insuficiencia de respiración aguda (IRA) que la padecen 167 por cada mil habitantes, otro factor que afecta a la población son las enfermedades diarreicas y la parasitosis por la mala calidad del agua. Dentro de las enfermedades infecciosas, o de trasmisión provocadas por un microorganismo como bacterias, hongos, virus, según los registros del área de salud N° 9, el Cantón Portovelo tiene las siguientes cifras (por cada 1000 habitantes)

En el cantón Portovelo se tiene información estadística de las principales causas de morbilidad de origen hídrico de los años 2014 (Tabla 4) y 2015 (Tabla 5), según el Ministerio de Salud Pública del Ecuador:

Tabla 4. Primeras causas de morbilidad de origen hídrico-Portovelo-2014.

CIE-DESCRIPCIÓN (3C)	Hombre		Mujer		Total general	
	Totales	%	Totales	%	Totales	%
B82 PARASITOSIS INTESTINAL, SIN OTRA ESPECIFICACIÓN	212	6.80	346	5.41	558	5.87
A09 DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO	244	7.82	264	4.13	508	5.34
A06 AMEBIASIS	45	1.44	77	1.20	122	1.28
L20 DERMATITIS ATÓPICA	45	1.44	69	1.08	114	1.20
L23 DERMATITIS ALÉRGICA DE CONTACTO	19	0.61	39	0.61	58	0.61
R21 SALPULLIDO Y OTRAS ERUPCIONES CUTÁNEAS NO ESPECIFICADAS	2	0.06	9	0.14	11	0.12
B35 DERMATOFITOSIS	6	0.19	3	0.05	9	0.09
A90 FIEBRE DEL DENGUE [DENGUE CLÁSICO]	4	0.13	1	0.02	5	0.05
B77 ASCARIASIS	1	0.03	3	0.05	4	0.04
B15 HEPATITIS AGUDA TIPO A	1	0.03	1	0.02	2	0.02
B83 OTRAS HELMINTIASIS	0	0	2	0.03	2	0.02

Fuente: MSP, 2017.

Elaboración: Propia.

Tabla 5. Primeras causas de morbilidad de origen hídrico-Portovelo-2015.

CIE-DESCRIPCIÓN (3C)	Hombre		Mujer		Total general	
	Totales	%	Totales	%	Totales	%
B829 PARASITOSIS INTESTINAL SIN OTRA ESPECIFICACIÓN	1,454	6.95	1,649	4.36	3,103	5.28
A09X DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO	793	3.79	820	2.17	1,613	2.74
A90X FIEBRE DEL DENGUE [DENGUE CLÁSICO]	160	0.76	186	0.49	346	0.59
L209 DERMATITIS ATÓPICA NO ESPECIFICADA	106	0.51	162	0.43	268	0.46
L239 DERMATITIS ALÉRGICA DE CONTACTO DE CAUSA NO ESPECIFICADA	106	0.51	153	0.40	259	0.44
A069 AMEBIASIS NO ESPECIFICADA	102	0.49	122	0.32	224	0.38
B359 DERMATOFITOSIS NO ESPECIFICADA	68	0.32	90	0.24	158	0.27
R21X SALPULLIDO Y OTRAS ERUPCIONES CUTÁNEAS NO ESPECIFICADAS	29	0.14	44	0.12	73	0.12
A071 GIARDIASIS [LAMBLIASIS]	23	0.11	34	0.09	57	0.10
B159 HEPATITIS AGUDA TIPO A SIN COMA HEPÁTICO	3	0.01	2	0.01	5	0.01
B770 ASCARIASIS CON COMPLICACIONES INTESTINALES	0	0%	2	0.01%	2	0.00

Fuente: MSP, 2017.

Elaboración: Propia.

En la tabla No.6 y 7 se resume la información estadística de las principales causas de morbilidad por enfermedades de origen hídrico de los años 2014 y 2015 en el cantón Zaruma, de los datos obtenidos en la página oficial del Ministerio de Salud Pública del Ecuador:

Tabla 6. Primeras causas de morbilidad de origen hídrico-Zaruma-2014.

CIE-DESCRIPCIÓN (3C)	Hombre		Mujer		Total general	
	Totales	%	Totales	%	Totales	%
B82 PARASITOSIS INTESTINAL, SIN OTRA ESPECIFICACION	316	4	403	2.76	719	3.19
A09 DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO	331	4.19	362	2.48	693	3.08
A06 AMEBIASIS	153	1.94	153	1.05	306	1.36
L20 DERMATITIS ATOPICA	58	0.73	85	0.58	143	0.64
B15 HEPATITIS AGUDA TIPO A	6	0.08	3	0.02	9	0.04
A90 FIEBRE DEL DENGUE [DENGUE CLASICO]	1	0.01	0	0	1	0
B81 OTRAS HELMINTIASIS INTESTINALES, NO CLASIFICADAS EN OTRA PARTE	1	0.01	0	0	1	0

Fuente: MSP, 2017.

Elaboración: Propia.

Tabla 7. Primeras causas de morbilidad de origen hídrico-Zaruma-2015.

PRIMERAS CAUSAS DE MORBILIDAD DE ORIGEN HÍDRICO-ZARUMA-2015						
CIE-DESCRIPCIÓN (3C)	Hombre		Mujer		Totales	
	Totales	%	Totales	%	Totales	%
A09X DIARREA Y GASTROENTERITIS DE PRESUNTO ORIGEN INFECCIOSO	369	4.50	379	2.66	748	3.33
B829 PARASITOSIS INTESTINAL SIN OTRA ESPECIFICACIÓN	250	3.05	355	2.49	605	2.70
A069 AMEBIASIS NO ESPECIFICADA	49	0.60	59	0.41	108	0.48
L209 DERMATITIS ATÓPICA NO ESPECIFICADA	37	0.45	40	0.28	77	0.34
B820 HELMINTIASIS INTESTINAL SIN OTRA ESPECIFICACIÓN	0	0	5	0.04	5	0.02
A90X FIEBRE DEL DENGUE [DENGUE CLÁSICO]	2	0.02	1	0.01	3	0.01
B159 HEPATITIS AGUDA TIPO A SIN COMA HEPÁTICO	0	0	1	0.01	1	0.00

Fuente: MSP, 2017.

Elaboración: Propia.

Cabe señalar que las enfermedades derivadas del contacto permanente con agua contaminada por residuos de minería, gases, químicos, etc. no se posee la información, de igual forma para el cantón Zaruma.

1.17. Perfil epidemiológico en la zona de estudio

En el 2009, en el país se reportaron 59.714 defunciones lo que arrojó una tasa de mortalidad de 4.26 muertes por cada mil habitantes, y entre las primeras causas de muerte están en orden de frecuencia, la diabetes mellitus, enfermedades cerebro vasculares, accidentes de transporte, enfermedad hipertensiva, influenza y neumonía, las enfermedades isquémicas del corazón, violencia, insuficiencia cardíaca, cirrosis, cáncer de estómago. En el caso de la morbilidad las principales causas son debidas a procesos asociados con el deterioro y la privación en el consumo de los bienes y valores básicos para sobrellevar la vida en condiciones adecuadas. Entre las principales causas de egreso hospitalario están la diarrea

y gastroenteritis infecciosas, neumonía, coleditiasis, aborto no especificado, apendicitis aguda, hernia inguinal, falso trabajo de parto, traumatismo intracraneal. (MSP, INEC. 2010).

Según el Ministerio de Salud Pública (2012), en cuanto al perfil epidemiológico, el país está experimentando un giro de las causas de mortalidad hacia los problemas crónicos degenerativos, la emergencia de las entidades infecciosas y la presencia de riesgos que favorecen el incremento de las lesiones accidentales, intencionales, los trastornos mentales y emocionales y los vinculados al deterioro ambiental.

1.17.1. Perfil epidemiológico del cantón Portovelo

En lo referente al cantón Portovelo, según el programa médico funcional del centro de atención ambulatoria IESS Portovelo, realizado por el Dr. Carlos Espinosa Macas en el año 2014, expresa que en la Unidad del IESS y en otros centros, tanto públicos como privados del cantón Portovelo, se atendió aproximadamente unas 30 a 35 emergencias por día, siendo 5 sus principales causas de emergencias:

1. Accidentes en la mina (Minería)
2. Accidentes de tránsito
3. Intoxicación por gases y químicos (Minería)
4. Politraumatismo en niños
5. Enfermedades varias (alergias, asma, insuficiencia cardiorrespiratoria, IAM)

Se destaca las enfermedades de origen hídrico tales como: Parasitosis intestinales, sin otra especificación y la Diarrea y gastroenteritis con presunto origen infeccioso; e indica diferentes enfermedades que no son de origen hídrico y que se encuentran en el anexo.

El cantón Portovelo según datos proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Portovelo (2014), en su plan de desarrollo y ordenamiento territorial, destaca que los infartos de miocardio, el cáncer gástrico, el cáncer pulmonar y la insuficiencia cardíaca son las que mayor número de muertos han causado. La tasa de mortalidad infantil, de niños menores a un año, se estima en 1,15 por cada mil habitantes y la tasa de mortalidad general, para el cantón Portovelo se establece en 3,9 por cada mil habitantes.

En el gráfico 1 se puede observar las causas de morbilidad más importantes y frecuentes en adolescentes y niños del cantón Portovelo, tanto en la zona Urbana como Rural.

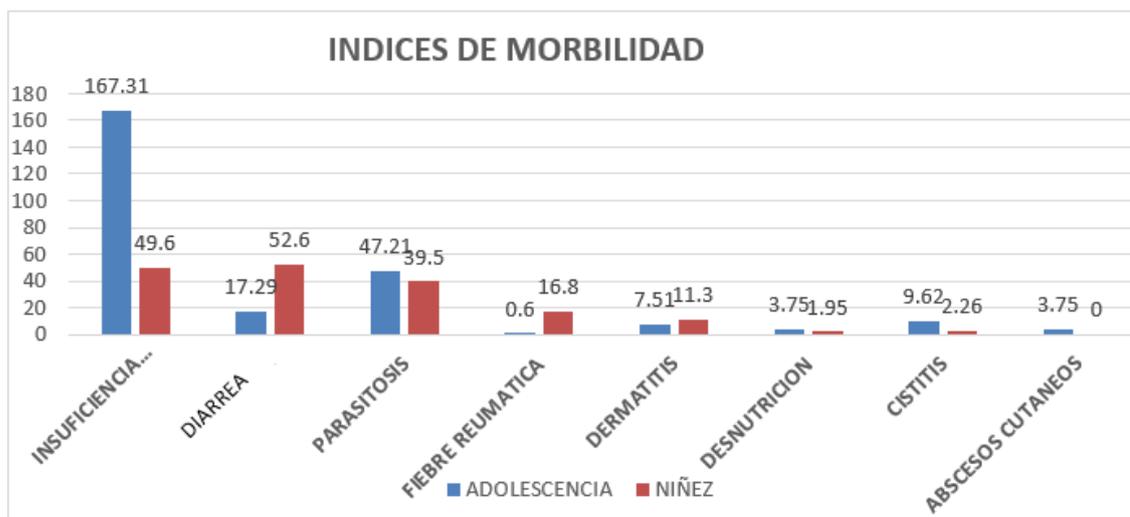


Gráfico 1: Índice de morbilidad del cantón Portovelo.

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Portovelo, 2014.

Elaboración: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Portovelo, 2014 (Modificado).

1.17.2. Perfil epidemiológico del cantón Zaruma

En el cantón Zaruma se destaca las enfermedades de origen hídrico tales como: Parasitosis intestinales sin otra especificación y la Diarrea y gastroenteritis con presunto origen infeccioso; e indica diferentes enfermedades que no son de origen hídrico y que se encuentran en el anexo.

En el cantón Zaruma según Integrar Coninco Cia. Ltda. (2014), en la Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Cantón, las Estadísticas Vitales del INEC, describen que en el cantón se registraron 118 defunciones durante el año 2012, calculadas en el transcurso establece una tasa de defunción cantonal de 432.53 fallecidos por año. Una de las principales causas de mortalidad en el cantón Zaruma, es la desnutrición infantil que experimenta una tasa promedio de 0.20%. La presencia de la desnutrición infantil crónica afecta no solo a las características físicas, pues impide un desarrollo adecuado, sino que además afecta a la salud mental, incidiendo seriamente al aspecto psicosocial del niño que la padece y de su entorno familiar.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Introducción

Para el desarrollo de esta investigación, se define una metodología que se encuentra conformada por varias etapas, que se describen a continuación:

- Revisión bibliográfica.
- Identificar la zona de estudio en la cuenca de los ríos Calera y Amarillo.
- Levantar la línea base de problemas de contaminación que existe en la zona de estudio: Contaminación-Incidencias en la salud.
- Determinación de las características fisiográficas y climáticas de las microcuencas de los ríos Calera y Amarillo y, cuenca del Puyango.
- Análisis hidrológico en la cuenca del río Puyango.
- Análisis de calidad de agua por contenido de sólidos.
- Puntualizar en la investigación de los resultados obtenidos de la red de estaciones de calidad de agua diseñada para la cuenca del río Puyango.
- Análisis y discusión de resultados.

2.2. Revisión bibliográfica

Mediante consultas e investigación del tema relacionado a la calidad del agua por contenido de sólidos y, las consecuencias en el medio ambiente, se investiga en bases de datos científicas, literatura técnica especializada, y otros de interés científico.

En cuanto al análisis hidrológico a desarrollarse en la cuenca del río Puyango, se utiliza los métodos propuestos en la bibliografía de los autores Escalante Sandoval Carlos PhD. y Reyes Chávez Lilia PhD., como lo son: Técnicas de estimación, Delimitación de zonas homogéneas, Técnicas de regionales, etc., con énfasis en el estudio de eventos hidrológicos extremos.

2.3. Identificación de la Zona de Estudio.

La identificación de la zona de interés obedece a criterios tales como: índices de contaminación, presencia de minería y plantas de beneficio en el sector, que han sido determinadas en investigaciones previas; en base a estos resultados se centra nuestro interés en los ríos Calera y Amarillo ubicados en la cuenca del río Puyango, sector donde se encuentran la mayor concentración de empresas mineras en la parte alta de la provincia de El Oro. La identificación se realiza mediante el uso de mapas, modelos de elevación digital, etc. (Ver fig. 14-15, Cap. 1-sección 1.14)

2.4. Levantar la línea base de problemas de contaminación que existe en la zona de estudio: Contaminación-Incidencias en la salud.

Para el levantamiento de la línea base del sector en análisis, sobre los criterios de contaminación del agua, ambiente y salud humana, se realiza un análisis a detalle. Se recopila geodata base, información secundaria y técnica de bibliografía especializada con énfasis en la zona de estudio: Ríos Calera y Amarillo, información sanitaria, y demás.

Otra fuente de información son los datos de caudal de las estaciones hidrométricas que se encuentran en la cuenca del río Puyango, otorgados por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA-DHPC). La cual permite realizar un análisis hidrológico de la cuenca, que permita realizar una regionalización para flujos mínimos de la misma; la determinación de gasto disponible, amenazas por inundación.

Se obtiene información de datos estadísticos existentes de los años 2012, 2014 y 2015, de las principales causas de morbilidad que se presentan en la población de los cantones Portovelo y Zaruma; a partir de los cuales se discretiza las enfermedades de origen hídrico, se tiene además otras fuentes de consulta como los informes presentados por el programa médico funcional del centro de atención ambulatoria IESS Portovelo-Zaruma (Ver sección 2.6.2).

2.5. Determinación de las características fisiográficas y climáticas de la cuenca de Catamayo, Jubones, Puyango y Santiago.

Haciendo uso de la herramienta ofimática IDRISI GIS and imagen processing, se obtiene las características fisiográficas y climáticas de la cuenca de Catamayo, Jubones, Puyango y Santiago, utilizando modelos de elevación digital (MDE) de la zona (Ver anexo 1).

Tabla 8. Características fisiográficas y climáticas de la cuenca de Catamayo.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	SIMBOLOGÍA	UNIDADES	H0625	H0617	H0620	H0619	H0621	H0627
ÁREA	A	Km ²	61.15	1126.56	3453.89	1126.56	62.06	47.17
PERÍMETRO	P	Km	45.72	209.88	513.9	209.88	46.8	36.72
PENDIENTE MEDIA	Pm	%	34.19	44.97	40.26	44.97	39.44	56.26
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Gravelius)	Kc	-	1.65	1.76	2.47	1.76	1.68	1.51
RELACIÓN CIRCULAR	Rci	-	0.37	0.32	0.16	0.32	0.36	0.44
RELACIÓN HIPSOMÉTRICA	Rh	-	1.38	1.34	1.49	1.34	0.81	0.49
LONGITUD DEL EJE DEL RIO PRINCIPAL	Lcp	Km	12.74	71.22	157.21	71.22	14.26	12.4
COEFICIENTE DE SINUOSIDAD	Sh	-	1.19	1.49	2.03	1.49	1.53	1.1
ALTITUD INICIAL	Ai	m	2922	3080	2593	3080	3442	3408
ALTITUD MEDIA	Am	m	1092	1175	621	1175	1651	1607
PEND PROMEDIO DEL RÍO	Ppr	%	19.91	6.42	5.01	6.42	16.79	24.01
Tc_Kirpich	Tc_K	horas	0.99	7.1	17.5	7.1	1.14	0.96

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 9. Características fisiográficas y climáticas de la cuenca de Jubones.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	SIMBOLOGÍA	UNIDADES	H0526	H0528	H0529	H0530	H0531
ÁREA	A	Km ²	122.43	507.84	3373.62	3623.5	3942.24
PERÍMETRO	P	Km	70.02	153.36	393.12	402.84	413.64
PENDIENTE MEDIA	Pm	%	25.73	28.62	31.78	32.34	32.95
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Gravelius)	Kc	-	1.78	1.92	1.91	1.89	1.86
RELACIÓN CIRCULAR	Rci	-	0.31	0.27	0.27	0.28	0.29
RELACIÓN HIPSOMÉTRICA	Rh	-	2.45	-0.27	0.76	0.66	0.68
LONGITUD DEL EJE DEL RIO PRINCIPAL	Lcp	Km	16.28	32.32	100.72	112.8	127.56
COEFICIENTE DE SINUOSIDAD	Sh	-	1.4	1.49	1.76	1.66	1.59
ALTITUD INICIAL	Ai	m	3104	3735	3059	3059	3036
ALTITUD MEDIA	Am	m	2253	1239	681	271	91
PEND PROMEDIO DEL RÍO	Ppr	%	7.76	10.92	3.82	3.97	3.74
Tc_Kirpich	Tc_K	horas	1.76	2.57	9.73	10.44	11.78

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 10. Características fisiográficas y climáticas de la cuenca del Puyango.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	SIMBOLOGÍA	UNIDADES	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0591
ÁREA	A	Km ²	250.5	80.82	39.35	510.73	2088.18	2705.35
PERÍMETRO	P	Km	96.48	53.1	42.3	142.02	296.82	364.32
PENDIENTE MEDIA	Pm	%	43.04	24.6	29.06	41.06	39.72	38.01
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Gravelius)	Kc	-	1.72	1.67	1.9	1.77	1.83	1.98
RELACIÓN CIRCULAR	Rci	-	0.34	0.36	0.28	0.32	0.3	0.26
RELACIÓN HIPSOMÉTRICA	Rh	-	1.1	1.89	1.79	1.44	1.89	2.02
LONGITUD DEL EJE DEL RÍO PRINCIPAL	Lcp	Km	30.67	17.73	12.98	37.46	79.15	100.43
COEFICIENTE DE SINUOSIDAD	Sh	-	1.21	1.53	1.26	1.2	1.28	1.24
ALTITUD INICIAL	Ai	m	3425	1031	2023	3539	3369	2752
ALTITUD MEDIA	Am	m	644	469	837	557	350	287
PEND PROMEDIO DEL RÍO	Ppr	%	14.21	6.89	13.49	12.77	9.8	8.32
Tc_Kirpich	Tc_K	horas	2.32	2.28	1.19	2.85	6.72	9.57

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 11. Características fisiográficas y climáticas de la cuenca de Santiago.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	SIMBOLOGÍA	UNIDADES	H0887	H0889	H0912
ÁREA	A	Km ²	1507.63	1426.47	1003.64
PERÍMETRO	P	Km	280.08	246.78	208.08
PENDIENTE MEDIA	Pm	%	39.02	40.77	36.82
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Gravelius)	Kc	-	2.03	1.84	1.85
RELACIÓN CIRCULAR	Rci	-	0.24	0.29	0.29
RELACIÓN HIPSOMÉTRICA	Rh	-	1.08	0.72	0.9
LONGITUD DEL EJE DEL RÍO PRINCIPAL	Lcp	Km	92.39	79.6	63.8
COEFICIENTE DE SINUOSIDAD	Sh	-	1.48	3.16	1.54
ALTITUD INICIAL	Ai	m	3403	2585	3435
ALTITUD MEDIA	Am	m	839	899	952
PEND PROMEDIO DEL RÍO	Ppr	%	4.12	3.51	5.7
Tc_Kirpich	Tc_K	horas	8.56	8.47	5.65

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 12. Características fisiográficas y climáticas de la Convergencia de los ríos Calera y Amarillo-Pto de interés.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	SIMBOLOGÍA	UNIDADES	CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO
ÁREA	<i>A</i>	<i>Km</i> ²	520.98
PERÍMETRO	<i>P</i>	<i>Km</i>	135.36
PENDIENTE MEDIA	<i>Pm</i>	%	41.29
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Gravelius)	<i>Kc</i>	-	1.67
RELACIÓN CIRCULAR	<i>Rci</i>	-	0.36
RELACIÓN HIPSOMÉTRICA	<i>Rh</i>	-	1.27
LONGITUD DEL EJE DEL RÍO PRINCIPAL	<i>Lcp</i>	<i>Km</i>	33.87
COEFICIENTE DE SINUOSIDAD	<i>Sh</i>	-	1.19
ALTITUD INICIAL	<i>Ai</i>	<i>m</i>	3221
ALTITUD MEDIA	<i>Am</i>	<i>m</i>	583
PEND PROMEDIO DEL RÍO	<i>Ppr</i>	%	12.39
<i>Tc_Kirpich</i>	<i>Tc_K</i>	horas	2.66

Fuente y elaboración: Propia.

Obtenidas las características morfométricas de las microcuencas donde se encuentran ubicadas las estaciones hidrométricas en análisis, en la Tabla No. 13 se muestra la caracterización de las microcuencas en función de los parámetros obtenidos, tomando como referencia los conceptos descritos en la sección 1.10:

Tabla 13. Clasificación de las microcuencas.

ESTACIONES	ÁREA DE LA CUENCA	FORMA	RELIEVE	TENDENCIA	SINUOSIDAD	TIPO DE CUENCA
H0625	PEQUEÑA	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	BAJA	EXORREICA
H0617	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0619	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0620	GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0621	PEQUEÑA	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0627	PEQUEÑA	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	MUY ESCARPADO	BAJA	BAJA	EXORREICA
H0526	PEQUEÑA	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0528	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0529	GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0530	GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0531	GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0588	INTERMEDIA PEQUEÑA	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	BAJA	EXORREICA
H0590	PEQUEÑA	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0592	PEQUEÑA	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	BAJA	EXORREICA
H0587	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0589	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0591	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
H0887	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIO	EXORREICA
H0889	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	ALTA	EXORREICA
H0912	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	MEDIA	EXORREICA
CONVERGENCIA	INTERMEDIA GRANDE	DE OVAL OBLONGA A RECTANGULAR	FUERTE ACCIDENTADO	BAJA	BAJA	EXORREICA

Fuente: Fernández de la Vega, 2012.

Elaboración: Propia.

2.6. Análisis regional hidrológico

2.6.1. Introducción

La irregular distribución espacial y temporal de la lluvia y escurrimiento de ríos, ha propiciado la construcción de obras para el control y el aprovechamiento hidráulico. Debido a la naturaleza aleatoria de los fenómenos hidrológicos, es necesario modelarlos a través de un enfoque probabilístico.

Para calcular o estimar la probabilidad de ocurrencia de cierto evento, se utiliza la técnica estadística del análisis de frecuencias; los cuales sustentan el análisis de frecuencias de eventos extremos, en donde se consideran las situaciones donde la información hidrométrica es suficiente, escasa o nula. Para información escasa o nula se desarrollan las llamadas técnicas regionales hidrológicas, que van desde la extensión de registros por correlación lineal, hasta la aplicación de distribuciones multivariadas para valores extremos.

Los procesos hidrológicos, como todo proceso natural, son de forma circunstancial, es decir, que se rigen por las leyes del azar o de la probabilidad. Debido a lo anterior, es posible describir mediante modelos matemáticos la variación aleatoria de un conjunto de observaciones en proceso, en este caso, los fenómenos hidrológicos (lluvia y escurrimiento).

Para realizar el análisis regional hidrológico para eventos extremos, se propone la siguiente metodología basada en técnicas estadísticas hidrológicas:



Figura 21: Metodología para el análisis hidrológico (Eventos máximos).

Fuente: Escalante Sandoval & García, 2005.

Elaboración: Propia.

2.6.2. Análisis de calidad y cantidad de información hidrométrica

Se realiza la recopilación de información existente en dos instituciones SENAGUA e INHAMI de las estaciones hidrométricas de interés para la zona de estudio. Estas se encuentran registradas como se muestra en las tablas No. 14-17 y, en la figura No. 25 se puede observar la ubicación geográfica de las mismas.

Tabla 14. Estaciones hidrométricas-Cuenca Catamayo

CUENCA CATAMAYO					
NOMBRE	CODIGO	PERIODO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
ALAMOR EN PTE MERCADILO	H0625	1967 - 2012	3G 36' 42" S	79G 12' 54" W	1080
ARENAL EN PTE. BOQUERON	H0617	1963-2015	4G 03' 15" S	79G 22' 22 W	1143
CANAL ARENAL	H0619	1964-2014	4G 03' 15" S	79G 22' 22 W	1143
CATAMAYO EN PTE. SANTA ROSA	H0620	1978-1982	4G 09' 38.4" S	79G 51' 43.6 W	641
JORUPE EN AMALUZA	H0621	1977 - 2013	4G 34' 39" S	79G 25' 31" W	1762
UCHIMA AJ CHAMBA	H0627	1967 - 2013	4G 13' 55" S	79G 12' 6" W	1603

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 15. Estaciones hidrométricas-Cuenca Jubones

CUENCA JUBONES					
NOMBRE	CODIGO	PERIODO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
PAQUISHAPA EN PTE. CARRETERA	H0526	1963-2014	3G 36' 55" S	79G 12' 35" W	2206
JUBONES D.J. MINAS	H0528	1974-2014	3G 16' 00" S	79G 13' 56" W	1120
JUBONES D.J. SN. FRANCISCO	H0529	1964-2013	3G 18' 26" S	79G 30' 33" W	712
JUBONES EN USHCURRUMI	H0530	1962-2014	3G 19' 19" S	79G 36' 21" W	282
CASACAY A.J. JUBONES	H0531	1972-2014	3G 19' 30" S	79G 42' 42" W	134

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 16. Estaciones hidrométricas-Cuenca Puyango

CUENCA PUYANGO					
NOMBRE	CODIGO	PERIODO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
AMARILLO EN PORTOVELO	H0588	1963 - 2000	3G 42' 44" S	79G 36' 45" W	680
MARCABELI AJ PUYANGO	H0590	1978 - 1992	3G 48' 37" S	79G 55' 55" W	454
MOROMORO EN MOROMORO	H0592	1985 - 1992	3G 41' 18" S	79G 44' 27" W	829
PINDO AJ AMARILLO	H0587	1963 - 2013	3G 45' 43" S	79G 38' 8" W	520
PUYANGO AJ MARCABELI	H0589	1978 - 1997	3G 49' 27" S	79G 55' 47" W	349
PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	H0591	1965 - 2013	3G 53' 0" S	80G 4' 47" W	300

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 17. Estaciones hidrométricas-Cuenca Santiago

CUENCA SANTIAGO					
NOMBRE	CODIGO	PERIODO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
YACUAMBI A.J. ZAMORA	H0887	1975-2013	3G 54' 45" S	78G 50' 54" W	961
ZAMORA D.J. SABANILLA	H0889	1973-2015	4G 03' 37" S	78G 56' 54" W	902
YACUAMBI EN LA PAZ	H0912	1979-2013	3G 43' 37" S	78G 53' 10" W	958

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

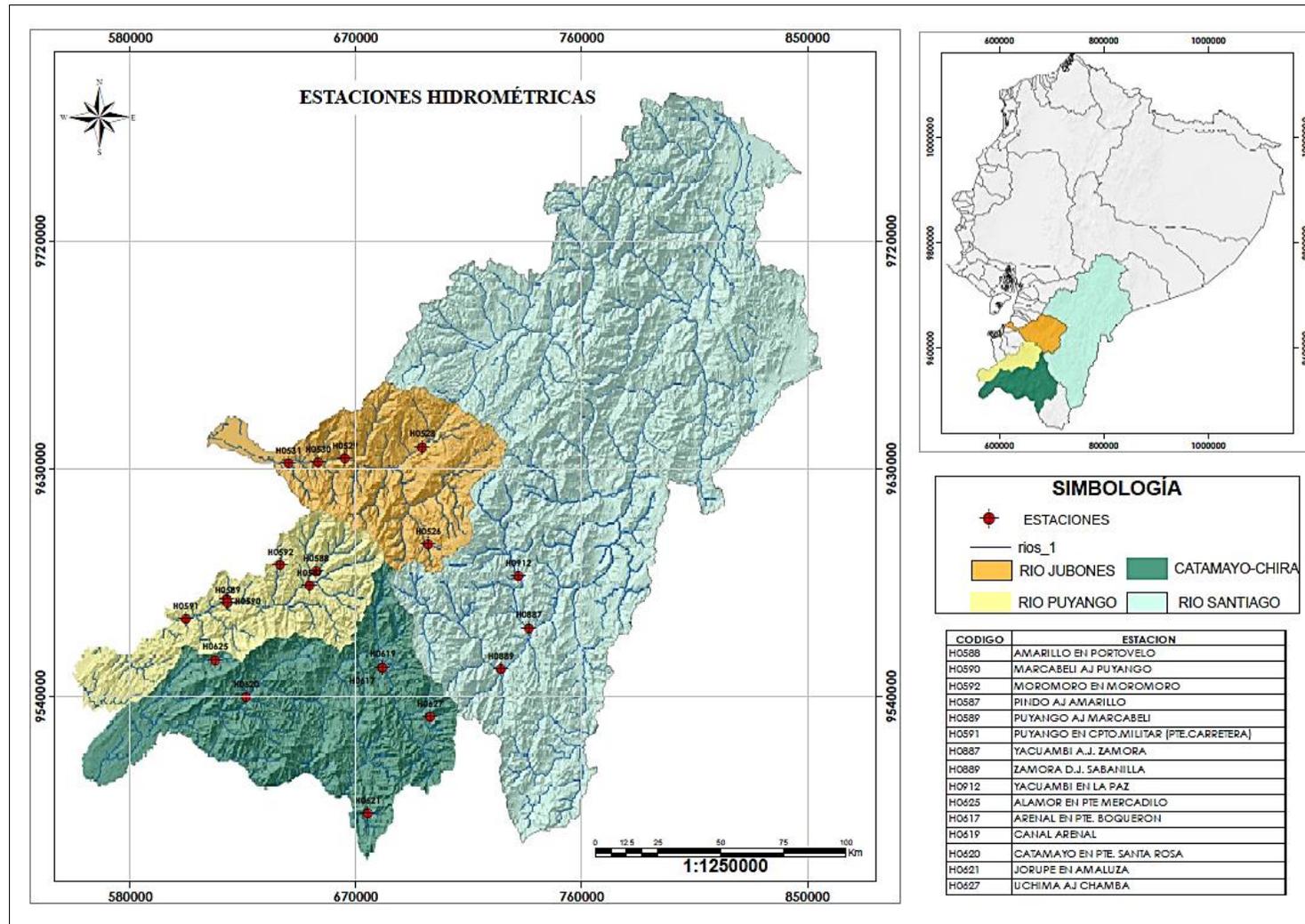


Figura 22: Estaciones hidrométricas
Fuente: INHAMI, 2017.
Elaboración: Propia.

Como se puede observar, para realizar el análisis de calidad y cantidad de información se dispone de 20 estaciones hidrométricas con registros de caudales medios diarios ubicadas en las cuencas de Catamayo, Jubones, Puyango y Santiago. Esta información se constituye en la base de datos disponible para aplicar la técnica de análisis regional hidrológico en el punto de interés, denominado como Convergencia de los ríos Calera y Amarillo.

Los registros de caudales medios diarios fueron ordenados cronológicamente desde el primer día de registro hasta el último, con la finalidad de realizar un análisis completo y detallado de porosidad de las estaciones hidrométricas disponibles, tal como se muestra en la tabla No. 18.

Tabla 18. Análisis de calidad y cantidad

<i>CÓDIGO</i>	H0591	H0616	H1142	H0621	H0590	H0592	H0587	H0627	H0617	H0589
<i>ELEVACIÓN</i>	1080	247	1762	450	800	520	360	1603	1143	300
<i>INICIA REGISTRO</i>	01/01/1 965	01/01/1 965	01/02/2 005	01/01/1 978	01/11/1 978	01/01/1 985	01/10/1 963	01/12/1 966	01/09/1 963	01/01/1 979
<i>FINALIZA REGISTRO</i>	31/12/2 013	31/12/2 013	31/12/2 011	31/12/2 013	31/07/1 992	31/03/1 992	30/09/2 013	31/12/2 013	31/12/2 015	31/12/1 997
<i>TOTAL DE DÍAS</i>	17897	17897	2525	13149	5022	2647	18263	17198	19115	6940
<i>TOTAL DE AÑOS</i>	49.0	49.0	6.9	36.0	13.8	7.3	50.0	47.1	52.4	19.0
<i>DÍAS CON REGISTRO</i>	16892	15061	10622	11612	3378	2492	16470	14061	14577	5620
<i>AÑOS CON REGISTRO</i>	46.3	41.3	29.1	31.8	9.3	6.8	45.1	38.5	39.9	15.4
<i>DÍAS SIN REGISTRO</i>	1005	2836	8097	1537	1644	155	1793	3137	4538	1320
<i>AÑOS SIN REGISTRO</i>	2.8	7.8	22.2	4.2	4.5	0.4	4.9	8.6	12.4	3.6
<i>PORCENTAJE FALTANTE (%)</i>	5.62	15.85	320.67	11.69	32.74	5.86	9.82	18.24	23.74	19.02
<i>MÁXIMO ESCURRIMIENTO DIARIO</i>	1581	953.26	890.4	93.3	177.5	53.92	257.53	58.19	322.37	590.77
<i>DÍA DE MÁX ESCURRIMIENTO DIARIO</i>	10/02/1 996	08/04/1 982	29/02/1 980	31/07/2 009	28/04/1 983	16/02/1 992	01/03/2 008	20/04/1 976	12/08/2 007	04/03/1 993
<i>MEDIA</i>	83.49	2.00	14.05	3.17	1.37	2.31	25.80	2.51	22.73	62.28
<i>DESVIACIÓN ESTANDAR</i>	101.4	14.50	23.16	3.23	7.07	3.21	27.03	2.74	22.67	69.72
<i>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</i>	1.22	7.26	1.65	1.02	5.17	1.39	1.05	1.09	1.00	1.12

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 18.

CÓDIGO	H0619	H0620	H0887	H0889	H0912	H0526	H0528	H0529	H0530	H0531
ELEVACIÓN	1143	641	961	902	958	2206	1120	712	282	134
INICIA REGISTRO	15/02/1 964	01/06/1 978	11/02/1 975	03/12/1 973	02/02/1 979	01/09/1 963	01/02/1 974	19/02/1 964	01/01/1 967	17/08/1 972
FINALIZA REGISTRO	31/12/2 014	24/04/1 983	31/12/2 013	31/05/2 015	31/12/2 013	24/12/2 014	31/03/2 014	13/12/2 013	31/03/2 014	31/03/2 014
TOTAL DE DÍAS	18583	1789	14204	15155	12752	18743	14669	18196	17257	15202
TOTAL DE AÑOS	50.9	4.9	38.9	41.5	34.9	51.4	40.2	49.9	47.3	41.6
DÍAS CON REGISTRO	13239	1548	8199	12319	4329	9887	4915	13198	16956	9636
AÑOS CON REGISTRO	36.3	4.2	22.5	33.8	11.9	27.1	13.5	36.2	46.5	26.4
DÍAS SIN REGISTRO	5344	241	6005	2836	8423	8856	9754	4998	301	5566
AÑOS SIN REGISTRO	14.6	0.7	16.5	7.8	23.1	24.3	26.7	13.7	0.8	15.2
PORCENTAJE FALTANTE (%)	28.76	13.47	42.28	18.71	66.05	47.25	66.49	27.47	1.74	36.61
MÁXIMO ESCURRIMIENTO DIARIO	3.978	218.09	1555.1	1102.6	1103.9	70.151	261.92	2056.8	889.05	55.33
DÍA DE MÁX ESCURRIMIENTO DIARIO	05/07/2 011	13/04/1 984	11/06/2 002	11/06/2 001	09/07/2 014	10/07/2 012	26/03/2 004	01/05/1 997	19/03/1 971	29/03/1 994
MEDIA	0.73	28.29	153.5	79.54	93.14	4.21	30.60	46.08	47.17	3.36
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.37	23.64	132.9	68.24	76.90	3.81	29.31	68.11	46.72	3.55
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.51	0.84	0.87	0.86	0.83	0.91	0.96	1.48	0.99	1.06

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Realizado este análisis, se pasa a obtener los valores de gasto máximo anual de cada una de las estaciones hidrométricas presentes en las cuencas de Catamayo (Tabla 19), Jubones (Tabla 20), Puyango (Tabla 21) y Santiago (Tabla 22). Estos gastos, serán la serie de registros necesarios para aplicar los análisis de frecuencias de distribución de probabilidad para eventos extremos.

Tabla 19. Valores de escurrimiento máximo (Q m³/s) - Cuenca Catamayo

CUENCA CATAMAYO Qmax (m ³ /s)						
AÑO	ALAMOR_PTE MERCADILLO H0625	ARENAL_PTE BOQUERÓN H0617	CANAL ARENAL H0619	CATAMAYO_PTE STA ROSA H0620	JORUPE_AMALUZA H0621	UCHIMA_AJ CHAMBA H0627
1963		53.292				
1964		126.734				
1965		89.401	2.078			
1966		64.061	0.874			
1967	202.3	95.836	0.936			
1968	2.029	119.507	1.128			
1969	11.294	111.854	0.837			
1970	8.593	204.145	0.862			
1971	14.551	110.281	0.796			
1972	14.682	70.782	2.331			
1973	17.551	151.96	0.81			
1974	7.399	143.202	1.366			
1975	205	122.735	1.586			
1976	33.034	12.155				
1977	13.615	60.269				
1978	7.1	46.871	1.022		15.014	4.3
1979	6.356	45.612	1.967	80.033	15.014	16.6
1980	15.909	124.793	1.695	81.454	49.6	
1981	32.797	70.361	1.709	82.852	75.4	1.7
1982	953.268	56.518	1.404	78.265	8.346	172.4
1983	20.628	82.237	1.187	81.858	29.261	177.5
1984	0.961	98.273	1.362	218.094	15.014	26.5
1985	6.132	72.058	1.452		14.133	19.3
1986	6.119	48.983	1.452		16.087	36.6
1987	3.2	34.96	2.841		43.2	71.7
1988	73.49	81.125			13.086	25.7
1989	2.104	133.037			21.673	130.4
1990	73.382	26.777	1.294		18.759	61.6

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 19.

CUENCA CATAMAYO Qmax (m ³ /s)						
AÑO	ALAMOR_PTE MERCADILLO H0625	ARENAL_PTE BOQUERÓN H0617	CANAL ARENAL H0619	CATAMAYO_PTE STA ROSA H0620	JORUPE_AMALUZA H0621	UCHIMA_AJ CHAMBA H0627
1991	74.335	69.504	1.557		16.728	13.684
1992	581.14	30.752	1.572		11.482	6.63
1993	78.127	52.807	1.557		92.5	13.283
1994	75.57	118.829	1.557		16.658	6.109
1995	9.096	60.83	1.678		70.4	4.51
1996	159.1	73.247	1.617		17.575	6.014
1997	253.76	29.82	1.226		17.635	11.774
1998	329.032	67.027	1.15		55.3	7.279
1999	578.265	75.267	1.15		16.427	10.046
2000	73.57		1.709		20.945	10.892
2001	0.486		1.2		25.548	14.444
2002	74.633				16.728	24
2003	5.989					10.892
2004	16.446					14.827
2005	128.898	294.831	1.741			15.017
2006	7.041	284.036	3.022		8.487	12.684
2007	127.862	322.37	1.874		21.414	9.69
2008	20.31	270.724	1.903		24.098	15.53
2009	54.775	182.113	3.481		93.3	12.703
2010	6.117	132.932	1.87		79.1	7.249
2011	32.763	200.913	3.978		74.8	5.957
2012	32.763	0	1.337		11.484	7.399
2013	0	60.565	1.278		10.05	9.266
2014	0	50.023	1.086		3.65	
2015	0	63.655	1.104			

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 20. Valores de escurrimiento máximo (Q m³/s) – Cuenca Jubones

CUENCA JUBONES Qmax (m ³ /s)					
AÑO	PAQUISHAPA PTE CARRTERA H0526	JUBONES DJ MINAS H0528	JUBONES DJ SN FRANCISCO H0529	JUBONES EN USHCURRUMI H0530	CASACAY AJ JUBONES H0531
1963					
1964	9.846		371.547		
1965	12.755		346.143		
1966	12.302		176.149		
1967	12.087		321.85	265.819	
1968	11.675		223.522	215.371	
1969	12.295		242.008	516.619	
1970	12.295		700.581	429.335	
1971	12.295		538.611	889.052	
1972	12.755		332.739	292.859	13.491
1973	12.295		359.759	759.944	30.142
1974	12.295		409.746	512.017	12.54
1975	12.295	248.703	759.605	529.864	20.639
1976	47.385	211.808	653.24	425.772	32.132
1977	70.057	235.167	343.125	284.066	25.949
1978	32.124	242.22		291.79	24.459
1979	41.312	97.538		258.74	11.112
1980	23.23		40.286	307.664	18.806
1981	37.675		454.752	349.01	15.911
1982	57.149		256.415	281.924	53.89
1983	29.946		515.252	407.854	36.697
1984			320.399	416.321	
1985			142.701	153.682	3.732
1986				123.563	
1987			26.581	150.178	
1988				145.068	6.531
1989			164.602	294.532	2.424

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 20.

CUENCA JUBONES Qmax (m ³ /s)					
AÑO	PAQUISHAPA PTE CARRTERA H0526	JUBONES DJ MINAS H0528	JUBONES DJ SN FRANCISCO H0529	JUBONES EN USHCURRUMI H0530	CASACAY AJ JUBONES H0531
1990			177.262	118.522	6.537
1991			789.867	295.711	10.374
1992			768.341	162.884	28.673
1993		184.306	1309.9903	639.028	19.778
1994			1114.166	383.715	55.338
1995			359.582	155.835	
1996			484.186	420.968	
1997			2056.8041	394.947	
1998			1273.262	667.58	
1999				388.983	
2000			40.743	498.191	
2001			639.13	579.158	
2002		82.561	149.464	250.933	3.783
2003		254.195	424.331	219.157	9.668
2004		261.92	186.589	252.639	26.673
2005		205.023	208.089	264.762	7.754
2006		42.774	233.086	385.705	21.401
2007	40.13	160.071	110.255	475.017	16.037
2008	31.387	163.837	322.348	538.366	39.285
2009	37.01	90.712	213.607	167.194	29.652
2010	48.769	109.869	148.536	155.054	23.552
2011	63.343	136.804	275.892	371.831	13.255
2012	70.151	212.786	59.485	70.328	35.96
2013	25.577	158.388	205.94	236.008	8.13
2014	62.076	114.094		269.406	10.066

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 21. Valores de escurrimiento máximo (Q m3/s) - Cuenca Puyango

CUENCA PUYANGO Qmax (m ³ /s)						
AÑO	AMARILLO_P ORTOVELO H0588	MARCABELI_ AJ PUYANGO H0590	MOROMORO_M OROMORO H0592	PINDO_AJ AMARILLO H0587	PUYANGO_AJ MARCABELÍ H0589	PUYANGO_CPT O MILITAR H0591
1963		16.803			46.5	
1964		78.672			83.903	
1965	483.17	55.028			139.736	
1966	281.048	77.2			120.599	
1967	518	802.8			78.413	
1968	261.181	50.848			115.14	
1969	497.248	153.3			201.086	
1970	283.457	47.314			101.341	
1971	608.066	186.9			170.94	
1972	826.62	781.3			126.229	
1973	724.734	110.185			138.489	
1974	445.486	73.156			212.54	
1975	755.147	108.345			155.807	
1976	987.726	101.108			247.623	
1977	357.711	58.49			62.037	
1978	461.542	56.703	4.3		89.924	
1979	418.525	70.621	16.6		114.808	362.531
1980	416.385	890.4			109.676	400.791
1981	872.881	83.361	1.7		151.046	438.1
1982	665.396	83.374	172.4		176.328	565.533
1983	887.034	876.9	177.5		131.15	516.1
1984	859.637	55.413	26.5		95.136	432.6
1985	484.8	545.1	19.3	12.828	65.13	175.955
1986	399.383	37.911	36.6	11.883	65.539	461.3
1987	470.344	49.374	71.7	31.482	67.585	364
1988	408.879	498.7	25.7	29.6	108.071	525.097
1989	744.545	72.243	130.4	46.247		555.727
1990	255.387	141	61.6	6.364		215.236

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 21.

CUENCA PUYANGO Qmax (m ³ /s)						
AÑO	AMARILLO_P ORTOVELO H0588	MARCABELÍ_AJ PUYANGO H0590	MOROMORO_M OROMORO H0592	PINDO_AJ AMARILLO H0587	PUYANGO_AJ MARCABELÍ H0589	PUYANGO_CPTO MILITAR H0591
1991	393.811	43.974	78.9	17.318	46.7	174.748
1992	369.647	84.615		53.929	154.642	390.1
1993	1219.2				233.391	590.774
1994	563.331				124.163	421.51
1995	105.656				184.3	462.9
1996	1581				149.933	442.955
1997	797.9				121.587	497.152
1998	927.638				141.274	
1999	801.677				170.511	
2000	844.328	3.127			252.055	
2001	579.729				149.443	
2002	641.293				62.723	
2003	307.405				76.093	
2004	377.471				97.391	
2005	427.541				80.588	
2006	619.915				130.936	
2007	571.864				155.463	
2008	863.998				257.537	
2009	582.889				119.463	
2010	488.506				102.936	
2011	509.718				140.976	
2012	538.298				144.41	
2013	439.762				253.773	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 22. Valores de escurrimiento máximo (Q m³/s) - Cuenca Santiago

CUENCA SANTIAGO Qmax (m ³ /s)			
AÑO	YACUAMBI AJ ZAMORA H0887	ZAMORA DJ SABANILLA H0889	YACUAMBI EN LA PAZ H0912
1973		80.106	
1974		647.249	
1975	811.18		
1976	970.63		
1977	1026.516		
1978	1150.363	236.196	
1979	634.419	486.672	702.788
1980	1056.761	268.263	930.343
1981	662.806	265.214	272.203
1982	544.464	351.105	260.542
1983	564.208	232.262	236.783
1984	996.815	389.825	
1985	896.809	334.297	494.945
1986	1153.199	437.623	109.917
1987	621.332	258.174	419.774
1988	867.614	417.816	454.021
1989	1011.477	536.521	582.042
1990	591.571	862.823	587.25
1991	1001.089	327.764	690.618
1992	1284.731	649.933	
1993	1102.449	470.264	566.406
1994		327.764	
1995	189.301	381.878	
1996	235.62	510.187	
1997	773.15	402.208	
1998		572.223	
1999		273.792	
2000		1102.572	
2001	1555.103	132.376	649.467
2002	1054.864	813.528	537.319
2003	1088.218	623.733	541.445
2004	1051.231	353.04	
2005	1120.164	415.039	
2006		809.93	
2007		333.88	
2008		419.172	
2009		611.491	
2010		628.842	
2011		619.922	
2012		568.004	
2013	918.582	694.027	1103.977
2014		988.387	
2015		80.106	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.6.3. Estadística hidrológica

Para analizar este tema se hace referencia al libro de libro: ESCALANTE SANDOVAL, Carlos Agustín y Lilia Reyes Chávez (2005). Técnicas Estadísticas en Hidrología. México, UNAM, Facultad de Ingeniería.

Los procesos hidrológicos, como todo proceso natural, son de carácter aleatorio, es decir, que se rigen por las leyes del azar o de la probabilidad. Debido a lo anterior, es posible describir mediante modelos matemáticos la variación aleatoria de un conjunto de observaciones en proceso, en este caso, los fenómenos hidrológicos (lluvia y escurrimiento).

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística contenida en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados. Para el ajuste de distribuciones de probabilidad existen varias técnicas de estimación de parámetros y varios criterios de selección de la mejor distribución.

2.6.3.1. Técnica de estimación de parámetros

Los problemas hidrológicos generalmente son analizados a través de modelos estadísticos, los cuales se componen de una serie de parámetros que deben cumplir con ciertas propiedades:

- *Sesgo Nulo.*- un estimador $\hat{\theta}$ de un parámetro poblacional θ se dice que tiene sesgo nulo cuando $E(\hat{\theta}) = \theta$, de lo contrario es sesgado. El sesgo se obtiene como $B = E(\hat{\theta}) - \theta$
- *Consistencia.*- un estimador $\hat{\theta}$ de un parámetro poblacional θ se dice consistente si para cualquier número positivo $\varepsilon \lim_{n \rightarrow \infty} P(|\hat{\theta} - \theta| > \varepsilon) = 0$. Donde n es el tamaño de la muestra.
- *Eficiencia.*- un estimador $\hat{\theta}$ se dice el más eficiente para θ si tiene sesgo nulo y su varianza es al menos tan pequeña como cualquier otro estimador de sesgado para θ .
- *Suficiencia.*- $\hat{\theta}$ es un estimador suficiente de θ , si $\hat{\theta}$ emplea toda la información relevante en la muestra.

En resumen, se dice que una técnica de estimación es robusta si es consistente, eficiente y suficiente.

2.6.3.1.1. Método de los momentos

El método de los momentos es un procedimiento sencillo para encontrar un estimador de uno o más parámetros poblacionales. Consiste en igualar los momentos muestrales a los poblacionales (los que se obtienen a partir de la función de densidad). Los momentos muestrales, también conocidos como estadísticos muestrales, se obtienen de las siguientes expresiones:

- Media

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Ecuación 8.

- Varianza sesgada

$$S_{sesg}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Ecuación 9.

- Varianza no sesgada

$$S_{insesg}^2 = \frac{n}{n-1} S_{sesg}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Ecuación 10.

- Coeficiente de asimetría sesgado

$$g_{sesg} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(S_{sesg}^2)^{3/2}}$$

Ecuación 11.

- Coeficiente de asimetría no sesgado

$$g_{insesg} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} g_{sesg}$$

Ecuación 12.

- Coeficiente de curtosis sesgado

$$k_{sesg} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(S_{sesg}^2)^2}$$

Ecuación 13.

- Coeficiente de curtosis no sesgado

$$k_{insesg} = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} k_{sesg}$$

Ecuación 14.

- Desviación estándar

$$S = \sqrt{S^2}$$

Ecuación 15.

- Coeficiente de variación

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}}$$

Ecuación 16.

Como ejemplo para obtener el estimador por momentos $\hat{\beta}$ del parámetro β , si la función es $f(x) = \beta e^{-\beta x}$ con $x > 0$:

- Momento poblacional:

$$\mu = E(x) = \int_{-w}^w x f(x) dx$$

$$u = E(x) = \int_{-w}^w x \beta e^{-\beta x} dx = \frac{1}{\beta}$$

- Momento muestral:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

Igualando $\frac{1}{\beta} = \bar{x}$ tenemos el estimador por momentos:

$$\hat{\beta} = \frac{1}{\bar{x}}$$

En el análisis hidrológico se recomienda el uso de los estadísticos no sesgados, ya que generalmente se trabaja con muestras relativamente pequeñas.

2.6.3.1.2. Método máxima verosimilitud

Sea $f(x, a_1, a_2, \dots, a_m)$ una función de densidad de probabilidad de x , con parámetros $\theta_i; i = 1, \dots, m$. Debido a que la muestra es aleatoria, la función de densidad conjunta se puede escribir como:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n; a_1, a_2, \dots, a_m) = \prod_{i=1}^n f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)$$

Ecuación 17.

Interpretando en forma conceptual, la probabilidad de obtener la muestra aleatoria x_1, x_2, \dots, x_n a partir de la población x , es proporcional al producto de sus densidades de probabilidad individual, esta función conjunta es llamada, la función de verosimilitud L :

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)$$

Ecuación 18.

Los parámetros son desconocidos y son estimados al maximizar L , pero debido a que se obtiene el logaritmo natural de L , se llega a alcanzar su máximo, y las expresiones que se obtienen son mucho más fáciles de manipular aplicando la siguiente ecuación:

$$\ln L = \ln \prod_{i=1}^n f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)$$

Ecuación 19.

El procedimiento para estimar los parámetros o la determinación del punto donde la función alcanza su máximo, implicad la diferencia de L o de $\ln L$ parcialmente, con respecto a cada parámetro e igualando a cero. Por lo que se generan m ecuaciones con m incógnitas, pudiendo resolverse para cada m parámetro desconocido.

$$\frac{\partial_L(a_1, a_2, \dots, a_m)}{\delta a_1} = 0$$

Ecuación 20.

$$\frac{\partial_L(a_1, a_2, \dots, a_m)}{\delta a_2} = 0$$

Ecuación 21.

$$\frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_m)}{\partial a_m} = 0$$

Ecuación 22.

Como ejemplo para obtener el estimador por momentos $\hat{\beta}$ del parámetro β , si la función es $f(x) = \beta e^{-\beta x}$ con $x > 0$:

Empleando:

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_i; \beta) = \beta^n e^{-\beta \sum_{i=1}^n x_i}$$

$$\ln L = n \ln \beta - \beta \sum_{i=1}^n x_i$$

Diferenciado $\ln L$ con respecto a β e igualando a cero, se tiene:

$$\frac{\delta \ln L}{\delta \beta} = \frac{n}{\beta} - \beta \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

Resolviendo:

$$\frac{n}{\beta} = \sum_{i=1}^n x_i; \frac{1}{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\frac{1}{\beta} = \bar{x} \text{ por lo tanto } \hat{\beta} = \frac{1}{\bar{x}}$$

2.6.3.1.3. Método de momentos de probabilidad pesada

Green Wood et al (1979) introdujeron el método de probabilidad pesada y mostraron su utilidad en la estimación de parámetros de distribuciones cuyas formas inversas $x = x f(x)$ se definen explícitamente.

Si $M_{i,0,k}$ existe y x es una función continua de f , entonces $M_{i,j,k}$ también existe.

Si $M_{i,0,k} = M_k$ se puede obtener un estimador no sesgado para M_k y para k (entero no negativo), si $x_i, i = 1, \dots, n$ son los valores ordenados de mayor a menor.

$$\hat{M}_{(k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-k} x_i \left(\frac{\frac{n-i}{k}}{\frac{n-1}{k}} \right)$$

Ecuación 23.

$$\widehat{M}_{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Ecuación 24.

$$\widehat{M}_{(1)} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} x_i(n-i)$$

Ecuación 25.

$$\widehat{M}_{(2)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-2} x_i(n-1)(n-i-1)$$

Ecuación 26.

$$\widehat{M}_{(3)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^{n-3} x_i(n-1)(n-i-1)(n-i-2)$$

Ecuación 27.

2.6.3.1.4. Momentos L

Los momentos L son análogos a los momentos convencionales, sin embargo, tienen cierta ventaja sobre ellos, ya que son capaces de caracterizar a un mayor número de distribuciones, además de estar virtualmente libres de sesgo, aún para muestras pequeñas.

Los primeros cuatro momentos L son:

$$\lambda_1 = \beta_0$$

Ecuación 28.

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$$

Ecuación 29.

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 - \beta_0$$

Ecuación 30.

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0$$

Ecuación 31.

Donde:

$$\beta_r = M_{i,r,0} = \int_0^1 xF^r dF$$

Ecuación 32.

Los estimadores muestrales de los momentos L se pueden obtener al sustituir los estimadores insesgados en las ecuaciones 30-31-32 y 33.

Los primeros momentos L poblacionales se pueden obtener como:

$$\lambda_1 = \int_0^1 x(F) dF$$

Ecuación 33.

$$\lambda_2 = \int_0^1 x(F)(2F - 1) dF$$

Ecuación 34.

$$\lambda_3 = \int_0^1 x(F)(6F^2 - 6F + 1) dF$$

Ecuación 35.

$$\lambda_4 = \int_0^1 x(F)(20F^3 - 30F^2 + 12F - 1) dF$$

Ecuación 36.

Una vez conocidos $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ y λ_4 se pueden obtener las relaciones de los momentos L:

$$\text{Coeficiente de variación-L} = \zeta_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Ecuación 37.

$$\text{Coeficiente de sesgo-L} = \zeta_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}$$

Ecuación 38.

$$\text{Coeficiente de curtosis-L} = \zeta_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_3}$$

Ecuación 39.

2.6.3.2. **Distribuciones de probabilidad**

Se define como distribución de probabilidad a toda la gama de valores que pueden representarse como resultado de un experimento si éste se lleva a cabo. Es decir, describe la probabilidad de que un evento se realice a futuro, lo que implica que se puede diseñar un escenario de acontecimientos futuros considerando las tendencias actuales de diversos fenómenos naturales (Cruzariza, 2012).

Obtenidos los gastos máximos anuales se aplica el análisis de frecuencia de distribuciones de probabilidad a la serie de registro de cada una de las estaciones hidrométricas; los cuales se emplean para la estimación de eventos Qt/Pt, asociados a diferentes períodos de retorno (Tr) en el sitio del proyecto. Los modelos de distribución de probabilidad aplicados son: Gumbel, Normal, Log Normal de 2 parámetros, Gamma de 2 y 3 parámetros, Distribución general de valores extremos (GVE), Pearson tipo III y NASH.

Los modelos de distribución de probabilidad para el análisis, se muestran a continuación:

2.6.3.2.1. *Distribución de Gumbel*

Función de distribución:

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Ecuación 40.

Eventos de diseño

$$\bar{X}_T = \hat{v} - \hat{\alpha} \ln[-\ln(F(x))]$$

Ecuación 41.

Donde:

\hat{v} - Parámetro de ubicación

$\hat{\alpha}$ - Parámetro de escala

2.6.3.2.1.1. *Estimadores Gumbel por momentos*

$$\hat{v} = \bar{x} - 0.45S$$

Ecuación 42.

$$\hat{\alpha} = 0.78S$$

Ecuación 43.

2.6.3.2.1.2. *Estimadores Gumbel máxima verosimilitud*

$$P = n - \sum_{i=1}^n e^{-\gamma_i}$$

Ecuación 44.

$$R = n - \sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n y_i e^{-y_i}$$

Ecuación 45.

$$y_i = \frac{x_i - v}{\alpha}$$

Ecuación 46.

El criterio de convergencia es

$$\frac{P}{\hat{\alpha}} \approx 0 \quad \frac{R}{\hat{\alpha}} \approx 0$$

Ecuación 47.

Los incrementos son

$$\delta_{v_j} = (1.11P_j - 0.26R_j) \frac{\sigma_i}{n}$$

Ecuación 48.

$$\delta_{\alpha_j} = (0.26P_j - 0.61R_j) \frac{\mu_i}{n}$$

Ecuación 49.

Nuevos valores

$$\hat{v}_{j+1} = \hat{v}_j + \delta_{v_j}$$

Ecuación 50.

$$\hat{\alpha}_{j+1} = \hat{\alpha}_j + \delta_{\alpha_j}$$

Ecuación 51.

2.6.3.2.1.3. Estimadores Gumbel momentos-L

$$\hat{v} = \hat{\lambda}_1 - 0.577216\hat{\alpha}$$

Ecuación 52.

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{\lambda}_2}{\ln(2)}$$

Ecuación 53.

$$\hat{\lambda}_1 = \hat{\beta}_o$$

Ecuación 54.

$$\hat{\lambda}_2 = 2\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_0$$

Ecuación 55.

$$\hat{\beta}_0 = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

Ecuación 56

$$\hat{\beta}_1 = \sum_{i=1}^n \frac{X_i(n-i)}{n(n-1)}$$

Ecuación 57.

2.6.3.2.1.4. Estimadores Gumbel máxima entropía

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Ecuación 58.

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e^{-y_i}$$

Ecuación 59.

y_i se calcula con la ecuación (46)

El criterio de convergencia es

$$|0.577216 - P| \approx 0 \text{ y } |1 - R| \approx 0$$

Ecuación 60.

Los incrementos son

$$\delta_{\alpha_j} = 0.4228 + P_j + \ln(R_j)$$

Ecuación 61.

$$\delta_{\nu_j} = P_j - 0.577216\delta_{\alpha_j}$$

Ecuación 62.

Nuevos valores

$$\hat{\nu}_{j+1} = \hat{\nu}_j + \delta_{\nu_j}$$

Ecuación 63.

$$\hat{\alpha}_{j+1} = \hat{\alpha}_j + \delta_{\alpha_j}$$

Ecuación 64.

2.6.3.2.2. Distribución Normal

Función de distribución

$$f(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

Ecuación 65.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (-\infty < x < \infty)$$

Ecuación 66.

Eventos de diseño:

$$\widehat{X}_T = \hat{\mu} + \hat{\sigma}\widehat{U}_T$$

Ecuación 67.

Donde

μ - parámetro de ubicación

σ - parámetro de escala

g – coeficiente de asimetría=0

k – coeficiente de curtosis=3

$$\widehat{U}_T = V - \frac{b_0 + b_1V + b_2V^2}{1 + b_3V + b_4V^2 + b_5V^3}$$

Ecuación 68.

$$b_0 = 2.515517$$

$$b_1 = 0.802853$$

$$b_2 = 0.010328$$

$$b_3 = 1.432788$$

$$b_4 = 0.189269$$

$$b_5 = 0.001308$$

$$V = \sqrt{\ln \left\{ \frac{1}{[F(x)]^2} \right\}}$$

Ecuación 69.

$$F(x) = \frac{1}{T}$$

Ecuación 70.

T= periodo de retorno en años

Para $0.5 < F(x) \leq 1$ se cambia el $F(x)$ de (54) por $[1 - F(x)]$ y el signo al valor de \hat{U}_T .

2.6.3.2.2.1. *Estimadores normal por momentos y máxima verosimilitud*

$$\hat{\mu} = \bar{x}$$

Ecuación 71.

$$\hat{\sigma} = S$$

Ecuación 72.

2.6.3.2.2.2. *Estimadores normal por momentos-L*

$$\hat{\mu} = \lambda_1$$

Ecuación 73.

$$\hat{\sigma} = 1.772 \lambda_2$$

Ecuación 74.

$\hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2, \hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ se calculan igual que en las ecuaciones (68-69-70-71) respectivamente.

2.6.3.2.3. *Distribución Log-normal con 2 parámetros*

Función de distribución

$$F(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x)-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2} \quad x > 0$$

Ecuación 75.

Donde

μ_y - parámetro de ubicación

σ_y - parámetro de escala

$\gamma > 0$

2.6.3.2.3.1. *Estimadores por momentos y máxima verosimilitud*

$$\hat{\mu}_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x$$

Ecuación 76.

$$\hat{\sigma}_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - \hat{\mu}_y)^2}{n}$$

Ecuación 77.

2.6.3.2.4. *Distribución Gamma con dos parámetros*

Función de distribución

$$F_{(x)} = \int_0^x \frac{x^{\beta-1} e^{-x/\alpha}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} dx \quad 0 < x < \infty$$

Ecuación 78.

Eventos de diseño

$$\hat{X}_T = \hat{\alpha} \hat{\beta} \left\{ 1 - \frac{1}{9\hat{\beta}} + \hat{U}_T \sqrt{\frac{1}{9\hat{\beta}}} \right\}^3$$

Ecuación 79.

Donde

$\hat{\beta}$ - parámetro de forma

$\hat{\alpha}$ - parámetro de escala

$\Gamma(\beta)$ - función Gamma completa

Además

$$\mu = \beta\alpha$$

Ecuación 80.

$$\sigma^2 = \alpha^2\beta$$

Ecuación 81.

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta}}$$

Ecuación 82.

2.6.3.2.4.1. Estimadores Gamma 2 momentos

$$\hat{\alpha} = \frac{S^2}{\bar{x}}$$

Ecuación 83.

$$\hat{\beta} = \left(\frac{\bar{x}}{S}\right)^2$$

Ecuación 84

2.6.3.2.4.2. Estimadores Gamma 2 máxima verosimilitud

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{x}}{\hat{\beta}}$$

Ecuación 85.

El estimador $\hat{\beta}$ se obtiene al resolver

$$F(\hat{\beta}) = \hat{\mu}_y - \ln(\hat{\mu}_y) + \ln(\hat{\beta}) - \psi(\hat{\beta})$$

Ecuación 86.

Empleando como valor inicial el parámetro $\hat{\beta}$

$$\hat{\beta} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3}C}}{4C}$$

Ecuación 87.

$$C = \ln\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i\right) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i) = \ln(\bar{x}) - \bar{y}$$

Ecuación 88.

La derivada de $F(\hat{\beta})$ es

$$F'(\hat{\beta}) = \frac{1}{\hat{\beta}} - \psi'(\hat{\beta})$$

Ecuación 89.

La aproximación Thom de la función digamma de $\hat{\beta}$ es

$$\psi(\hat{\beta}) \approx \ln(\hat{\beta}) - \frac{1}{2\hat{\beta}} - \frac{1}{12(\hat{\beta})^2}$$

Ecuación 90.

La aproximación de la función trigamma de $\hat{\beta}$ es

$$\psi'(\hat{\beta}) = \frac{1}{(\hat{\beta} + 2)} + \frac{1}{2(\hat{\beta} + 2)^2} + \frac{1}{6(\hat{\beta} + 2)^3} + \frac{1}{30(\hat{\beta} + 2)^5} + \frac{1}{42(\hat{\beta} + 2)^7} - \frac{1}{30(\hat{\beta} + 2)^9} + \frac{1}{(\hat{\beta} + 1)^2} + \frac{1}{\hat{\beta}^2}$$

Ecuación 91.

2.6.3.2.4.3. *Estimadores Gamma 2 momentos L*

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Ecuación 92.

Para $0 \leq \tau_2 < 0.5$

$$\hat{\beta} = \frac{(1 - 0.308z)}{(z - 0.05812z^2 + 0.01765z^3)}$$

Ecuación 93.

$$z = \pi\tau_2^2 = 3.1416\tau_2^2$$

Ecuación 94.

Para $0.5 \leq \tau_2 < 1$

$$\hat{\beta} = \frac{(0.7213z - 0.5947z^2)}{(1 - 2.1817z + 1.2113z^2)}$$

Ecuación 95.

$$z = 1 - \tau_2^2$$

Ecuación 96.

$$\hat{\alpha} = \frac{\bar{x}}{\hat{\beta}}$$

Ecuación 97.

2.6.3.2.5. Distribución Gamma con tres parámetros

Función de distribución

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x - x_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}$$

Ecuación 98.

$$x_0 \leq x < \infty \quad \alpha > 0 \quad \gamma > 0$$

Eventos de diseño

$$\hat{X}_T \approx \hat{X}_o + \hat{\alpha}\hat{\beta} \left\{ 1 - \frac{1}{9\hat{\beta}} + \hat{U}_T \sqrt{\frac{1}{9\hat{\beta}}} \right\}^3$$

Ecuación 99.

Donde

$\hat{\beta}$ - parámetro de forma

$\hat{\alpha}$ - parámetro de escala

\hat{X}_o - parámetro de ubicación

Además

$$\mu = X_o + \beta\alpha$$

Ecuación 100.

$$\sigma^2 = \alpha^2\beta$$

Ecuación 101.

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta}}$$

Ecuación 102.

$$k = 3 \left(1 + \frac{\gamma^2}{2} \right)$$

Ecuación 103.

2.6.3.2.5.1. *Estimadores Gamma 3 momentos*

$$\hat{\beta} = \frac{4}{g^2}$$

Ecuación 104.

$$\hat{\alpha} = \frac{S}{\sqrt{\hat{\beta}}}$$

Ecuación 105.

$$\hat{X}_0 = \bar{X} - S\sqrt{\hat{\beta}}$$

Ecuación 106.

2.6.3.2.5.2. *Estimadores Gamma 3 momentos de probabilidad pesada*

$$\hat{M}_0 = \hat{\beta}_0$$

Ecuación 107.

$$\hat{M}_1 = \hat{\beta}_1$$

Ecuación 108.

Donde $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ se obtienen de las ecuaciones (56) y (57), respectivamente.

$$\hat{M}_2 = \sum_{i=1}^{n-2} \frac{X_i(n-i)(n-i-1)}{n(n-1)(n-2)}$$

Ecuación 109

$$R = \frac{\hat{M}_2 - \left(\frac{\hat{M}_0}{3}\right)}{\hat{M}_1 - \left(\frac{\hat{M}_0}{2}\right)}$$

Ecuación 110.

Si $R < 0$ entonces $R = 2 - R$

$$CS = -20.15275973 + 20.0452245R$$

Ecuación 111.

$$H = -6.528013777 + 9.695774R$$

Ecuación 112.

$$CV = H \left[\left(\frac{\hat{M}_1}{\hat{M}_0} \right) - 0.5 \right]$$

Ecuación 113.

$$SD = H \left[\hat{M}_1 - \left(\frac{\hat{M}_0}{2} \right) \right]$$

Ecuación 114.

$$\hat{\beta} = \frac{4}{(CS)^2}$$

Ecuación 115.

$$\hat{\alpha} = \frac{\left[\left(\frac{|CS|}{CS} \right) SD \right]}{\sqrt{\hat{\beta}}}$$

Ecuación 116.

2.6.3.2.6. Distribución General de Valores Extremos (GVE)

Función de distribución

$$F_{(x)} = e^{-\left[1 - \left(\frac{x-v}{\alpha}\right)\beta\right]^{1/\beta}}$$

Ecuación 117.

Si $\beta = 0$ $-\infty < x < \infty$ la distribución es tipo I (Gumbel)

Si $\beta < 0$ $v + \frac{\alpha}{\beta} < x < \infty$ la distribución es tipo II (Fréchet)

Si $\beta > 0$ $-\infty < x < v + \frac{\alpha}{\beta}$ la distribución es tipo III (Weibull)

Eventos de diseño

$$\hat{X}_T = \hat{v} + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}} \left\{ 1 - \left(-\ln F_{(x)} \right)^\beta \right\}$$

Ecuación 118.

Donde

$\hat{\beta}$ - parámetro de forma

$\hat{\alpha}$ - parámetro de escala, $\hat{\alpha} > 0$

\hat{v} - parámetro de ubicación

La variable reducida GVE es

$$y = -\frac{1}{\beta} \ln \left[1 - \left(\frac{x - v}{\alpha} \right) \beta \right]^{1/\beta}$$

Ecuación 119.

2.6.3.2.6.1. Estimadores GVE momentos

Para $-11.35 < g < 1.1396$

$$\hat{\beta} = 0.279434 - 0.333535g + 0.048306g^2 - 0.023314g^3 + 0.00376g^4 - 0.000263g^5$$

Ecuación 120.

Para $1.14 < g < 18.95$

$$\hat{\beta} = 0.25031 - 0.29219g + 0.075357g^2 - 0.010883g^3 + 0.000904g^4 - 0.000043g^5$$

Ecuación 121.

$$\hat{A} = \mu_x - \hat{B}E[y] = \bar{x} - \hat{B}E[y]$$

Ecuación 122.

$$\hat{B} = \left[\frac{\text{Var}(x)}{\text{Var}(y)} \right]^{(1/2)}$$

Ecuación 123.

$$\text{Var}(x) = \sigma_x^2 = S_x^2$$

Ecuación 124.

$$E[y] = \Gamma(1 + \hat{\beta})$$

Ecuación 125.

$$\text{Var}(y) = \Gamma(1 + 2\hat{\beta}) - \Gamma^2(1 + \hat{\beta})$$

Ecuación 126.

Para $\hat{B} < 0$ distribución tipo II

$$\hat{\alpha} = -\hat{\beta}\hat{B}$$

Ecuación 127.

$$\hat{v} = \hat{A} + \hat{B}$$

Ecuación 128.

Para $\hat{B} < 0$ distribución tipo III

$$\hat{\alpha} = \hat{\beta}\hat{B}$$

Ecuación 129.

$$\hat{v} = \hat{A} - \hat{B}$$

Ecuación 130.

Para $\hat{B} = 0$ distribución tipo I

$$\hat{v} = \bar{x} - 0.45S$$

Ecuación 131.

$$\hat{\alpha} = 0.78S$$

Ecuación 132.

2.6.3.2.6.2. Estimadores GVE Máxima Verosimilitud

Considerando la variable reducida y se tiene el siguiente proceso iterativo:

$$P = n - \sum_{i=1}^n e^{-y_i}$$

Ecuación 133.

$$Q = \sum_{i=1}^n e^{(\beta-1)y_i} - (1-\beta) \sum_{i=1}^n e^{\beta y_i}$$

Ecuación 134.

$$R = n - \sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n y_i e^{-y_i}$$

Ecuación 135.

El criterio de convergencia es

$$-\frac{\partial LL}{\partial v} = \frac{Q}{\hat{\alpha}} \approx 0$$

Ecuación 136.

$$-\frac{\partial LL}{\partial \alpha} = \frac{1}{\hat{\alpha}} \left(\frac{P+Q}{\hat{\beta}} \right) \approx 0$$

Ecuación 137.

$$-\frac{\partial LL}{\partial \beta} = \frac{1}{\hat{\beta}} \left(R - \frac{P+Q}{\hat{\beta}} \right) \approx 0$$

Ecuación 138.

Incrementos

$$\delta_{\hat{v}_j} = -\frac{\hat{\alpha}_j}{n} \left\{ bQ_j + \frac{h(p_j + Q_j)}{\hat{\beta}_j} + \frac{f}{\hat{\beta}_j} \left[R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\hat{\beta}_j} \right] \right\}$$

Ecuación 139.

$$\delta_{\hat{\alpha}_j} = -\frac{\hat{\alpha}_j}{n} \left\{ hQ_j + \frac{a(p_j + Q_j)}{\hat{\beta}_j} + \frac{gs}{\hat{\beta}_j} \left[R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\hat{\beta}_j} \right] \right\}$$

Ecuación 140.

$$\delta_{\hat{\beta}_j} = -\frac{1}{n} \left\{ fQ_j + \frac{gs(p_j + Q_j)}{\hat{\beta}_j} + \frac{c}{\hat{\beta}_j} \left[R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\hat{\beta}_j} \right] \right\}$$

Ecuación 141.

Donde a, b, c, f, gs y h son los elementos de la matriz de varianza – covarianza de los parámetros de la distribución GVE para $-1.5 < \hat{\beta} < 1.0$:

$$a = 0.661437 - 0.562798 \hat{\beta} + 0.985803 \hat{\beta}^2 - 0.059011 \hat{\beta}^3$$

Ecuación 142.

$$b = 1.235356 - 0.162161 \hat{\beta} - 0.115137 \hat{\beta}^2 - 0.009577 \hat{\beta}^3$$

Ecuación 143.

$$c = 0.4711 - 0.77627 \hat{\beta} + 0.295825 \hat{\beta}^2 - 0.009645 \hat{\beta}^3$$

Ecuación 144.

$$f = 0.244435 - 0.10287 \hat{\beta} - 0.19583 \hat{\beta}^2 - 0.016837 \hat{\beta}^3$$

Ecuación 145.

$$g = 0.15373 - 0.411923 \hat{\beta} - 0.479209 \hat{\beta}^2 - 0.075004 \hat{\beta}^3$$

Ecuación 146.

$$h = 0.338937 - 1.20955 \hat{\beta} - 0.109822 \hat{\beta}^2 - 0.019801 \hat{\beta}^3$$

Ecuación 147.

Nuevos valores:

$$\hat{v}_{j+1} = \hat{v}_j + \delta_{vj}$$

Ecuación 148.

$$\hat{\alpha}_{j+1} = \hat{\alpha}_j + \delta_{\alpha j}$$

Ecuación 149.

$$\hat{\beta}_{j+1} = \hat{\beta}_j + \delta_{\beta_j}$$

Ecuación 150.

2.6.3.2.6.3. Estimadores GVE Momentos-L

$$E = \left\{ \frac{2\hat{M}_1 - \hat{M}_0}{3\hat{M}_2 - \hat{M}_0} \right\} - \left[\frac{\ln(2)}{\ln(3)} \right]$$

Ecuación 151.

$$\hat{\beta} = 7.859E + 2.9554E^2$$

Ecuación 152.

$$A = \Gamma(1 + \hat{\beta})$$

Ecuación 153.

$$C = (2\hat{M}_1 - \hat{M}_0) \hat{\beta}$$

Ecuación 154.

$$D = (A - 1)/\hat{\beta}$$

Ecuación 155.

$$\hat{\alpha} = \frac{C}{AB}$$

Ecuación 156.

$$\hat{v} = \hat{M}_0 + D\hat{\alpha}$$

Ecuación 157.

$$M_{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

Ecuación 158.

$$M_{(1)} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n x_i (n-i)$$

Ecuación 159.

$$M_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-2} X_i (n-i)(n-i-1)$$

Ecuación 160

$$M_3 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^{n-2} X_i(n-i)(n-i-1)(n-i-2)$$

Ecuación 161

2.6.3.2.7. Distribución Log-Pearson tipo III

Función de distribución

$$F_{(x)} = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)X} \left(\frac{\ln x - \psi_0}{\alpha} \right) e^{-\left(\frac{\ln x - \psi_0}{\alpha} \right)}$$

Ecuación 162.

$$0 < x < \infty$$

$$\gamma > 0$$

Donde

ψ_0 – parámetro de ubicación

α - parámetro de escala

β – parámetro de forma

2.6.3.2.7.1. Estimadores por momentos (método directo)

$$\hat{\beta} = \frac{4}{g^2}$$

Ecuación 163.

$$\hat{\alpha} = \frac{S}{\sqrt{\beta}}$$

Ecuación 164.

$$\hat{\psi}_0 = \bar{X} - S\sqrt{\beta}$$

Ecuación 165.

2.6.3.2.8. Distribución de Nash

Nash considera que el valor del caudal para un determinado periodo de retorno se puede calcular con la ecuación:

$$Q_{max} = a + c \text{Log} \log \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right)$$

Ecuación 166

Donde

“a” y “c”-constantes obtenidas a partir del registro de gastos máximos anuales.

Q_{max} -Gasto para un periodo de retorno, en m³/s.

T_r -Periodo de retorno, años.

Q -Intervalo de variación.

$$a = \frac{(\sum_{i=1}^n Q_i \times \sum_{i=1}^n X_i^2) - (\sum_{i=1}^n Q_i X_i \times \sum_{i=1}^n X_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

Ecuación 167

$$X_i = \text{Log} \log \frac{T_{rx}}{T_{rx} - 1}$$

Ecuación 168

$$T_{rx} = \frac{n + 1}{m_i}$$

Ecuación 169

$$c = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Q_i - (\sum_{i=1}^n X_i \times \sum_{i=1}^n Q_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

Ecuación 170

En la tabla No. 23 se muestra el cálculo de las distribuciones de probabilidad para la cuenca Catamayo. Para la cuenca de Jubones, Puyango y Santiago ver Anexo 2.

2.6.3.2.9. Cuenca Catamayo

Tabla 23. Alamor en Pte. Mercadillo-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0625	NORMAL	M	96.8	251.1	331.8	398.5	473.5	523.5	624.6	663.5	746.0	778.8	133.6
		MV	96.8	251.1	331.8	398.5	473.5	523.5	624.6	663.5	746.0	778.8	133.6
		ML	96.8	203.5	259.3	305.4	357.3	391.9	461.9	488.8	545.8	568.5	128.4
	GAMMA 2	M	21.0	140.6	271.6	427.0	662.2	859.3	1370	1610	2210	2484	59.9
		MV	46.3	157.0	254.5	360.3	510.4	630.7	929.0	1064	1395	1544	86.6
		ML	22.3	142.0	271.5	424.2	654.5	846.9	1344	1578	2160	2427	60.7
	GAMMA 3	M	24.0	162.2	295.2	444.9	663.2	841.5	1292	1500	2013	2245	60.8
		MPP	19.2	126.8	257.4	418.4	668.5	881.8	1444	1712	2386	2697	61.7
	GUMBEL	M	66.7	228.8	336.1	439.1	572.4	672.2	903.0	1002	1232	1331	102.6
		MV	65.9	151.0	207.3	261.4	331.3	383.7	504.8	556.9	677.8	729.8	122.8
		ML	75.0	192.1	269.5	343.9	440.1	512.2	678.8	750.4	916.7	988.3	107.0
		ME	76.9	183.8	254.6	322.5	410.4	476.3	628.5	693.9	845.8	911.2	110.7
	GVE	M	53.0	192.1	302.2	423.6	607.6	768.6	1233	1481	2201	2585	82.4
		MV	43.7	141.5	245.7	391.5	681.4	1010	2421	3494	8104	11612	65.7
		ML	34.9	107.2	192.5	321.7	603.2	951.8	2665	4126	11324	17467	85.3
	LOGNORMAL 2	M-MV	26.4	110.6	234.2	435.0	872.9	1388	3553	5099	10969	14876	43.1
	LOG PEARSON III	M	96.6	102.3	105.3	107.9	110.8	112.7	116.8	118.3	121.7	123.1	180.9
NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	91.4	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.6.3.3. Análisis de frecuencia de eventos extremos

Las fases de planeación, diseño, construcción y operación de los aprovechamientos hidráulicos, están siempre relacionados con eventos hidrológicos futuros. La complejidad de los procesos físicos de estos eventos, hace casi imposible tener estimaciones confiables de diseño basados en las leyes de la mecánica o la física, ya sea porque estos métodos son insuficientes o porque el modelo matemático resultante es muy complicado. Una alternativa en el análisis hidrológico es la aplicación de los conceptos de la teoría de probabilidad y estadística.

El análisis de frecuencia de los caudales máximos anuales, se emplea para proveer la magnitud del evento QT de cierto período de retorno T, para el diseño de una obra hidráulica, el manejo de las llanuras de inundación y como ayuda en los procesos de planeación y manejo de las cuencas hidrológicas, sin embargo, el proyectista no solo debe estimar a magnitud del

evento de diseño, sino que también debe proporcionar la probabilidad de excedencia, con el fin de fijar la seguridad del funcionamiento de la obra, o bien el riesgo de falla.

2.6.3.3.1. *Período de retorno (T)*

El análisis de frecuencias de una serie de Q_i de la estación j , para un conjunto de datos $i=1,2,\dots,n_j$, en donde el primer objetivo es determinar el intervalo de recurrencia o período de retorno T en años, de un evento hidrológico dada una magnitud x .

El período de retorno se define como el número de años que transcurren en promedio para que un evento de magnitud dada x , sea igualado o excedido por lo menos una vez en ese período de tiempo.

$$T = \frac{1}{p(x > x)} = \frac{1}{[1 - p(x \leq x)]}$$

Ecuación 171.

2.6.3.3.2. *Homogeneidad*

El análisis de homogeneidad aplica las pruebas de Cramer, t de Student y Helmer, donde dichas pruebas evaluarán si todos los datos que conforman la muestra, provienen estadísticamente de una misma población. Se toma como resultado la que repita 2 de 3 para que sea homogénea. En la tabla No. 24 se presenta el análisis de homogeneidad aplicando las tres pruebas mencionadas para una serie de registros de caudales máximos de una estación hidrométrica (Ver Anexo 3).

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, desviación estándar y los coeficientes de correlación serial se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media, en la varianza o cuando ocurren saltos negativos o positivos, tales anomalías son producto por la pérdida de homogeneidad.

En general, la falta de homogeneidad de los datos es inducida por las actividades humanas, como la deforestación, apertura de nuevas áreas de cultivo, rectificación de cauces, construcción de cauces, construcción de embalses y reforestación. También es producto de los procesos naturales súbitos, como incendios forestales, terremotos. Deslizamientos de laderas y erupciones volcánicas.

Existen pruebas estadísticas (Helmert, t de student, Cramer) que miden la homogeneidad de una serie de datos, las cuales presentan una hipótesis nula y una regla para ser aceptada o rechazada.

2.6.3.3.2.1. Prueba estadística de Helmer

Esta prueba es sencilla y consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento Q_i^j de la serie j para $i=1, 2, \dots, n_j$, con respecto a su valor medio \bar{Q}^j . Si una desviación de un cierto signo es seguida de otra del mismo signo, entonces se dice que se forma una secuencia S, de lo contrario se considera como un cambio C.

La serie se considera homogénea si se cumple:

$$-\sqrt{nj-1} \leq (S - C) \leq \sqrt{nj-1}$$

Ecuación 172.

2.6.3.3.2.2. Prueba estadística de t de student

Cuando la causa probable de la pérdida de homogeneidad de la serie sea un cambio abrupto en la media, esta prueba del estadístico t es muy útil. Si se considera una serie Q_i^j para $i=1, 2, \dots, n_j$, del sitio j, la cual se divide en dos conjuntos de tamaño $n_1 = n_2 = \frac{n_j}{2}$, entonces, el estadístico de prueba se define con la expresión:

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}}$$

Ecuación 173.

Donde

\bar{x}_1, s_1^2 - son la media y varianza de la primera parte del registro de tamaño n_1

\bar{x}_2, s_2^2 - son la media y varianza de la segunda parte del registro de tamaño n_2

El valor absoluto de t_d se compara con el valor de la distribución t de Student de dos colas, y con $\gamma = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha=0.05$.

Sí y solo si, el valor absoluto de t_d es mayor que aquel de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_i^j se considera no homogénea.

2.6.3.3.2.3. Prueba estadística de Cramer

Esta prueba se utiliza para verificar homogeneidad en el registro Q_i^j de la serie j para $i=1, 2, \dots, n_j$, y también para determinar si el valor medio no varía significativamente de un período

de tiempo a otro. Con este propósito se consideran tres bloques: el primero, del tamaño total de la muestra n_j ; el segundo, de tamaño n_{60} (60% de los últimos valores de la muestra n_j); y, el tercero, de tamaño n_{30} (30% de los últimos valores de la muestra n_j).

La prueba compara el valor de \bar{Q}^j del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos \bar{Q}_{60}^j y \bar{Q}_{30}^j . Para que se considere la serie analizada como estacionaria en la media, se deberá cumplir que no existe una diferencia significativa entre las medias de los bloques.

Para una sola muestra analizada $j=1$:

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j}$$

Ecuación 174.

$$S_Q^j = \left[\frac{1}{(n_j - 1)} \sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2 \right]^{1/2}$$

Ecuación 175.

$$\bar{Q}_{60}^j = \sum_{i=1}^{n_{60}} \frac{Q_k^j}{n_{60}}$$

Ecuación 176.

$$\bar{Q}_{30}^j = \sum_{i=1}^{n_{30}} \frac{Q_k^j}{n_{30}}$$

Ecuación 177.

$$\tau_{60}^j = \frac{\bar{Q}_{60}^j - \bar{Q}^j}{S_Q^j}$$

Ecuación 178.

$$\tau_{30}^j = \frac{\bar{Q}_{30}^j - \bar{Q}^j}{S_Q^j}$$

Ecuación 179.

$$t_w = \left\{ \frac{n_w(n_j - 2)}{n_j - n_w [1 + (\tau_w^j)^2]} \right\}^{1/2}$$

Ecuación 180.

$|\tau_w^j|$ - para $w=60$ y $w=30$

El estadístico t_w tiene distribución t de Student de dos colas con $\gamma = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha=0.05$.

Sí y solo si, el valor absoluto de t_w , para $w=60$ y $w=30$, es mayor que el de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_i^j se considera no homogénea.

2.6.3.3.2.4. Pruebas de homogeneidad-Cuenca Catamayo-Alamor en Pte Mercadillo H0588

Tabla 24. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			HOMOGENEIDAD DE CRAMER		
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=			n=		
1	202.3	105.53		X1=	72.092		x=	96.773	
2	2.029	-94.74	C	S1=	200.198		S=	183.38	
3	11.294	-85.48	S	n2=	23.000		n30=	13.000	
4	8.593	-88.18	S	X2=	121.455		X1=	44.743	
5	14.551	-82.22	S	S2=	165.627		S1=	44.604	
6	14.682	-82.09	S	td=	-0.503		n60=	27.000	
7	17.551	-79.22	S	grad	44.000		X2=	106.60	
8	7.399	-89.37	S	α=	0.050		S2=	157.06	
9	205	108.23	C	tc=	2.015		τ ₃₀	0.284	
10	33.034	-63.74	C	0.503	≤	2.01	τ ₆₀	0.054	
11	13.615	-83.16	S	SERIE HOMOGENEA			t30=	0.425	
12	7.1	-89.67	S				t60=	1.200	
13	6.356	-90.42	S				tc=	2.015	
14	15.909	-80.86	S						
15	32.797	-63.98	S				tc>	τ ₃₀ τ ₆₀	
16	953.268	856.49	C				SERIE HOMOGENEA		
17	20.628	-76.15	C						
18	0.961	-95.81	S						
19	6.132	-90.64	S						
20	6.119	-90.65	S						
21	3.2	-93.57	S						
22	73.49	-23.28	S						
23	2.104	-94.67	S						
24	73.382	-23.39	S						
25	74.335	-22.44	S						
26	581.14	484.37	C						
27	78.127	-18.65	C						
28	75.57	-21.20	S						
29	9.096	-87.68	S						
30	159.1	62.33	C						
31	253.76	156.99	S						
32	329.032	232.26	S						
33	578.265	481.49	S						
34	73.57	-23.20	C						
35	0.486	-96.29	S						
36	74.633	-22.14	S						
37	5.989	-90.78	S						
38	16.446	-80.33	S						
39	128.898	32.12	C						
40	7.041	-89.73	C						
41	127.862	31.09	C						
42	20.31	-76.46	C						
43	54.775	-42.00	S						
44	6.117	-90.66	S						
45	32.763	-64.01	S						
46	32.763	-64.01	S						
		n=	46						
		X=	96.77						
		S=	32						
		C=	13						
		S-C=	19						
ES HOMOGENEA									
$-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$									
		-6.708	19	6.708					
SERIE NO HOMOGENEA									

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Realizado el análisis de homogeneidad, cinco (5) estaciones hidrométricas no cumplen con el criterio 2 de 3 en las pruebas de homogeneidad, por lo tanto se descartan estas estaciones para el análisis regional hidrológico.

Los datos de la estación hidrométrica Catamayo Pte. Sta. Rosa, no son suficientes en cantidad para indicarse representativos, por lo tanto también es descartada.

2.6.3.3.3. Independencia de Eventos

Para que se pueda llevar a cabo el análisis de frecuencias se requiere que la muestra Q_i^j de la serie j para $i=1, 2, \dots, n_j$, esté compuesta por variables aleatorias. Para probarlo se aplica la prueba de independencia de Anderson, la cual hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_k^j para diferentes tiempos de retraso k. Si se analiza un solo registro, entonces $j=1$.

$$r_k^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j-k} (Q_i^j - \bar{Q}^j)(Q_{i+k}^j - \bar{Q}^j)}{\sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2}$$

Ecuación 181.

Para $r_0^j = 1$ y $k = 1, 2, \dots, \frac{n_j}{3}$

Donde

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j}$$

Ecuación 182.

Además, los límites al 95% de confianza para r_k^j se pueden obtener como:

$$r_k^j = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n_j - k - 1}}{n_j - k}$$

Ecuación 183.

La gráfica de los valores estimados para r_k^j (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abscisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra. Sí y solo si, el 10% de los valores r_k^j sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie Q_i^j es independiente y por lo tanto es una variable que sigue las leyes de la probabilidad.

En el análisis de la serie de registros de caudales máximos de las 20 estaciones hidrométricas disponibles en la zona de estudio, solamente dos estaciones no son independientes. En la tabla No. 25 se muestra el análisis de independencia de eventos aplicada a una estación hidrométrica (Ver Anexo 4).

2.6.3.3.3.1. *Análisis de Independencia de eventos-cuenca Catamayo-Alamor_Pte
Mercadillo H0588*

Tabla 25. Correlograma de la muestra

m	Q	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
	m ³ /s												
1	202	106	11136	-9998	-9020	-9305	-8677	-8663	-8360	-9431	11421	-6726	-8775
2	2	-95	8976	8099	8355	7790	7778	7506	8468	-10254	6039	7879	8496
3	11	-85	7307	7538	7028	7017	6772	7640	-9251	5448	7108	7665	7729
4	9	-88	7776	7250	7239	6986	7881	-9543	5621	7333	7907	7973	7131
5	15	-82	6761	6750	6514	7349	-8899	5241	6837	7373	7434	6649	5260
6	15	-82	6739	6503	7337	-8884	5232	6827	7361	7422	6638	5252	-70311
7	18	-79	6276	7080	-8574	5050	6588	7104	7163	6406	5068	-67853	6032
8	7	-89	7988	-9673	5697	7432	8014	8081	7227	5718	-	6805	8563
9	205	108	11713	-6898	-9000	-9705	-9786	-8752	-6924	92696	-8241	-10369	-9810
10	33	-64	4063	5300	5716	5763	5154	4078	-54592	4853	6107	5777	5778
11	14	-83	6915	7457	7519	6725	5320	-71225	6332	7968	7538	7539	7781
12	7	-90	8041	8108	7251	5737	-76805	6828	8592	8128	8129	8391	2088
13	6	-90	8175	7312	5785	-77442	6885	8663	8196	8197	8461	2105	8560
14	16	-81	6539	5173	-	6157	7748	7330	7331	7567	1883	7655	1892
15	33	-64	4093	-54795	4871	6130	5799	5800	5986	1490	6057	1496	1436
16	953	856	733583	-65218	-	-77634	-77645	-80145	-19942	-81084	-	-19218	41485
17	21	-76	5798	7296	6902	6903	7125	1773	7209	1781	1709	-36882	1420
18	1	-96	9180	8685	8686	8965	2231	9070	2241	2150	-	1787	2032
19	6	-91	8216	8217	8482	2110	8581	2120	2034	-43904	1690	1922	7947
20	6	-91	8218	8483	2111	8582	2121	2034	-43910	1690	1922	7948	-5650
21	3	-94	8756	2179	8859	2189	2100	-45324	1745	1984	8204	-5832	-14690
22	73	-23	542	2204	545	522	-11278	434	494	2041	-1451	-3655	-5408
23	2	-95	8962	2214	2124	-45855	1765	2007	8300	-5900	-	-21988	-45582
24	73	-23	547	525	-	436	496	2051	-1458	-3672	-5433	-11263	543
25	74	-22	503	-10868	418	476	1967	-1399	-3523	-5211	-	521	2161
26	581	484	234611	-9032	-	-42468	30189	76039	112498	233219	-	-46638	-10724
27	78	-19	348	395	1635	-1162	-2927	-4331	-8978	433	1795	413	1693
28	76	-21	450	1859	-1322	-3329	-4925	-10209	492	2042	469	1925	1703
29	9	-88	7687	-5465	-	-20364	-42216	2034	8442	1941	7960	7043	-2817
30	159	62	3885	9784	14476	30010	-1446	-6001	-1380	-5658	-5007	2002	-5593
31	254	157	24645	36462	75588	-3643	-15116	-3476	-14252	-12610	5043	-14087	4881
32	329	232	53944	111831	-5389	-22364	-5142	-21085	-18657	7461	-	7221	-17759
33	578	481	231834	-11172	-	-10660	-43712	-38677	15468	-43205	14969	-36816	-20222
34	74	-23	538	2234	514	2106	1864	-745	2082	-721	1774	974	2104
35	0	-96	9271	2132	8741	7734	-3093	8640	-2993	7362	4044	8729	6163
36	75	-22	490	2010	1778	-711	1987	-688	1693	930	2007	1417	1417
37	6	-91	8242	7292	-2916	8146	-2822	6942	3813	8230	5811	5811	
38	16	-80	6452	-2580	7208	-2497	6142	3374	7282	5142	5142		
39	129	32	1032	-2883	999	-2456	-1349	-2912	-2056	-2056			
40	7	-90	8052	-2790	6861	3769	8135	5744	5744				
41	128	31	967	-2377	-1306	-2818	-1990	-1990					
42	20	-76	5847	3211	6932	4894	4894						
43	55	-42	1764	3807	2688	2688							
44	6	-91	8219	5803	5803								
45	33	-64	4097	4097									
46	33	-64	4097										
		Sumatoria	1513276	113542	-	25915	179630	165059	117806	62374	223297	-	30032
		rk		0.08	-0.02	-0.12	-0.11	-0.08	0.04	0.15	-0.05	-0.10	0.20
		lim sup		0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29
		lim inf		-0.31	-0.31	-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34	-0.34	-0.34	-0.35

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

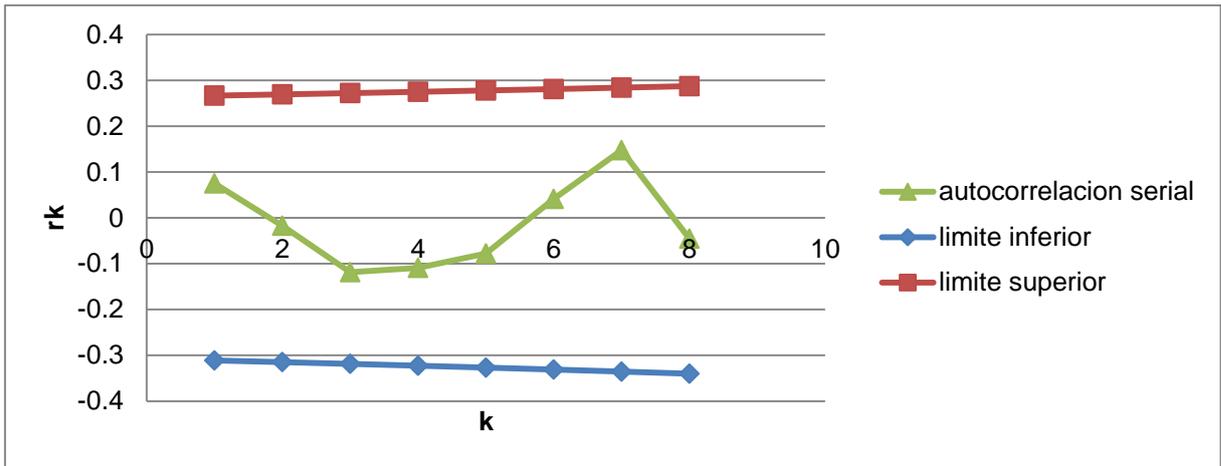


Gráfico 2. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.6.3.3.4. Prueba de bondad de ajuste

Kite (1998) propuso un estadístico que permite seleccionar la mejor opción, entre diferentes modelos en competencia, para el ajuste de una muestra de datos Q_i^j para $i=1, 2, \dots, n_j$, de un sitio j. Este estadístico es conocido como el error estándar de ajuste, y tiene la forma:

$$EE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (Q_T^j - Q_T^i)^2}{n_j - mp} \right]^{1/2}$$

Ecuación 184.

Donde

\hat{Q}_T^j – son los eventos ordenados de mayor a menor con un período de retorno asignado $T = \frac{n_j - 1}{m}$ – y una probabilidad de no excedencia $P = 1 - \frac{1}{T}$.

n_j – longitud en años del registro analizado

m - número de orden del registro

$m=1$, para el evento más grande

$m=n_j$, para el evento más chico

\hat{Q}_T^j – eventos estimados por cierta distribución de probabilidad para cada período de retorno T asignado a la muestra ordenada Q_i^j .

mp - número de parámetros de la distribución ajustada

La distribución de mejor ajuste será aquella que proporcione el mínimo valor de EE. Si una o más distribuciones tienen valores similares del EE, entonces se deberá optar por aquella distribución que tenga el menor número de parámetros.

2.6.3.4. ***Delimitación de la región homogénea***

En general, la delimitación regional se ha sustentado en considerar áreas geográficamente continuas, límites políticos o administrativos. Sin embargo, si la variabilidad espacial de las características fisiográficas o hidrológicas es grande, la consideración de homogeneidad no se puede garantizar. En otras palabras, dos cuencas pueden llegar a limitar entre sí y no pertenezcan a la misma región homogénea, ya que sus características fisiográficas y climáticas difieren en gran medida; por el contrario, dos cuencas relativamente alejadas pueden pertenecer a la misma región hidrológica, si es que sus características fisiográficas y climáticas no difieren en gran medida.

A las técnicas que ubican estaciones en forma iterativa, con base en un algoritmo puramente matemático se les denomina técnicas de racimo. Con esta metodología no es necesario que una cuenca se encuentre dentro de un grupo que sea geográficamente contiguo. Estas regiones podrían decirse, serán comunes respecto a sus series de datos en un espacio variable multidimensional antes que en el espacio geográfico. Sin embargo, existen numerosos problemas asociados a la regionalización, y en particular al análisis de grupos. El primer problema común es el relacionado con la selección de las variables para evaluar el grado de similitud entre las diferentes cuencas.

Existen varias técnicas para delimitar una región homogénea. Se presentan 5 técnicas que pueden emplearse. Cabe mencionar que estas técnicas no son excluyentes entre sí, sino que manejadas adecuadamente pueden ser complementarias y definir de manera más confiable la región.

2.6.3.4.1. *Método Gráfico*

El método gráfico permite suponer una región homogénea debido a la proximidad de las cuencas. A partir del centro de gravedad del punto de interés de la investigación (Convergencia de los ríos Calera y Amarillo) se trazó un radio de 80 kilómetros, suponiendo la región homogénea con las cuencas y sus respectivas estaciones hidrométricas que se

encuentran dentro de este radio. En la tabla No. 26 se observa las estaciones hidrométricas consideradas por el método gráfico.

Tabla 26. Método Gráfico.

CUENCA PUYANGO	
NOMBRE	CODIGO
AMARILLO EN PORTOVELO	H0588
MARCABELI AJ PUYANGO	H0590
MOROMORO EN MOROMORO	H0592
PINDO AJ AMARILLO	H0587
PUYANGO AJ MARCABELI	H0589
PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	H0591
CUENCA CATAMAYO	
ALAMOR EN PTE MERCADILLO	H0625
CUENCA JUBONES	
PAQUISHAPA EN PTE. CARRETERA	H0526
JUBONES D.J. MINAS	H0528
JUBONES D.J. SN. FRANCISCO	H0529
JUBONES EN USHCURRUMI	H0530
CASACAY A.J. JUBONES	H0531

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.6.3.4.2. Método de los Trazos Multidimensionales

Nathan y McMahon (1990) desarrollaron una técnica de regionalización que resuelve los problemas asociados con la selección de una adecuada técnica de racimos, la definición de la región homogénea y la predicción del grupo de membresía al cual pertenecería una nueva cuenca.

El método emplea la técnica de regresión lineal múltiple para seleccionar las características fisiográficas y climatológicas más adecuadas.

La heterogeneidad de los grupos que se forman de manera preliminar se evalúa mediante una técnica de posicionamiento propuesta por Andrews (1972), en la cual un punto en el espacio multidimensional se representa por una curva en dos dimensiones vía la función:

$$f(t) = \frac{x_1}{\sqrt{2}} + x_2 \sin(t) + x_3 \cos(t) + x_4 \sin(t) + x_5 \cos(t) + x_6 \sin(t)$$

Ecuación 185.

Donde x_1, x_2, \dots , son las características fisiográficas y/o meteorológicas obtenidas del análisis de regresión y la función se evalúa en el rango $-\pi \leq t \leq \pi$.

El hecho de que esta función preserva las distancias la hace una técnica ideal en comparación visual para la formación de grupos homogéneos. Los racimos de cuencas con comportamientos similares aparecen como una banda de curvas muy próximas unas de otras.

El método de trazos multidimensionales considera las características (atributos) fisiográficas y climáticas de las cuencas en estudio, por lo que se debe determinar, cuáles de las características o atributos se correlaciona mejor entre sí. Para ello, previamente se realiza un análisis de frecuencia para cada una de las muestras de las estaciones hidrométricas consideradas para el análisis (Tabla No.27), donde se estima los eventos de diseño para diversos periodos de retorno con el menor error estándar de ajuste. Estos eventos de diseño obtenidos, se correlacionan con cada una de las características o atributos de las cuencas, para determinar aquellos de mayor importancia dentro de las mismas.

Tabla 27. Análisis de frecuencia-Menor Error Estándar de Ajuste.

ESTACIONES	CUENCA PUYANGO					
	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589
PÉRIODO DE RETORNO	LOG NORMAL 2	GAMMA 2	NASH	NASH	GAMMA 2	GVE
	M Y MV	ML	M	M	ML	ML
Tr (Años)	QT	QT	QT (QT	QT	QT
2	534.31	106.76	495.91	495.91	125.37	443.73
5	788.38	330.79	1087.40	1087.40	176.68	530.14
10	966.33	522.13	1479.01	1479.01	208.38	560.98
20	1143.14	726.73	1854.66	1854.66	237.24	579.40
50	1381.05	1013.97	2340.90	2340.90	272.76	593.51
100	1566.53	1242.30	2705.26	2705.26	298.31	599.73
500	2021.65	1804.34	3547.26	3547.26	354.79	606.82
1000	2229.82	2058.78	3909.24	3909.24	378.26	608.22
5000	2745.11	2675.38	4749.35	4749.35	431.43	609.82
10000	2981.76	2951.32	5111.10	5111.10	453.89	610.14
E.E.	46.97	107.84	14.96	3.32	8.2591	30.49

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 27

ESTACIONES	CUENCA CATAMAYO		CUENCA SANTIAGO			CUENCA JUBONES		
	H0625	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
PÉRIODO DE RETORNO	LOG NORMAL 2	GAMMA 3	GVE	NASH	NASH	LOG NORMAL 2	NASH	NASH
	M Y MV	MPP	ML	M	M	M Y MV	M	M
Tr (Años)	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT
2	26.39	19.59	932.95	495.91	495.91	298.77	495.91	495.91
5	110.64	44.55	1158.73	1087.40	1087.40	637.51	1087.40	1087.40
10	234.20	66.11	1247.03	1479.01	1479.01	947.79	1479.01	1479.01
20	434.97	89.28	1303.55	1854.66	1854.66	1314.92	1854.66	1854.66
50	872.91	121.95	1350.24	2340.90	2340.90	1900.57	2340.90	2340.90
100	1388.69	147.98	1372.49	2705.26	2705.26	2429.50	2705.26	2705.26
500	3553.92	212.26	1400.46	3547.26	3547.26	3993.35	3547.26	3547.26
1000	5099.57	241.43	1406.68	3909.24	3909.24	4833.63	3909.24	3909.24
5000	10969.51	312.21	1414.54	4749.35	4749.35	7247.60	4749.35	4749.35
10000	14876.55	343.94	1416.30	5111.10	5111.10	8514.68	5111.10	5111.10
E.E.	43.1270	7.82	71.85	22.63	52.93	51.09	16.72	1.69

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Obtenidos los eventos de diseño para diversos periodos de retorno con el menor error estándar de ajuste, se los correlaciona con las características fisiográficas o climáticas de las cuencas drenadas, para de esta forma poder establecer las seis (6) características o atributos más representativos de esta correlación como se muestra en la tabla No. 28.

Tabla 28. Características o atributos más representativos.

CÓDIGOS	COEFICIENTE DE COMPACIDAD K_c (Gravelius)	RELACIÓN CIRCULAR	PEND PROMEDIO DEL RÍO (%)	LONGITUD DEL EJE DEL RÍO PRINCIPAL (Km)	Tc Kírpich (h)	PERÍMETRO (Km)
	X1	X2	X3	X4	X5	X6
H0591	1.72	0.34	14.21	30.67	2.32	96.48
H0588	1.67	0.36	6.89	17.73	2.28	53.1
H0590	1.9	0.28	13.49	12.98	1.19	42.3
H0592	1.77	0.32	12.77	37.46	2.85	142.02
H0587	1.83	0.3	9.8	79.15	6.72	296.82
H0589	1.98	0.26	8.32	100.43	9.57	364.32
H0625	1.65	0.37	19.91	12.74	0.99	45.72
H0621	1.68	0.36	16.79	14.26	1.14	46.8
H0887	2.03	0.24	4.12	92.39	8.56	280.08
H0889	1.84	0.29	3.51	79.6	8.47	246.78
H0912	1.85	0.29	5.7	63.8	5.65	208.08
H0529	1.91	0.27	3.82	100.72	9.73	393.12
H0530	1.89	0.28	3.97	112.8	10.44	402.84
H0531	1.86	0.29	3.74	127.56	11.78	413.64

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Obtenidas las 6 características o atributos más representativos en el análisis de correlación, se procede a calcular la función de trazos propuesta por Anderson con la ecuación 185, para periodos de retorno (T_r) de dos (2) a diez mil (10000) años, en un rango que va desde $-\Pi \leq t \leq \Pi$. Las tablas No. 29 y 30, muestran el análisis de trazos multidimensionales para un periodo de retorno (T_r) de dos (2) años con las tres regiones definidas (Ver Anexo 5).

Las regiones 1, 2 y 3 que se muestran en el gráfico No. 3, fueron establecidas de acuerdo al comportamiento de las curvas de Andrews por la función de trazos.

Tabla 29. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.1416	-10.67	-3.43	-10.96	-8.67	-1.79	2.65	-17.75
-3	-41.86	-20.43	-24.71	-56.76	-102.21	-119.77	-32.93
-2.5	-70.80	-36.71	-36.52	-105.66	-207.35	-248.13	-45.39
-2	43.65	24.75	16.34	61.82	135.39	169.25	14.31
-1.5	89.57	48.46	40.36	132.56	274.02	334.22	44.12
-1	-33.86	-19.96	-9.87	-47.41	-110.32	-141.04	-6.84
0	17.75	10.35	16.02	16.87	17.81	19.29	22.07
1	49.72	27.87	26.14	61.34	117.90	144.87	29.86
1.5	-89.72	-49.63	-38.12	-133.89	-283.35	-349.19	-40.93
2	-56.07	-31.10	-26.44	-73.67	-149.74	-185.88	-29.85
2.5	51.78	29.33	18.27	89.31	198.05	243.03	16.39
3.1416	-10.67	-3.43	-10.96	-8.67	-1.79	2.65	-17.75

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 30. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.1416	-14.46	5.88	6.26	1.26	7.26	7.81	9.36
-3	-29.69	-84.07	-73.54	-66.88	-127.00	-127.11	-125.94
-2.5	-42.38	-173.70	-154.43	-135.83	-271.28	-268.75	-264.19
-2	17.00	142.09	123.24	101.40	179.22	190.53	203.91
-1.5	44.62	253.76	222.88	190.23	361.79	368.87	375.97
-1	-10.09	-123.64	-107.78	-85.58	-147.92	-160.52	-176.17
0	19.12	14.12	13.28	12.66	14.90	15.75	16.84
1	29.66	123.84	107.12	89.66	146.65	158.79	173.04
1.5	-42.13	-267.26	-236.55	-197.99	-377.82	-386.31	-396.14
2	-30.09	-153.84	-134.63	-110.92	-192.42	-204.81	-219.79
2.5	18.50	174.83	156.21	132.52	273.38	270.98	267.51
3.1416	-14.46	5.88	6.26	1.26	7.26	7.81	9.36

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

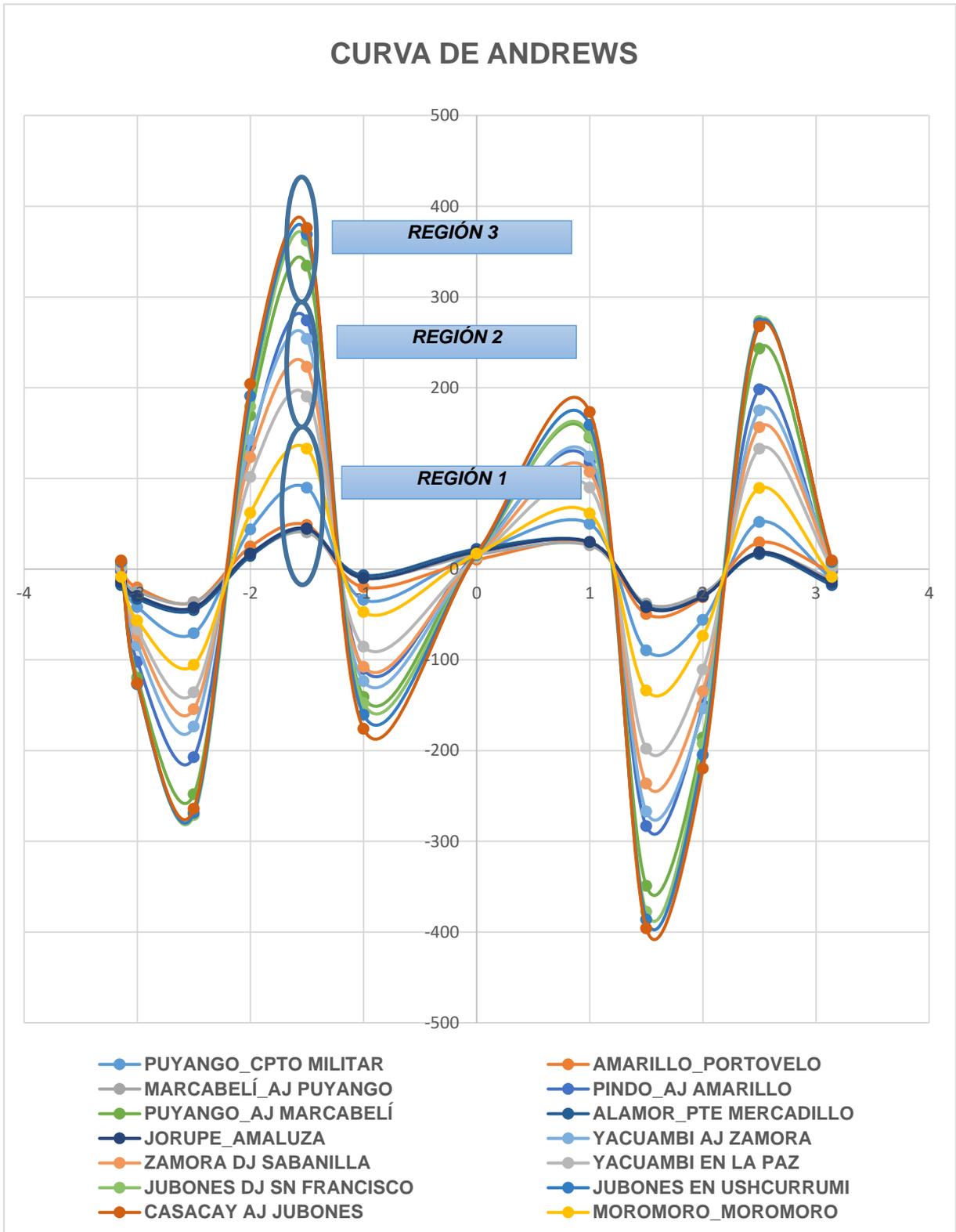


Gráfico 3. Curvas de Andrews $T_r = 2$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.6.3.4.3. Método del Coeficiente de Variación

Esta técnica también hace uso de una comparación gráfica entre atributos estadísticos de los registros analizados. Para cada una de las series j , por ejemplo de gastos máximos anuales, se obtendrán los estadísticos muestrales \bar{x}_j y Cv_j . Posteriormente, se construye una gráfica situando en el eje de las ordenadas los coeficientes Cv_j y en las abscisas las relaciones (\bar{x}_j/A_j) , donde A_j son las área drenadas de cada uno de los sitios j . Los grupos se forman por la concentración de puntos alrededor de determinado valor del coeficiente de variación.

Es importante considerar que la técnica requiere que los estadísticos \bar{x}_j y Cv_j , se estimen de registros con distribución normal de tal manera que ninguna de las dos variables tenga tal influencia que pueda desproporcionar a la otra. Como esta condición casi nunca se cumple, será necesario transformar las series originales. Se debe tener un coeficiente de variación, o se calcula para un período común de registro, entonces se puede hablar de similitud de regiones. En la tabla No. 31 se muestra el cálculo de los estadísticos muestrales, con la serie normalizada por el método de BOXCOXLambda. El análisis de las estaciones hidrométricas restantes, se presentan en el anexo 6.

Tabla 31. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	PUYANGO EN CPTO MILITAR H0591	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.30	1.01	2730
1965	483.17	17.98	-0.86	
1966	281.048	14.78	-4.12	
1967	518	18.43	-0.41	
1968	261.181	14.38	-4.53	
1969	497.248	18.16	-0.67	
1970	283.457	14.82	-4.08	
1971	608.066	19.50	-0.66	
1972	826.62	21.70	2.90	
1973	724.734	20.74	1.91	
1974	445.486	17.46	1.38	
1975	755.147	21.03	-2.22	
1976	987.726	23.08	4.31	
1977	357.711	16.14	2.73	
1978	461.542	17.69	-1.15	
1979	418.525	17.08	-1.77	
1980	416.385	17.05	-1.80	
1981	872.881	22.12	-3.32	
1982	665.396	20.13	1.29	
1983	887.034	22.24	3.45	
1984	859.637	22.00	3.20	
1985	484.8	18.00	0.84	
1986	399.383	16.79	-2.06	
1987	470.344	17.80	-1.03	
1988	408.879	16.93	-1.92	
1989	744.545	20.93	2.11	
1990	255.387	14.26	4.65	
1991	393.811	16.71	-2.15	
1992	369.647	16.33	-2.53	
1993	1219.2	24.80	-6.08	
1994	563.331	18.98	0.14	
1995	105.656	10.17	8.88	
1996	1581	27.09	-8.44	
1997	797.9	21.44	2.63	
1998	927.638	22.59	3.80	
1999	801.677	21.48	2.67	
2000	844.328	21.86	3.06	
2001	579.729	19.17	0.33	
2002	641.293	19.87	1.03	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación Tabla 31.

AÑO	PUYANGO EN CPTO MILITAR H0591	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.30	1.01	2730
2003	307.405	15.27	3.62	
2004	377.471	16.45	-2.41	
2005	427.541	17.21	-1.64	
2006	619.915	19.63	-0.79	
2007	571.864	19.08	0.24	
2008	863.998	22.04	3.24	
2009	582.889	19.21	0.37	
2010	488.506	18.05	0.79	
2011	509.718	18.32	-0.51	
2012	538.298	18.68	0.16	
2013	439.762	17.38	-1.46	
MEDIA	590.35	18.84	0.06	
DESVIACIÓN ESTANDAR	268.10	3.02	3.07	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.45	0.16	48.28	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	1.26	0.04	-0.03	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	2.81	0.94	1.02	
		3.94	4.02	
(MEDIA/ÁREAC)		0.01		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Se debe tener en cuenta que para tomar el valor del coeficiente de variación C_v , el coeficiente de asimetría de la serie de datos debe estar próximo o cercano a cero y el coeficiente de curtosis próximo o igual a tres (3). Las tablas No. 32 y 33 muestran los valores obtenidos para cada estación hidrométrica y su serie de registros de máximos anuales.

Tabla 32. Valores del Coeficiente de Variación-Media/Área.

ESTACIONES	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C_v)	0.1603	0.2698	0.5213	0.3195	0.1576	0.2905	0.5261
(MEDIA/ÁREAC)	0.0069	0.0188	0.0816	0.1115	0.0194	0.2015	0.0535

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 33. Valores del Coeficiente de Variación-Media/Área.

ESTACIONES	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C_v)	0.1040	0.3390	0.2372	0.3256	0.2402	0.1812	0.3889
(MEDIA/ÁREAC)	0.0237	0.5907	0.0235	0.0930	0.0029	0.0039	0.0012

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

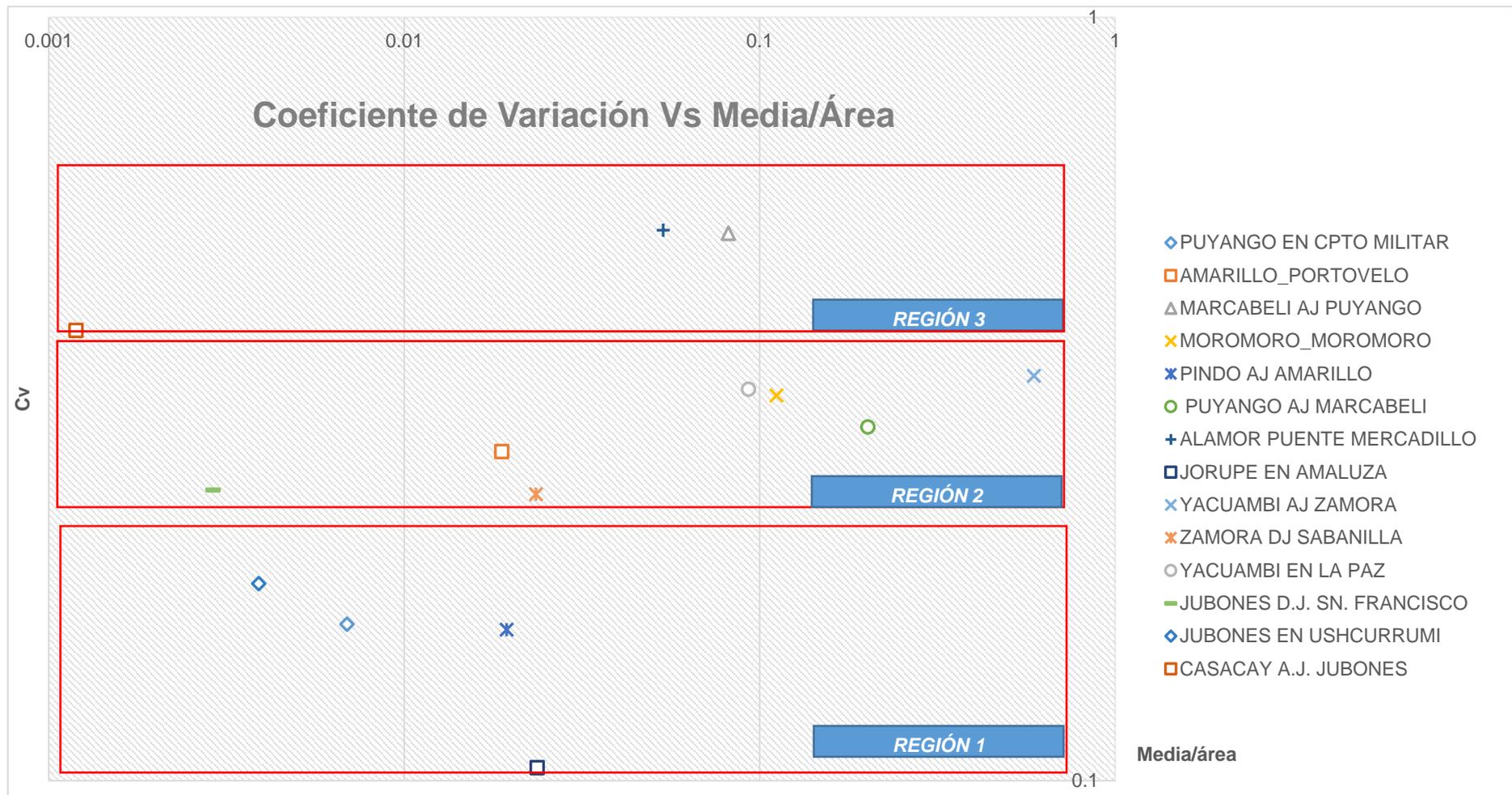


Gráfico 4. Método del Coeficiente de Variación.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.6.3.4.4. Método de la región de Influencia

El método de la región de influencia considera a cada sitio como el centro de su Propia Región. La identificación de una región de influencia se apoya en la medición de la distancia Euclidiana; se calcula la desviación estándar para cada una de las características o atributos de las cuencas donde se encuentran ubicadas las estaciones hidrométricas en análisis, relacionándolas a las características de los eventos extremos. El proceso de estandarización elimina las unidades de cada atributo y reduce cualquier diferencia de escala dentro del rango de valores.

La distancia Euclidiana D_{jb} entre una estación cualquiera j y la estación base b, para la cual se genera la región de influencia, es expresa como:

$$D_{jb} = \left[\sum_{i=1}^p (C_j^i - c_b^i)^2 \right]^{1/2}$$

Ecuación 186.

$$C_j^i = \frac{X_j^i}{S(X^i)}$$

Ecuación 187.

$$C_b^i = \frac{X_b^i}{S(X^i)}$$

Ecuación 188.

Donde

P - número de atributos considerados

C_j^i y C_b^i - valores estandarizados del atributo i para los sitios j y la estación base b.

X_j^i - valores del atributo i del sitio j

X_b^i - valores del atributo i de la estación b

$S(X^i)$ - desviación estándar del atributo i considerando todos los sitios j y la estación b

La elección puede obtenerse al examinar la correlación entre las características estadísticas de los eventos extremos y las características fisiográficas y/o climatológicas. El próximo paso

dentro del proceso de identificación de la región de influencia implica proponer un valor de tolerancia que acote la medida de la distancia. En la tabla No. 34 y 35 se presenta el análisis del método de la región de influencia.

Tabla 34. Desviación estándar

ESTACIONES	A(Km2)	P(Km)	Pm (%)	Kc	Rci	Rh	Lcp (Km)	Sh	Ai (m)	Am (m)	Ppr (Km)	Tc_K (h)
H0591	2730	287.20	41.49	1.55	0.35	1.80	59.17	1.35	3640	283.25	5.67	47.21
H0588	250.50	96.48	43.04	1.72	0.34	1.10	30.67	1.21	3425	644	14.21	2.32
H0590	80.82	53.10	24.60	1.67	0.36	1.89	17.73	1.53	1031	469	6.89	2.28
H0592	39.35	42.30	29.06	1.90	0.28	1.79	12.98	1.26	2023	837	13.49	1.19
H0587	510.73	142.02	41.06	1.77	0.32	1.44	37.46	1.20	3539	557	12.77	2.85
H0589	2088.18	296.82	39.72	1.83	0.30	1.89	79.15	1.28	3369	350	9.80	6.72
H0625	61.15	45.72	34.19	1.65	0.37	1.38	12.74	1.19	2922	1092	19.91	0.99
H0621	62.06	46.80	39.44	1.68	0.36	0.81	14.26	1.53	3442	1651	16.79	1.14
H0887	1507.63	280.08	39.02	2.03	0.24	1.08	92.39	1.48	3403	839	4.12	8.56
H0889	1426.47	246.78	40.77	1.84	0.29	0.72	79.60	3.16	2585	899	3.51	8.47
H0912	1003.64	208.08	36.82	1.85	0.29	0.90	63.80	1.54	3435	952	5.70	5.65
H0529	3373.62	393.12	31.78	1.91	0.27	0.76	100.72	1.76	3059	681	3.82	9.73
H0530	3623.50	402.84	32.34	1.89	0.28	0.66	112.80	1.66	3059	271	3.97	10.44
H0531	3942.24	413.64	32.95	1.86	0.29	0.68	127.56	1.59	3036	91	3.74	11.78
Desv. Est.	1438.85	140.28	5.44	0.13	0.04	0.48	39.73	0.50	711.55	404.33	5.56	11.76

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 35. Distancia Euclidiana y valor promedio.

DIST. EUCLIDIAN A	H059 1	H058 8	H059 0	H059 2	H058 7	H058 9	H062 5	H062 1	H088 7	H088 9	H091 2	H052 9	H053 0	H053 1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	5.22	6.80	6.92	4.92	4.41	6.19	6.64	6.19	6.50	5.40	5.84	5.68	5.55
2	5.22	0	5.33	4.17	1.16	3.36	2.64	2.88	4.65	5.26	3.02	5.26	5.39	5.62
3	6.80	5.33	0	3.52	5.14	5.52	4.44	5.98	6.81	6.48	5.50	6.37	6.53	6.72
4	6.92	4.17	3.52	0	3.67	4.27	3.72	4.84	4.76	5.88	3.95	5.31	5.77	6.20
5	4.92	1.16	5.14	3.67	0	2.38	3.03	3.54	3.96	5.12	2.59	4.70	4.85	5.10
6	4.41	3.36	5.52	4.27	2.38	0	4.74	5.38	3.24	5.00	2.96	3.63	3.65	3.77
7	6.19	2.64	4.44	3.72	3.03	4.74	0	2.38	6.16	6.37	4.35	6.31	6.62	6.89
8	6.64	2.88	5.98	4.84	3.54	5.38	2.38	0	5.83	5.66	3.94	6.21	6.72	7.09
9	6.19	4.65	6.81	4.76	3.96	3.24	6.16	5.83	0	4.16	2.23	2.60	3.16	3.69
10	6.50	5.26	6.48	5.88	5.12	5.00	6.37	5.66	4.16	0	3.64	3.89	4.34	4.74
11	5.40	3.02	5.50	3.95	2.59	2.96	4.35	3.94	2.23	3.64	0	2.81	3.36	3.86
12	5.84	5.26	6.37	5.31	4.70	3.63	6.31	6.21	2.60	3.89	2.81	0	1.16	1.84
13	5.68	5.39	6.53	5.77	4.85	3.65	6.62	6.72	3.16	4.34	3.36	1.16	0	0.75
14	5.55	5.62	6.72	6.20	5.10	3.77	6.89	7.09	3.69	4.74	3.86	1.84	0.75	0
PROMEDIO	5.45	3.85	5.37	4.50	3.58	3.74	4.56	4.79	4.10	4.79	3.40	4.00	4.14	4.42

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

La agrupación del valor promedio de las distancias entre cada una de las estaciones hidrométricas que conforman el análisis, definirán las regiones como se muestra en el gráfico No. 5.

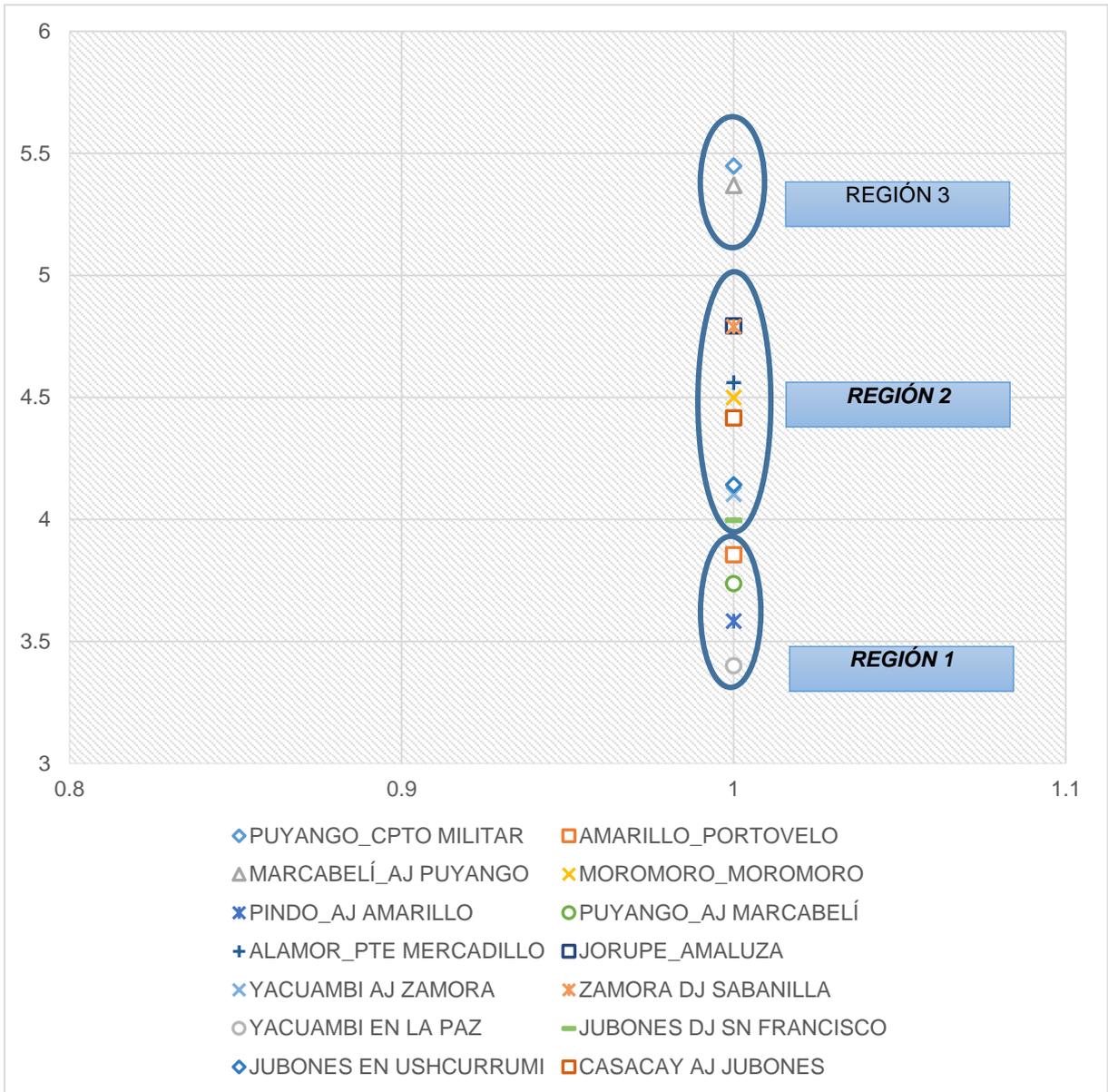


Gráfico 5. Método de la Región de Influencia.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.6.3.4.5. Método del Parámetro β

En esta técnica se debe considerar periodos comunes entre estaciones de al menos 10 años. A estos registros se les aplica la distribución General de Valores Extremos y se obtienen los parámetros por momentos L (Ver tabla 36).

$$E = \left\{ \frac{2\widehat{M}_1 - \widehat{M}_0}{3\widehat{M}_2 - \widehat{M}_0} \right\} - \left[\frac{\ln(2)}{\ln(3)} \right]$$

Ecuación 189.

$$\hat{\beta} = 7.859E + 2.9554E^2$$

Ecuación 190.

$$A = \Gamma(1 + \hat{\beta})$$

Ecuación 191.

$$C = (2\widehat{M}_1 - \widehat{M}_0) \hat{\beta}$$

Ecuación 192.

$$D = (A - 1)/\hat{\beta}$$

Ecuación 193.

$$\hat{\alpha} = \frac{C}{AB}$$

Ecuación 194.

$$\hat{v} = \widehat{M}_0 + D\hat{\alpha}$$

Ecuación 195

$$M_{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$$

Ecuación 196.

$$M_{(1)} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n x_i (n-i)$$

Ecuación 197.

$$M_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-2} X_i(n-i)(n-i-1)$$

Ecuación 198

$$M_3 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^{n-2} X_i(n-i)(n-i-1)(n-i-2)$$

Ecuación 199

La región homogénea se forma a partir de los grupos formados a través de los parámetros β , de la serie de registros de Qmax anual de cada una de las estaciones hidrométricas en análisis (Ver anexo 7).

Tabla 36. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	PUYANGO EN CPTO MILITAR	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1965	483.17	1581	75888.0	3566736.0	164069856.0
1966	281.048	1219.2	57302.4	2635910.4	118615968.0
1967	518	987.726	45435.4	2044592.8	89962084.1
1968	261.181	927.638	41743.7	1836723.2	78979099.3
1969	497.248	887.034	39029.5	1678268.3	70487269.8
1970	283.457	872.881	37533.9	1576423.1	64633346.5
1971	608.066	863.998	36287.9	1487804.6	59512182.2
1972	826.62	859.637	35245.1	1409804.7	54982382.5
1973	724.734	844.328	33773.1	1317151.7	50051763.8
1974	445.486	826.62	32238.2	1225050.8	45326881.1
1975	755.147	801.677	30463.7	1127157.9	40577683.0
1976	987.726	797.9	29522.3	1062802.8	37198098.0
1977	357.711	755.147	27185.3	951485.2	32350497.5
1978	461.542	744.545	26059.1	886008.6	29238282.2
1979	418.525	724.734	24641.0	813151.5	26020849.5
1980	416.385	665.396	21958.1	702658.2	21782403.5
1981	872.881	641.293	20521.4	636162.7	19084879.7
1982	665.396	619.915	19217.4	576521.0	16719107.6
1983	887.034	608.066	18242.0	529017.4	14812487.8
1984	859.637	582.889	16903.8	473305.9	12779258.4
1985	484.8	579.729	16232.4	438275.1	11395153.2
1986	399.383	571.864	15440.3	401448.5	10036213.2
1987	470.344	563.331	14646.6	366165.2	8787963.6
1988	408.879	538.298	13457.5	322978.8	7428512.4
1989	744.545	518	12432.0	285936.0	6290592.0
1990	255.387	509.718	11723.5	257917.3	5416263.5
1991	393.811	497.248	10939.5	229728.6	4594571.5
1992	369.647	488.506	10258.6	205172.5	3898277.9
1993	1219.2	484.8	9696.0	184224.0	3316032.0
1994	563.331	483.17	9180.2	165244.1	2809150.4
1995	105.656	470.344	8466.2	143925.3	2302804.2
1996	1581	461.542	7846.2	125539.4	1883091.4
1997	797.9	445.486	7127.8	106916.6	1496833.0
1998	927.638	439.762	6596.4	92350.0	1200550.3
1999	801.677	427.541	5985.6	77812.5	933749.5
2000	844.328	418.525	5440.8	65289.9	718188.9
2001	579.729	416.385	4996.6	54962.8	549628.2
2002	641.293	408.879	4497.7	44976.7	404790.2
2003	307.405	399.383	3993.8	35944.5	287555.8
2004	377.471	393.811	3544.3	28354.4	198480.7
2005	427.541	377.471	3019.8	21138.4	126830.3
2006	619.915	369.647	2587.5	15525.2	77625.9
2007	571.864	357.711	2146.3	10731.3	42925.3
2008	863.998	307.405	1537.0	6148.1	18444.3
2009	582.889	283.457	1133.8	3401.5	6803.0
2010	488.506	281.048	843.1	1686.3	1686.3
2011	509.718	261.181	522.4	522.4	0.0
2012	538.298	255.387	255.4	0.0	0.0
2013	439.762	105.656	0.0	0.0	0.0
n=	49		863738.5	30229052.0	1121407097.3
Mo=	590.345				
M1=	367.236				
M2=	273.457				
M3=	220.531				
E=	-0.004				
β=	-0.034				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

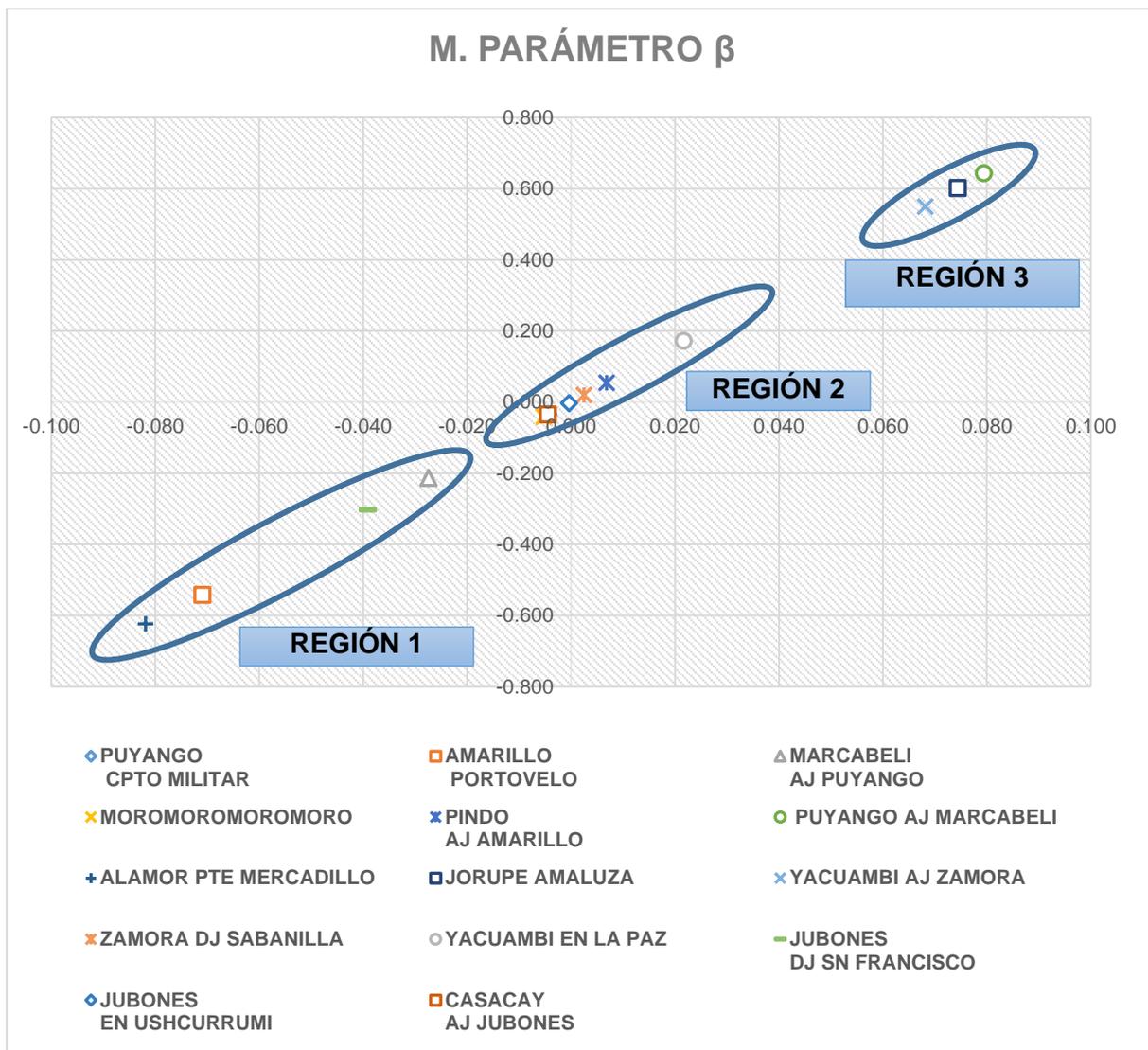


Gráfico 6. Método del parámetro β -Distribución GVE.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Las regiones 1, 2 y 3 obtenidas en cada uno de los métodos expuestos en la sección 3.6.6, sirven como base para delimitar la región homogénea. Estas regiones fueron comparadas como un conjunto de datos, de donde se toma las estaciones hidrométricas que se repiten el mayor número de veces en cada uno de las regiones de los métodos mencionados anteriormente, por lo tanto la región homogénea para nuestro caso de estudio queda comprendida por las estaciones: "Moromoro en Moromoro H0592", "Puyango En Cpto.Militar (Pte. Carretera) H0591", "Marcabelí Aj Puyango H090", "Amarillo en Portovelo H0588", "Alamor en Pte Mercadillo H0625" Y "Jorupe en Amaluza H0621".

2.6.3.5. **Análisis Regional**

El análisis regional hidrológico permite inferir eventos para ciertos períodos de retorno en cuencas con escasa o nula información, a través del empleo de modelos matemáticos de probabilidad y de características fisiográficas y climatológicas de la cuenca en estudio y de las cuencas vecinas. Para nuestro caso de estudio se determinara los eventos para diferentes periodos de retorno en el punto de interés (Convergencia de los ríos Calera y Amarillo) con información nula. Para ello se realiza el análisis regional con la Técnica de las Estaciones-Año.

2.6.3.5.1. *Técnica de las estaciones-año*

Esta técnica considera realizar el tratamiento de una sola muestra conformada por un registro estandarizado de eventos, el cual una vez que se construye se ajusta a un conjunto de distribuciones de probabilidad. A diferencia de otras técnicas, esta no requiere que la muestra tenga una longitud de registro común; haciendo referencia al tamaño de la muestra, es recomendable que por lo menos se cuente con un total de registros de 10 años. Sin embargo esta recomendación no es estricta y puede dar flexibilidad a utilizar muestras con menos registros, siempre y cuando, dentro de ésta muestra se encuentren eventos extremos que puedan afectar el comportamiento del fenómeno en la región, entonces se deberán incluir en el estudio.

Existe un procedimiento a seguir en la técnica de estaciones-año, y se describe a continuación:

- 1) Para cada serie j se genera una muestra modulada de la forma:

$$q_j^i = \frac{Q_j^i}{\bar{Q}^j}$$

Ecuación 200.

- 2) Se forma el registro llamado estaciones-año, de tamaño $n_T = \sum_{j=1}^{ms} n_j$ con todos los eventos modulados q_j^i .
- 3) El registro se ordena de mayor a menor y se le asigna un período de retorno t (años) y una probabilidad de no excedencia P .

$$T = \frac{n_T + 1}{m}$$

Ecuación 201.

$$P(X \leq x) = P = 1 - \frac{1}{T}$$

Ecuación 202.

Donde:

n_T - es el tamaño de muestra del registro estaciones-año

m - es el número de orden del registro, desde $m=1, \dots, n_T$.

- 4) Al registro formado en el paso anterior, se le ajustan las diferentes distribuciones de probabilidad para el análisis de máximos (Gumbel, Normal, Log-Pearson, NASH, Gamma 2-3, Log-Normal, GVE) y se selecciona la de mejor ajuste.
- 5) Se estiman los eventos regionales para diferentes períodos de retorno, los cuales serán válidos para cualquier punto dentro de la zona de estudio.

$$(q)_T^R = \left(\frac{Q}{\bar{Q}} \right)_T^R$$

Ecuación 203.

T= 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1 000, 5 000 y 10 000 años.

- 6) Si se quiere obtener un evento \bar{Q}_T^j en un sitio j que tiene escasa información, se multiplica la relación regional $(q)_T^R$ por el correspondiente valor de \bar{Q}^j , que es la media de cada registro. Si se desea obtener el evento en un sitio no aforado (e) que pertenezca a la región homogénea, se encuentra la ecuación representativa (lineal, potencial, logarítmica, etc.) de la relación entre las medias de las estaciones aforadas \bar{Q}^j y el atributo o característica fisiográfica de mayor importancia. A partir de esto se calcula el valor de la media de la estación no aforada \bar{Q}^e para el atributo del sitio (e), y por último se determina el evento deseado utilizando la relación regional.

El procedimiento propuesto en la *sección 2.6.3.5.1* para la técnica de estaciones-año se resume en las tablas No. 37, 38 y 39.

Tabla 37. Cálculo del gasto medio y estadísticos.

Año	ESTACIONES					
	H0592	H0591	H5090	H0588	H0625	H0621
1963				16.803		
1964				78.672		
1965		483.17		55.028		
1966		281.048		77.2		
1967		518		802.8	202.3	
1968		261.181		50.848	2.029	
1969		497.248		153.3	11.294	
1970		283.457		47.314	8.593	
1971		608.066		186.9	14.551	
1972		826.62		781.3	14.682	
1973		724.734		110.185	17.551	
1974		445.486		73.156	7.399	
1975		755.147		108.345	205	
1976		987.726		101.108	33.034	
1977		357.711		58.49	13.615	
1978		461.542	4.3	56.703	7.1	15.014
1979		418.525	16.6	70.621	6.356	15.014
1980		416.385		890.4	15.909	49.6
1981		872.881	1.7	83.361	32.797	75.4
1982		665.396	172.4	83.374	953.268	8.346
1983		887.034	177.5	876.9	20.628	29.261
1984		859.637	26.5	55.413	0.961	15.014
1985	12.828	484.8	19.3	545.1	6.132	14.133
1986	11.883	399.383	36.6	37.911	6.119	16.087
1987	31.482	470.344	71.7	49.374	3.2	43.2
1988	29.6	408.879	25.7	498.7	73.49	13.086
1989	46.247	744.545	130.4	72.243	2.104	21.673
1990	6.364	255.387	61.6	141	73.382	18.759
1991	17.318	393.811	78.9	43.974	74.335	16.728
1992	53.929	369.647		84.615	581.14	11.482
1993		1219.2			78.127	92.5
1994		563.331			75.57	16.658
1995		105.656			9.096	70.4
1996		1581			159.1	17.575
1997		797.9			253.76	17.635
1998		927.638			329.032	55.3
1999		801.677			578.265	16.427
2000		844.328		3.127	73.57	20.945
2001		579.729			0.486	25.548
2002		641.293			74.633	16.728
2003		307.405			5.989	
2004		377.471			16.446	
2005		427.541			128.898	
2006		619.915			7.041	8.487
2007		571.864			127.862	21.414
2008		863.998			20.31	24.098
2009		582.889			54.775	93.3
2010		488.506			6.117	79.1
2011		509.718			32.763	74.8
2012		538.298			32.763	11.484
2013		439.762				10.05
2014						3.65
2015						
Media x	26.21	590.35	63.32	203.04	96.77	30.56
Desv. Est. S	17.18	268.10	60.99	275.04	183.38	26.26
Asimetría g	0.59	1.26	1.02	1.78	3.22	1.34
Curtosis k	-1.01	2.81	-0.23	1.67	11.44	0.44
Coef. Var. Cv	0.66	0.45	0.96	1.35	1.89	0.86
Kc	1.77	1.72	1.9	1.67	1.65	1.68

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 38. Muestra modulada.

Año	Muestra Modulada Q/Qmed					
	H0592	H0591	H090	H0588	H0625	H0621
1963				0.08		
1964				0.39		
1965		0.82		0.27		
1966		0.48		0.38		
1967		0.88		3.95	2.09	
1968		0.44		0.25	0.02	
1969		0.84		0.76	0.12	
1970		0.48		0.23	0.09	
1971		1.03		0.92	0.15	
1972		1.40		3.85	0.15	
1973		1.23		0.54	0.18	
1974		0.75		0.36	0.08	
1975		1.28		0.53	2.12	
1976		1.67		0.50	0.34	
1977		0.61		0.29	0.14	
1978		0.78	0.07	0.28	0.07	0.49
1979		0.71	0.26	0.35	0.07	0.49
1980		0.71		4.39	0.16	1.62
1981		1.48	0.03	0.41	0.34	2.47
1982		1.13	2.72	0.41	9.85	0.27
1983		1.50	2.80	4.32	0.21	0.96
1984		1.46	0.42	0.27	0.01	0.49
1985	0.49	0.82	0.30	2.68	0.06	0.46
1986	0.45	0.68	0.58	0.19	0.06	0.53
1987	1.20	0.80	1.13	0.24	0.03	1.41
1988	1.13	0.69	0.41	2.46	0.76	0.43
1989	1.76	1.26	2.06	0.36	0.02	0.71
1990	0.24	0.43	0.97	0.69	0.76	0.61
1991	0.66	0.67	1.25	0.22	0.77	0.55
1992	2.06	0.63		0.42	6.01	0.38
1993		2.07			0.81	3.03
1994		0.95			0.78	0.55
1995		0.18			0.09	2.30
1996		2.68			1.64	0.58
1997		1.35			2.62	0.58
1998		1.57			3.40	1.81
1999		1.36			5.98	0.54
2000		1.43		0.02	0.76	0.69
2001		0.98			0.01	0.84
2002		1.09			0.77	0.55
2003		0.52			0.06	
2004		0.64			0.17	
2005		0.72			1.33	
2006		1.05			0.07	0.28
2007		0.97			1.32	0.70
2008		1.46			0.21	0.79
2009		0.99			0.57	3.05
2010		0.83			0.06	2.59
2011		0.86			0.34	2.45
2012		0.91			0.34	0.38
2013		0.74				0.33
2014						0.12
2015						

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 39. Registro Estaciones-año.

Registro Estaciones-Año				
m	ordenado	Período retorno	Probabilidad de Excedencia	Probabilidad de no Excedencia
	Q/Qmed	Tr (Años)	1/Tr	P(1 - 1/Tr)
1	9.85	182.00	0.01	0.99
2	6.01	91.00	0.01	0.99
3	5.98	60.67	0.02	0.98
4	4.39	45.50	0.02	0.98
5	4.32	36.40	0.03	0.97
6	3.95	30.33	0.03	0.97
7	3.85	26.00	0.04	0.96
8	3.40	22.75	0.04	0.96
9	3.05	20.22	0.05	0.95
10	3.03	18.20	0.05	0.95
11	2.80	16.55	0.06	0.94
12	2.72	15.17	0.07	0.93
13	2.68	14.00	0.07	0.93
14	2.68	13.00	0.08	0.92
15	2.62	12.13	0.08	0.92
16	2.59	11.38	0.09	0.91
17	2.47	10.71	0.09	0.91
18	2.46	10.11	0.10	0.90
19	2.45	9.58	0.10	0.90
20	2.30	9.10	0.11	0.89
21	2.12	8.67	0.12	0.88
22	2.09	8.27	0.12	0.88
23	2.07	7.91	0.13	0.87
24	2.06	7.58	0.13	0.87
25	2.06	7.28	0.14	0.86
26	1.81	7.00	0.14	0.86
27	1.76	6.74	0.15	0.85
28	1.67	6.50	0.15	0.85
29	1.64	6.28	0.16	0.84
30	1.62	6.07	0.16	0.84
31	1.57	5.87	0.17	0.83
32	1.50	5.69	0.18	0.82
33	1.48	5.52	0.18	0.82
34	1.46	5.35	0.19	0.81
35	1.46	5.20	0.19	0.81
36	1.43	5.06	0.20	0.80
37	1.41	4.92	0.20	0.80
38	1.40	4.79	0.21	0.79
39	1.36	4.67	0.21	0.79
40	1.35	4.55	0.22	0.78

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación de la tabla 39.

Registro Estaciones-Año				
m	ordenado	Período retorno	Probabilidad de Excedencia	Probabilidad de no Excedencia
	Q/Qmed	Tr (Años)	1/Tr	P(1 - 1/Tr)
41	1.33	4.44	0.23	0.77
42	1.32	4.33	0.23	0.77
43	1.28	4.23	0.24	0.76
44	1.26	4.14	0.24	0.76
45	1.25	4.04	0.25	0.75
46	1.23	3.96	0.25	0.75
47	1.20	3.87	0.26	0.74
48	1.13	3.79	0.26	0.74
49	1.13	3.71	0.27	0.73
50	1.13	3.64	0.27	0.73
51	1.09	3.57	0.28	0.72
52	1.05	3.50	0.29	0.71
53	1.03	3.43	0.29	0.71
54	0.99	3.37	0.30	0.70
55	0.98	3.31	0.30	0.70
56	0.97	3.25	0.31	0.69
57	0.97	3.19	0.31	0.69
58	0.96	3.14	0.32	0.68
59	0.95	3.08	0.32	0.68
60	0.92	3.03	0.33	0.67
61	0.91	2.98	0.34	0.66
62	0.88	2.94	0.34	0.66
63	0.86	2.89	0.35	0.65
64	0.84	2.84	0.35	0.65
65	0.84	2.80	0.36	0.64
66	0.83	2.76	0.36	0.64
67	0.82	2.72	0.37	0.63
68	0.82	2.68	0.37	0.63
69	0.81	2.64	0.38	0.62
70	0.80	2.60	0.38	0.62
71	0.79	2.56	0.39	0.61
72	0.78	2.53	0.40	0.60
73	0.78	2.49	0.40	0.60
74	0.77	2.46	0.41	0.59
75	0.77	2.43	0.41	0.59
76	0.76	2.39	0.42	0.58
77	0.76	2.36	0.42	0.58
78	0.76	2.33	0.43	0.57
79	0.76	2.30	0.43	0.57
80	0.75	2.28	0.44	0.56
81	0.74	2.25	0.45	0.55
82	0.72	2.22	0.45	0.55
83	0.71	2.19	0.46	0.54
84	0.71	2.17	0.46	0.54
85	0.71	2.14	0.47	0.53
86	0.70	2.12	0.47	0.53
87	0.69	2.09	0.48	0.52
88	0.69	2.07	0.48	0.52
89	0.69	2.04	0.49	0.51
90	0.68	2.02	0.49	0.51

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación de la tabla 39.

Registro Estaciones-Año				
m	ordenado	Período retorno	Probabilidad de Excedencia	Probabilidad de no Excedencia
	Q/Qmed	Tr (Años)	1/Tr	P(1 - 1/Tr)
91	0.67	2.00	0.50	0.50
92	0.66	1.98	0.51	0.49
93	0.64	1.96	0.51	0.49
94	0.63	1.94	0.52	0.48
95	0.61	1.92	0.52	0.48
96	0.61	1.90	0.53	0.47
97	0.58	1.88	0.53	0.47
98	0.58	1.86	0.54	0.46
99	0.58	1.84	0.54	0.46
100	0.57	1.82	0.55	0.45
101	0.55	1.80	0.55	0.45
102	0.55	1.78	0.56	0.44
103	0.55	1.77	0.57	0.43
104	0.54	1.75	0.57	0.43
105	0.54	1.73	0.58	0.42
106	0.53	1.72	0.58	0.42
107	0.53	1.70	0.59	0.41
108	0.52	1.69	0.59	0.41
109	0.50	1.67	0.60	0.40
110	0.49	1.65	0.60	0.40
111	0.49	1.64	0.61	0.39
112	0.49	1.63	0.62	0.38
113	0.49	1.61	0.62	0.38
114	0.48	1.60	0.63	0.37
115	0.48	1.58	0.63	0.37
116	0.46	1.57	0.64	0.36
117	0.45	1.56	0.64	0.36
118	0.44	1.54	0.65	0.35
119	0.43	1.53	0.65	0.35
120	0.43	1.52	0.66	0.34
121	0.42	1.50	0.66	0.34
122	0.42	1.49	0.67	0.33
123	0.41	1.48	0.68	0.32
124	0.41	1.47	0.68	0.32
125	0.41	1.46	0.69	0.31
126	0.39	1.44	0.69	0.31
127	0.38	1.43	0.70	0.30
128	0.38	1.42	0.70	0.30
129	0.38	1.41	0.71	0.29
130	0.36	1.40	0.71	0.29
131	0.36	1.39	0.72	0.28
132	0.35	1.38	0.73	0.27
133	0.34	1.37	0.73	0.27
134	0.34	1.36	0.74	0.26
135	0.34	1.35	0.74	0.26
136	0.34	1.34	0.75	0.25
137	0.33	1.33	0.75	0.25
138	0.30	1.32	0.76	0.24
139	0.29	1.31	0.76	0.24
140	0.28	1.30	0.77	0.23

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación de la tabla 39.

Registro Estaciones-Año				
m	ordenado	Período retorno	Probabilidad de Excedencia	Probabilidad de no Excedencia
	Q/Qmed	Tr (Años)	1/Tr	P(1 - 1/Tr)
141	0.28	1.29	0.77	0.23
142	0.27	1.28	0.78	0.22
143	0.27	1.27	0.79	0.21
144	0.27	1.26	0.79	0.21
145	0.26	1.26	0.80	0.20
146	0.25	1.25	0.80	0.20
147	0.24	1.24	0.81	0.19
148	0.24	1.23	0.81	0.19
149	0.23	1.22	0.82	0.18
150	0.22	1.21	0.82	0.18
151	0.21	1.21	0.83	0.17
152	0.21	1.20	0.84	0.16
153	0.19	1.19	0.84	0.16
154	0.18	1.18	0.85	0.15
155	0.18	1.17	0.85	0.15
156	0.17	1.17	0.86	0.14
157	0.16	1.16	0.86	0.14
158	0.15	1.15	0.87	0.13
159	0.15	1.14	0.87	0.13
160	0.14	1.14	0.88	0.12
161	0.12	1.13	0.88	0.12
162	0.12	1.12	0.89	0.11
163	0.09	1.12	0.90	0.10
164	0.09	1.11	0.90	0.10
165	0.08	1.10	0.91	0.09
166	0.08	1.10	0.91	0.09
167	0.07	1.09	0.92	0.08
168	0.07	1.08	0.92	0.08
169	0.07	1.08	0.93	0.07
170	0.07	1.07	0.93	0.07
171	0.06	1.06	0.94	0.06
172	0.06	1.06	0.95	0.05
173	0.06	1.05	0.95	0.05
174	0.06	1.05	0.96	0.04
175	0.03	1.04	0.96	0.04
176	0.03	1.03	0.97	0.03
177	0.02	1.03	0.97	0.03
178	0.02	1.02	0.98	0.02
179	0.02	1.02	0.98	0.02
180	0.01	1.01	0.99	0.01
181	0.01	1.01	0.99	0.01
x	1.00			
S	1.21			
g	3.49			
k	17.99			
Cv	1.21			
n=	181	Datos		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Obtenido el registro de estaciones-año con la muestra modulada ordenada de mayor a menor, se le ajustaron las distribuciones de probabilidad para el análisis de máximos (Gumbel, Normal, Log-Pearson, NASH, Gamma 2-3, Log-Normal, GVE) y se selecciona la de mejor ajuste.

Tabla 40. Análisis de frecuencia-Menor Error Estándar de Ajuste.

Tr (Años)	NORMAL			GAMMA2			GAMMA 3		GUMBEL			
	M	MV	ML	M	MV	ML	M	MPP	M	MV	ML	ME
	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT	QT
2	1.0	1.0	1.0	0.59	0.70	0.66	1.32	0.55	0.80	0.80	0.84	0.85
5	2.02	2.02	1.79	1.63	1.60	1.61	2.18	1.54	1.87	1.49	1.70	1.64
10	2.56	2.56	2.20	2.49	2.29	2.35	3.06	2.40	2.58	1.95	2.27	2.16
20	3.00	3.00	2.54	3.39	2.98	3.11	4.07	3.34	3.27	2.39	2.82	2.66
50	3.49	3.49	2.92	4.63	3.92	4.14	5.57	4.67	4.15	2.95	3.53	3.30
100	3.82	3.82	3.17	5.62	4.64	4.94	6.81	5.74	4.81	3.38	4.06	3.79
500	4.49	4.49	3.69	8.01	6.36	6.86	9.98	8.38	6.34	4.36	5.28	4.90
1000	4.75	4.75	3.88	9.08	7.12	7.71	11.46	9.58	6.99	4.79	5.81	5.38
5000	5.30	5.30	4.30	11.67	8.93	9.75	15.13	12.50	8.52	5.77	7.03	6.50
10000	5.51	5.51	4.47	12.82	9.73	10.65	16.80	13.81	9.17	6.19	7.56	6.98
E.E.	0.95	0.95	0.91	0.30	0.41	0.35	0.81	0.27	0.51	0.62	0.53	0.56

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 41. Análisis de frecuencia-Menor Error Estándar de Ajuste.

Tr (Años)	LOG-NORMAL 2	GVE			LOG-PEARSON	NASH
	M Y MV	M	MV	ML	M	M
	QT	QT	QT	QT	QT	QT
2	0.55	0.71	0.61	0.65	0.90	495.91
5	1.56	1.61	1.39	1.40	1.34	1087.40
10	2.68	2.34	2.20	2.10	1.63	1479.01
20	4.20	3.14	3.31	2.99	1.92	1854.66
50	6.95	4.38	5.46	4.57	2.29	2340.90
100	9.72	5.47	7.84	6.16	2.56	2705.26
500	19.18	8.66	17.69	11.91	3.19	3547.26
1000	24.90	10.39	24.94	15.67	3.46	3909.24
5000	43.33	15.47	55.00	29.26	4.09	4749.35
10000	54.01	18.22	77.16	38.16	4.36	5111.10
E.E.	0.47	0.31	0.16	0.19	0.81	0.46

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

La distribución de probabilidad que mejor se ajusta para el análisis de máximos de nuestro caso de estudio es la distribución GVE (MV), donde se estiman los eventos regionales para diferentes periodos de retorno, los cuales son válidos para cualquier punto dentro de la zona de estudio, como se muestra en la tabla 42.

Tabla 42. Distribución GVE (MV).

Muestra Modulada	Distribución	Estimadores	Tr (Años)									
			2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000
	GVE	MOMENTOS MV	0.61	1.39	2.20	3.31	5.46	7.84	17.68	24.94	54.99	77.15

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Los eventos extremos obtenidos mediante el análisis regional a través de la técnica de estaciones año, permiten efectuar la simulación de los valles o llanuras de inundación en el punto de interés (Convergencia de los ríos Calera y Amarillo) de la zona de estudio, dicha simulación se la realiza a través de los software HEC-RAS y ARC-GIS. Esta simulación se basa en la metodología expuesta por Melgarejo (2013), en su Manual Básico de HEC-GeoRAS 10 (3ª edición), específicamente en el Curso de Especialización: *Modelación de ríos con HEC-RAS y SIG: Régimen permanente 1-D* (Ver Anexo 8).

Realizado el análisis regional hidrológico en la convergencia de los ríos Calera y Amarillo, se da paso a un análisis de calidad de agua por contenido de sólidos. La importancia de analizar este parámetro, es que debido a la excesiva explotación minera y pétreo en el sector, se está afectando de forma directa a los cauces naturales con valores de concentración de SS muy altos en temporada de estiaje, donde se le atribuye el hecho de que en verano las velocidades son bajas, existen caudales de estiaje, tirantes mínimos, propenso a la sedimentación; se puede mencionar que fluye en régimen uniforme, subcrítico, sin turbulencia. Por lo contrario en invierno, donde cambian estas condiciones de flujo, aumenta el caudal por tanto su área hidráulica y velocidad, produciéndose un lavado de los finos o sólidos sedimentables que se encuentran depositados en el fondo y orillas del cauce. Por lo tanto se hace una relación con el análisis hidrológico para observar o analizar de qué manera llegaría afectar la acumulación de SS en los ríos Calera y Amarillo.

2.7. Análisis de calidad de agua por contenido de sólidos.

Para realizar el análisis de calidad de agua por contenido de sólidos en la cuenca del río Puyango, se propone la siguiente metodología basada en el análisis volumétrico mediante el cono de Imhoff:

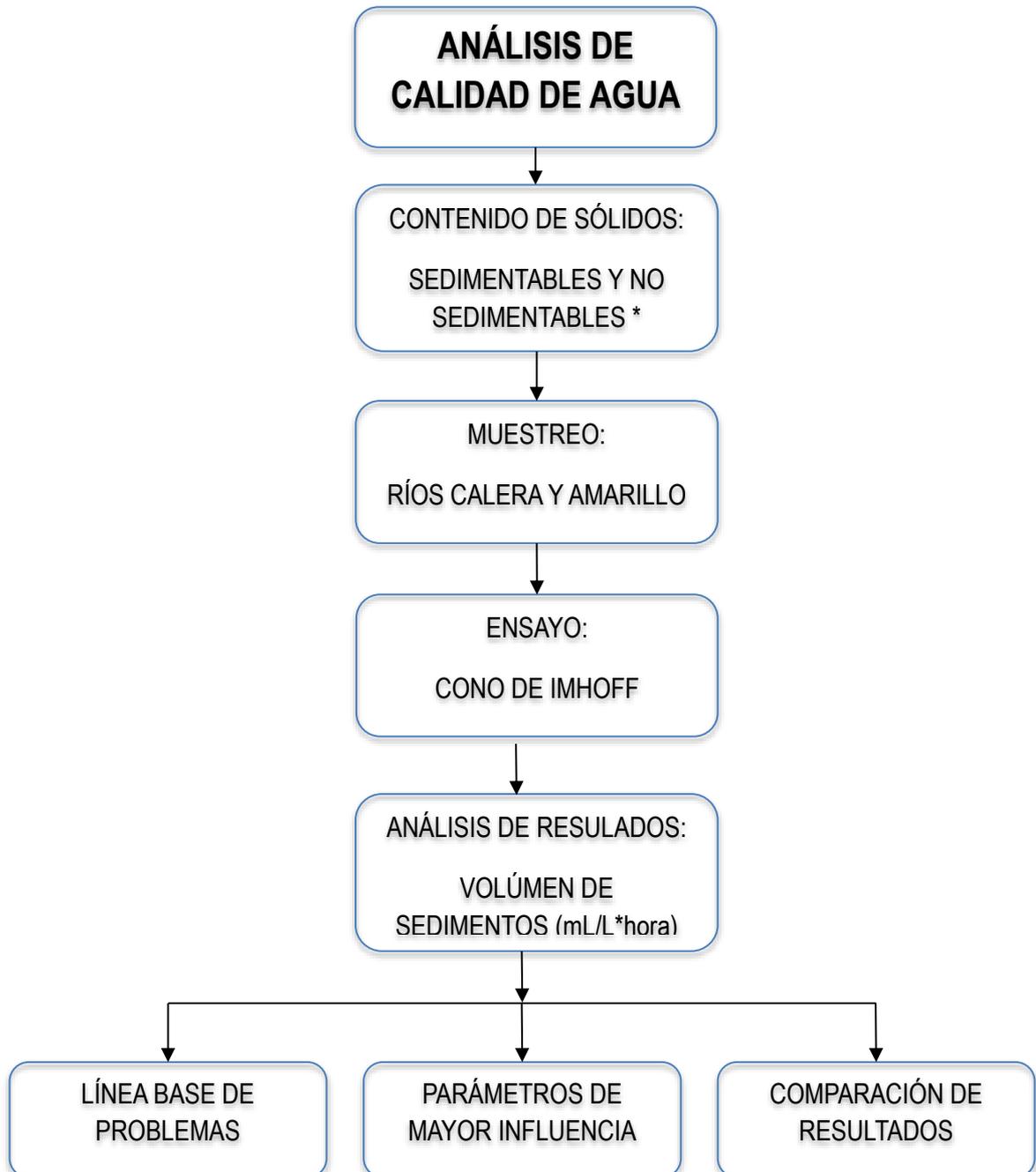


Figura 23: Metodología para el análisis de calidad de agua.
Fuente y elaboración: Propia.

* No se ejecuta la caracterización de ST a detalle.

Para el análisis de calidad de agua por contenido de sólidos sedimentables en los ríos Calera y Amarillo, se pretende realizar 5 campañas de muestreo, en diferentes puntos de control establecidos por la SENAGUA, para establecer una comparación de volúmenes de sólidos sedimentables en temporada de estiaje e invierno. Se ha establecido el número de campañas de muestreo, en relación a la poca disponibilidad de recursos económicos, de accesibilidad y movilidad con los que se cuenta para realizar el estudio.

2.8. Selección de los sitios de muestreo

La calidad de agua en los cauces del río Calera y Amarillo, se ve afectado por las descargas diarias de agua sin tratar o parcialmente tratadas, de las concesiones mineras que se asientan en las riberas de los cauces antes mencionados. El análisis de calidad de agua por contenido de sólidos realizado en la zona de estudio, se basa en el análisis volumétrico de muestras de agua, tanto, en puntos de control establecidos aguas arriba de las concesiones mineras, como aguas abajo de las mismas dentro de los cursos del río Calera y Amarillo.

Los sitios para realizar el muestreo de sólidos sedimentables del proyecto, se seleccionan en base a puntos prestablecidos en los cuales existe información preliminar o datos históricos, que nos permitirá realizar el análisis comparativo posterior. Se toma la codificación de puntos de muestreo dados por la SENAGUA, que posee registros del periodo 2001-2015 en la zona de estudio.

En las visitas de campo realizadas a la zona de estudio, por observación directa se ha podido determinar que existe una elevada contaminación de sólidos sedimentables que se presume son de origen antropogénico a causa de las descargas de las plantas de beneficio que se encuentran en el sector. Dedución dada por el cambio de coloración en el curso de agua del río Calera que se observó durante el tiempo de permanencia en el sitio de muestreo.

En la tabla No. 43 se presenta los puntos y codificación donde se registran los diferentes datos de calidad de agua de estos cursos por la SENAGUA y, que nos sirven como referencia para ubicar los puntos de interés de esta investigación los cuales se resumen en la tabla No. 44.

En los puntos seleccionados se determina la calidad del agua por contenido de sólidos que presenta la zona de estudio y, así mismo, realizar el análisis comparativo.

Tabla 43. Puntos de control SENAGUA

X	Y	ALTURA	CÓDIGO ESTACION	UNIDAD HIDROGRÁFICA	NIVEL U.H.	SITIO	FUENTE	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
649673	9597714	839	DHPC-POAIP-001	13949	5	Puente de Buza	Río Calera	El Oro	Zaruma	Muluncay Grande
657735	9593191	786	BEP-PT-EC-04	13949	5	Puente vía Zaruma-Guishaguña	Río Amarillo	El Oro	Zaruma	Guishaguña
651452	9587706	590.3	BEP-PT-EC-08	13949	5	Río calera y Amarillo, en Puente Negro	Convergencia de los ríos Calera y Amarillo	El Oro	Portovelo	Portovelo

Fuente: SENAGUA, 2017.

Elaboración: Propia.

Tabla 44. Puntos de interés.

X	Y	ALTURA	UNIDAD HIDROGRÁFICA	NIVEL U.H.	SITIO	FUENTE	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
651585	9588008	587.85	13949	5	Redondel Portovelo-Zaruma	Río Calera	El Oro	Portovelo	Portovelo
651644	9588145	594.5	13949	5	Redondel Portovelo-Zaruma	Río Calera	El Oro	Portovelo	Portovelo
651452	9587706	590.3	13949	5	Río calera y Amarillo, en Puente Negro	Convergencia de los ríos Calera y amarillo	El Oro	Portovelo	Portovelo
651690	9587790	603.4	13949	5	Redondel Portovelo-Zaruma	Río Amarillo	El Oro	Portovelo	Portovelo
651820	9587935	604.48	13949	5	Redondel Portovelo-Zaruma	Río Amarillo	El Oro	Portovelo	Portovelo
651585	9588008	587.85	13949	5	Redondel Portovelo-Zaruma	Río Calera	El Oro	Portovelo	Portovelo
651741	9588591	636.31	13949	5	Redondel Portovelo-Zaruma	Río Calera	El Oro	Portovelo	Portovelo

Fuente: SENAGUA, 2017.

Elaboración: Propia.

En la Fig. No 24 se presenta el mapa temático de los puntos de muestreo histórico de SENAGUA y los puntos de interés seleccionados para esta investigación.

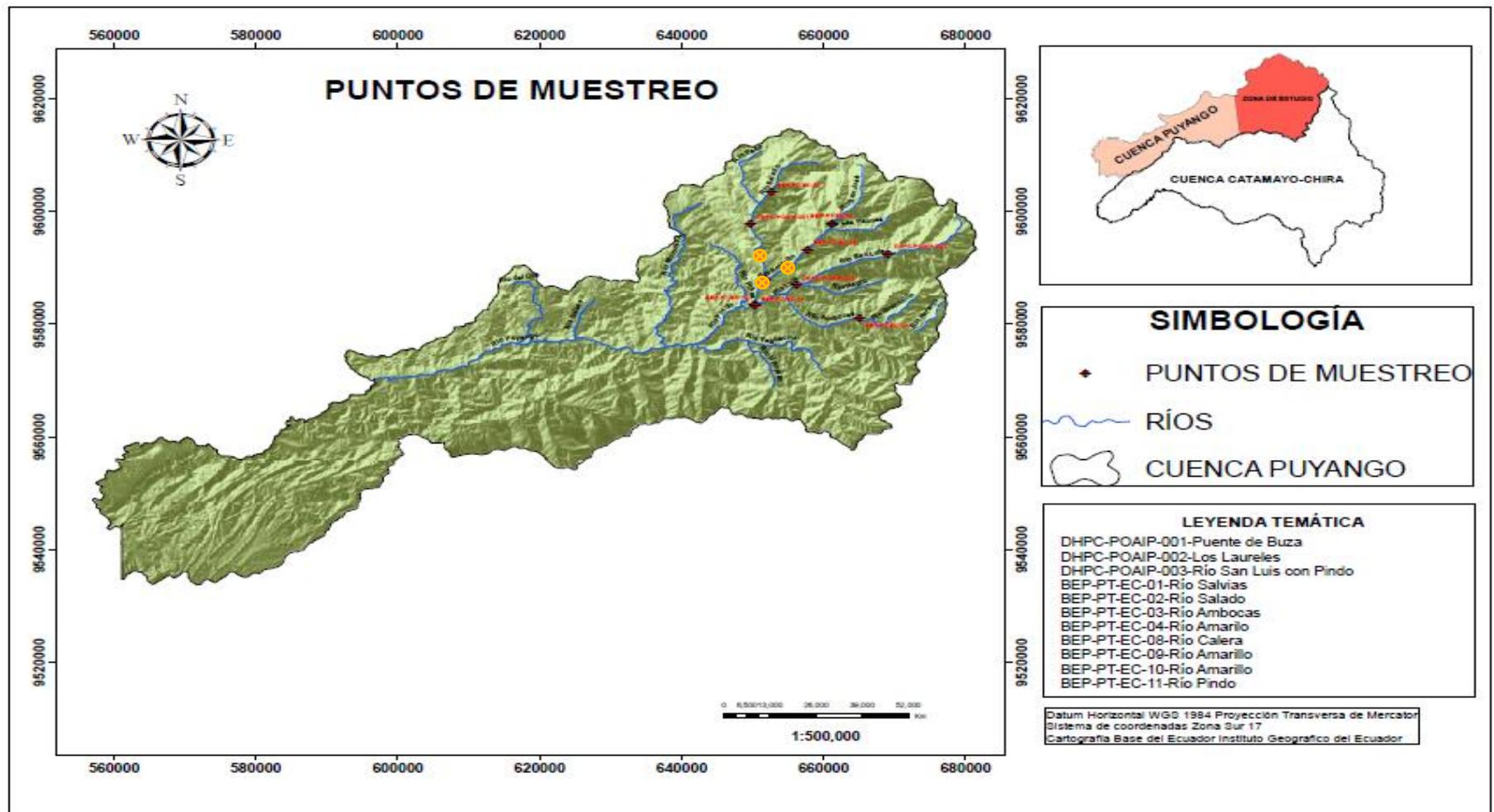


Figura 24: Puntos de muestreo.

Fuente: Estimación de la lluvia “R” para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.9. Determinar los puntos de mayor contaminación en la zona de estudio.

Para determinar los puntos de mayor contaminación en la zona de estudio, se toma como referencia los ríos Calera y Amarillo, con puntos de control aguas arriba de las descargas mineras establecidos por la SENAGUA en el periodo 2001-2015. Este muestreo in situ se lo realiza mediante el ensayo de análisis volumétrico con el cono de Imhoff, para establecer los parámetros por contenido de sólidos sedimentables que están afectando la calidad de agua en la zona de estudio.

Con la información obtenida en la coordinación Zonal 7 del MSP, se pretende realizar el análisis de cómo está perjudicando a la salud de los habitantes, la calidad de agua por contenido de sólidos, la influencia de la minería y la extracción de pétreos en la zona (Ver sección 1.16.).

Una vez obtenido el análisis de calidad de agua por contenido de sólidos sedimentables y no sedimentables, la influencia de la minería, la extracción de pétreos y el análisis referente a la afectación en la salud, se procede a seleccionar y determinar, cada uno de los parámetros de mayor afectación, para establecer o recomendar un programa de mitigación y control en los cauces de los ríos Calera y Amarillo.

2.10. Toma de muestras

Para la toma de muestras, se sigue el protocolo establecido según Obregón & García (2016) para la determinación de sólidos sedimentables.

Se hace referencia al análisis volumétrico en muestras de agua:

2.10.1. Ensayo Volumétrico

2.10.1.1. Equipos y materiales

Para realizar el ensayo volumétrico se utiliza el cono de Imhoff, varilla de vidrio para homogenizar la muestra, cronómetro, recipientes de 1 L de capacidad para la toma de la muestra, soporte metálico para el Cono de Imhoff, sujetador y una libreta de anotaciones.



Figura 25: Equipos y materiales.
Fuente y elaboración: Propia.

2.10.1.2. **Procedimiento**

El procedimiento que se sigue para determinar el volumen de sólidos sedimentables de una muestra de agua, es el que se detalla a continuación:

- Se llena el cono Imhoff hasta la marca de 1L con la muestra bien mezclada a fondo, y se deja sedimentar durante 60 min.
- Se agita la muestra cerca de las paredes del cono, con un agitador o mediante rotación.
- Se deja sedimentar durante 10 minutos y se registra el volumen de sólidos sedimentables en el Cono como mL/L.
- El límite inferior práctico de la medición depende de la composición de la muestra y generalmente se encuentra en el intervalo de 0.1 a 1.0 mL/L. Si ocurre la separación del material sedimentable del flotante, no estimar el flotante como materia sedimentable. Usualmente no se requieren duplicados.

Nota: La homogenización de la muestra es fundamental, antes de llenar el Cono Imhoff.

En la figura 26, se observa que el ensayo fue realizado in situ siguiendo el protocolo antes mencionando, el registro de datos de volúmenes de sólidos sedimentables, se tomaron en intervalos de 10 minutos, hasta completar los 60 minutos que dura el ensayo (Ver Anexo 9).



Figura 26: Ensayo y Toma de muestras.
Fuente y elaboración: Propia.

2.11. Puntualizar en la investigación de los resultados obtenidos de la red de estaciones de calidad de agua diseñada para la cuenca del río Puyango.

Para especificar en la investigación de los resultados obtenidos de la red de estaciones de calidad de agua diseñada en la cuenca del río Puyango por la SENAGUA en el período 2001-2015 (Tabla 45), se prevé comparar con los resultados del ensayo volumétrico realizado en los ríos Calera y Amarillo, para establecer un patrón de análisis de los sólidos sedimentables encontrados en el sector.

Tabla 45: Puntos de control establecidos por la SENAGUA

X	Y	ALTURA	CÓDIGO ESTACION	UNIDAD HIDROGRÁFICA	NIVEL U.H.	SITIO	FUENTE	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
649673	9597714	839	DHPC-POAIP-001	13949	5	Puente de Buza	Río Calera	El Oro	Zaruma	Muluncay Grande
657735	9593191	786	BEP-PT-EC-04	13949	5	Puente vía Zaruma-Guizhagüña	Río Amarillo	El Oro	Zaruma	Guizhagüña
651593	9587957	602	BEP-PT-EC-08	13949	5	AJ Río Amarillo, en Puente Negro	Río Calera	El Oro	Portovelo	Portovelo
651452	9587706	590.3	BEP-PT-EC-08	13949	5	Río calera y Amarillo, en Puente Negro	Convergencia de los ríos Calera y Amarillo	El Oro	Portovelo	Portovelo

Fuente: SENAGUA, 2017.
Elaboración: Propia.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Análisis de Independencia y Homogeneidad

Las pruebas de homogeneidad e independencia de eventos de cada una de las estaciones hidrométricas ubicadas en las cuencas de Catamayo, Jubones, Puyango y Santiago, se realiza previo al estudio de frecuencias de una serie de datos, para evaluar la calidad y la validez de su empleo, la tabla 46 muestra el análisis realizado.

Tabla 46. Pruebas de homogeneidad e independencia

CUENCA	ESTACIÓN	HOMEGENEIDAD			INDEPENDENCIA
		HELMERT	T DE STUDENT	CRAMER	ANDERSSON
CATAMAYO	ALAMOR_PTE MERCADILLO	NO	SI	SI	SI
	JORUPE_AMALUZA	NO	SI	SI	SI
	UCHIMA_AJ CHAMBA	NO	NO	NO	NO
	ARENAL_PTE BOQUERÓN	NO	SI	NO	NO
	CANAL_ARENAL	NO	SI	NO	SI
	CATAMAYO_PTE STA ROSA	NO	SI	SI	SI
JUBONES	PAQUISHAPA EN PTE. CARRETERA	NO	SI	NO	SI
	JUBONES D.J. MINAS	NO	NO	NO	SI
	JUBONES D.J. SN. FRANCISCO	NO	SI	SI	SI
	JUBONES EN USHCURRUMI	NO	SI	SI	SI
	CASACAY A.J. JUBONES	SI	SI	SI	SI
PUYANGO	PUYANGO_CPTO MILITAR	NO	SI	SI	SI
	AMARILLO_PORTOVELO	NO	SI	SI	SI
	MARCABELÍ_AJ PUYANGO	SI	SI	SI	SI
	MORMORO_MOROMORO	NO	SI	SI	SI
	PINDO_AJ AMARILLO	NO	SI	SI	SI
	PUYANGO_AJ MARCABELÍ	SI	SI	SI	SI
SANTIAGO	YACUAMBI A.J. ZAMORA	SI	SI	SI	SI
	ZAMORA D.J. SABANILLA	SI	SI	NO	SI
	YACUAMBI EN LA PAZ	NO	SI	SI	SI

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Las estaciones hidrométricas denominadas como UCHIMA_AJ CHAMBA, PAQUISHAPA EN PTE. CARRETERA, JUBONES D.J. MINAS, ARENAL_PTE BOQUERÓN y CANAL_ARENAL son descartadas por no superar el análisis de independencia y homogeneidad.

Los datos de la estación hidrométrica CATAMAYO_PTE STA ROSA, no son suficientes en cantidad para indicarse representativos, por lo tanto también es descartada.

3.1.2. Análisis de valores extremos

En el análisis de valores extremos intervienen las distribuciones de frecuencia programadas a calcular para cada una de las estaciones hidrométricas de las cuencas Catamayo, Jubones, Puyango y Santiago (Tabla 47). Para efecto, se utilizó hojas electrónicas de la herramienta ofimática Excel, donde la bondad de ajuste es probada por medio del menor Error Estándar de Ajuste (Ver Tablas 48, 49, 50 y 51).

Tabla 47. Distribuciones Estadísticas

DISTRIBUCIONES PROGRAMADAS	MOMENTOS	MÁXIMA VEROSIMILITUD	MÁXIMA ENTROPÍA	MOMENTOS L	MOMENTOS DE PROBABILIDAD PESADA
GAMMA 2	SI	SI	NO	SI	NO
GAMMA 3	SI	SI	SI	SI	NO
NORMAL	SI	SI	NO	SI	NO
LOG NORMAL 2	SI	SI	NO	NO	NO
GUMBEL	SI	SI	SI	SI	NO
GVE	SI	SI	NO	SI	NO
LOG PEARSON	SI	NO	NO	NO	NO
NASH	SI	NO	NO	NO	NO

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 48. Resumen de resultados de la aplicación de técnicas de análisis de frecuencia de eventos extremos -Cuenca Catamayo

CUENCA CATAMAYO		
ESTACIONES	H0625	H0621
PÉRIODO DE RETORNO	LOG NORMAL 2	GAMMA 3
	M Y MV	PROBABILIDAD PESADA
Tr (Años)	QT (m³/s)	Q (m³/s)
2	26.39	19.59
5	110.64	44.55
10	234.20	66.11
20	434.97	89.28
50	872.91	121.95
100	1388.69	147.98
500	3553.92	212.26
1000	5099.57	241.43
5000	10969.51	312.21
10000	14876.55	343.94
E.E.	43.1270	7.82

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 49. Resumen de resultados de la aplicación de técnicas de análisis de frecuencia de eventos extremos -Cuenca Jubones

CUENCA JUBONES			
ESTACIONES	H0529	H0530	0531
PÉRIODO DE RETORNO	LOG NORMAL	NASH	NASH
	M Y MV	MOMENTOS	MOMENTOS
Tr (Años)	QT (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)
2	298.77	495.91	495.91
5	637.51	1087.40	1087.40
10	947.79	1479.01	1479.01
20	1314.92	1854.66	1854.66
50	1900.57	2340.90	2340.90
100	2429.50	2705.26	2705.26
500	3993.35	3547.26	3547.26
1000	4833.63	3909.24	3909.24
5000	7247.60	4749.35	4749.35
10000	8514.68	5111.10	5111.10
E.E. (m³/s)	51.09	16.72	1.69

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 50. Resumen de resultados de la aplicación de técnicas de análisis de frecuencia de eventos extremos -Cuenca Puyango

ESTACIONES	CUENCA PUYANGO					
	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589
PÉRIODO DE RETORNO	LOG NORMAL 2	GAMMA 2	NASH	NASH	GAMMA 2	GVE
	M Y MV	ML	M	M	ML	ML
Tr (Años)	QT (m³/s)	QT (m³/s)	QT (m³/s)	QT (m³/s)	QT (m³/s)	QT (m³/s)
2	534.31	106.76	495.91	495.91	125.37	443.73
5	788.38	330.79	1087.40	1087.40	176.68	530.14
10	966.33	522.13	1479.01	1479.01	208.38	560.98
20	1143.14	726.73	1854.66	1854.66	237.24	579.40
50	1381.05	1013.97	2340.90	2340.90	272.76	593.51
100	1566.53	1242.30	2705.26	2705.26	298.31	599.73
500	2021.65	1804.34	3547.26	3547.26	354.79	606.82
1000	2229.82	2058.78	3909.24	3909.24	378.26	608.22
5000	2745.11	2675.38	4749.35	4749.35	431.43	609.82
10000	2981.76	2951.32	5111.10	5111.10	453.89	610.14
E.E. (m³/s)	46.97	107.84	14.96	3.32	8.2591	30.49

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 51. Resumen de resultados de la aplicación de técnicas de análisis de frecuencia de eventos extremos -Cuenca Santiago

CUENCA SANTIAGO			
ESTACIONES	YACUAMBI AJ ZAMORA	ZAMORA DJ SABANILLA	YACUAMBI EN LA PAZ
PÉRIODO DE RETORNO	GVE	NASH	NASH
	MOMENTOS L	MOMENTOS	MOMENTOS
Tr (Años)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
2	932.95	495.91	495.91
5	1158.73	1087.40	1087.40
10	1247.03	1479.01	1479.01
20	1303.55	1854.66	1854.66
50	1350.24	2340.90	2340.90
100	1372.49	2705.26	2705.26
500	1400.46	3547.26	3547.26
1000	1406.68	3909.24	3909.24
5000	1414.54	4749.35	4749.35
10000	1416.30	5111.10	5111.10
E.E. (m ³ /a)	71.85	22.63	52.93

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.1.3. Delimitación de regiones homogéneas

La delimitación de regiones homogéneas como se explica en la *sección 3.6.6*, utiliza los 5 métodos: Gráfico, Trazos Multidimensionales, Coeficiente de Variación, Región de Influencia y Parámetro β ; para la delimitación de la región homogénea, en cada uno de los métodos se obtuvo tres (3) regiones. Cabe mencionar que estos métodos no son excluyentes entre sí, sino que manejados adecuadamente pueden ser complementarios y definir de manera más confiable la región.

Los resultados de las regiones obtenidas mediante los 5 métodos aplicados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 52. Método Gráfico.

CUENCA PUYANGO	
NOMBRE	CODIGO
AMARILLO EN PORTOVELO	H0588
MARCABELI AJ PUYANGO	H0590
MOROMORO EN MOROMORO	H0592
PINDO AJ AMARILLO	H0587
PUYANGO AJ MARCABELI	H0589
PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	H0591
CUENCA CATAMAYO	
ALAMOR EN PTE MERCADILLO	H0625
CUENCA JUBONES	
PAQUISHAPA EN PTE. CARRETERA	H0526
JUBONES D.J. MINAS	H0528
JUBONES D.J. SN. FRANCISCO	H0529
JUBONES EN USHCURRUMI	H0530
CASACAY A.J. JUBONES	H0531

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 53. Método de los Trazos Multidimensionales.

TRAZOS MULTIDIMENSIONALES Tr= 2,5,10,20,50,100,500,1000,5000 y 10000 años		
ESTACIONES		
REGIÓN 1	REGIÓN 2	REGIÓN 3
MARCABELÍ AJ PUYANGO H0590	YACUAMBI EN LA PAZ H0912	PUYANGO AJ MARCABELÍ H0589
JORUPE EN AMALUZA H0621	ZAMORA DJ SABANILLA H0889	JUBONES DJ SN FRANCISCO H0529
ALAMOR PTE MERCADILLO H0625	YACUAMBI AJ ZAMORA H0887	JUBONES EN USHCURRUMI H0530
AMARILLO EN PORTOVELO H0588	PINDO AJ AMARILLO H0587	CASACAY AJ JUBONES H0531
PUYANGO CPTO MILITAR H0591		
MOROMORO_MOROMORO H0592		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 54. Método del Coeficiente de Variación.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN		
ESTACIONES		
REGIÓN 1	REGIÓN 2	REGIÓN 3
JORUPE EN AMALUZA H0621	ZAMORA DJ SABANILLA H0889	CASACAY AJ JUBONES H0531
PINDO AJ AMARILLO H0587	JUBONES DJ SN FRANCISCO H0529	MARCABELÍ AJ PUYANGO H0590
PUYANGO CPTO MILITAR H0591	AMARILLO EN PORTOVELO H0588	ALAMOR PTE MERCADILLO H0625
JUBONES EN USHCURRUMI H0530	PUYANGO AJ MARCABELÍ H0589	
	MOROMORO_MOROMORO H0592	
	YACUAMBI EN LA PAZ H0912	
	YACUAMBI AJ ZAMORA H0887	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 55. Método de la Región de Influencia.

REGIÓN DE INFLUENCIA		
ESTACIONES		
REGIÓN 1	REGIÓN 2	REGIÓN 3
JUBONES DJ SN FRANCISCO H0529	MARCABELI AJ PUYANGO H0590	YACUAMBI EN LA PAZ H0912
JUBONES EN USHCURRUMI H0530	PUYANGO CPTO MILITAR H0591	PINDO AJ AMARILLO H0587
ALAMOR PTE MERCADILLO H0625		PUYANGO AJ MARCABELÍ H0589
MOROMORO_MOROMORO H0592		AMARILLO EN PORTOVELO H0588
YACUAMBI AJ ZAMORA H0887		
JORUPE EN AMALUZA H0621		
CASACAY AJ JUBONES H0531		
ZAMORA DJ SABANILLA H0889		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 56. Método del parámetro β

M. PARÁMETRO β		
ESTACIONES		
REGIÓN 1	REGIÓN 2	REGIÓN 3
ALAMOR PTE MERCADILLO H0625	MOROMORO_MOROMORO H0592	YACUAMBI AJ ZAMORA H0887
AMARILLO EN PORTOVELO H0588	CASACAY AJ JUBONES H0531	JORUPE EN AMALUZA H0621
JUBONES DJ SN FRANCISCO H0529	PUYANGO CPTO MILITAR H0591	PUYANGO AJ MARCABELÍ H0589
MARCABELÍ AJ PUYANGO H0590	JUBONES EN USHCURRUMI H0530	
	ZAMORA DJ SABANILLA H0889	
	PINDO AJ AMARILLO H0587	
	YACUAMBI EN LA PAZ H0912	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Como se explicó en la sección 3.6.6, después de analizar las regiones obtenidas en cada uno de los métodos, la región homogénea es resultado de la coincidencias de las regiones que se repiten el mayor número de veces en cada método, por lo tanto la región homogénea para nuestro caso de estudio queda conformada como se muestra en la tabla No. 57.

Tabla 57. Región Homogénea.

REGIÓN HOMOGÉNEA
MOROMORO EN MOROMORO H0592
PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA) H0591
MARCABELÍ AJ PUYANGO H090
AMARILLO EN PORTOVELO H0588
ALAMOR EN PTE MERCADILLO H0625
JORUPE EN AMALUZA H0621

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.1.4. Análisis Regional

3.1.4.1. Técnica de las Estaciones-año

La delimitación de la región homogénea es el punto de partida para realizar la técnica regional de las estaciones-año; la sección 2.6.3.5 muestra el procedimiento a seguir para obtener los eventos máximos en un sitio que tenga escasa o nula información. Para nuestro caso de estudio se generó los eventos máximos para el sitio no aforado de la convergencia de los ríos Calera y Amarillo, para periodos de retorno de dos a diez mil años. Se presentan los resultados obtenidos con la correlación entre tres atributos de las cuencas drenadas y el gasto medio anual, para obtener los eventos extremos a través del análisis de frecuencia de distribución de probabilidad GVE con estimador MV, como se muestra en la tabla No. 58.

Tabla 58. Técnica de las Estaciones-año.

CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO			
Tr (años)	Estaciones-año Q (m ³ /s)		
	Kc	P (Km)	A (Ha)
2	114.68	102.98	237.45
5	135.06	233.62	538.67
10	117.41	369.26	851.41
20	213.80	555.03	1279.75
50	73.33	915.21	2110.22
100	113.08	1314.50	3030.87
500	106.15	2964.67	6835.69
1000	350.10	4180.74	9639.61
5000	161.76	9217.89	21253.86
10000	30.34	12932.61	29818.96

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.1.4.2. Valles o llanuras de inundación

La simulación de los valles o llanuras de inundación fueron generados a través del software HEC-RAS y ARC-GIS. Los resultados de una sección de la convergencia de los ríos Calera y Amarillo, obtenidos en HEC-RAS se presentan en la tabla No.59. En la figura No. 27 se observa los valles o llanuras de inundación que se pueden llegar a producir con los eventos máximos obtenidos con la técnica de las Estaciones año como se lo mencionó en la sección 3.6.7, y en la figura No. 28 se puede observar el perfil del río de la convergencia del Calera y Amarillo en 3D de la simulación realizada de los eventos máximos para los diferentes periodos de retorno (Tr).

Tabla 59. Resultados de una sección de la convergencia de los ríos Calera y Amarillo en HECRAS

RIO	ESTACIÓN	Tr años	Q Total m ³ /s	Elev min. m	Elev máx. m	Pendiente ‰	Velocidad m/s	Área de Flujo m ²	Ancho del río m	Número de Froude
CONVERGENCIA	2218.53	2	104.15	600	601	0.198	0.4	261.63	217.96	0.12
CONVERGENCIA	2218.53	5	236.28	600	602	0.283	0.61	386.13	220.88	0.15
CONVERGENCIA	2218.53	10	373.46	600	602	0.344	0.78	481.13	223.09	0.17
CONVERGENCIA	2218.53	20	561.35	600	603	0.407	0.96	586.46	225.51	0.19
CONVERGENCIA	2218.53	50	925.62	600	603	0.496	1.24	750.37	229.22	0.22
CONVERGENCIA	2218.53	100	1329.45	600	604	0.566	1.49	899.51	232.5	0.24
CONVERGENCIA	2218.53	500	2998.39	600	606	0.733	2.22	1370.07	241.99	0.29
CONVERGENCIA	2218.53	1000	4228.29	600	607	0.803	2.61	1648.93	247.5	0.31
CONVERGENCIA	2218.53	5000	9322.73	600	611	0.92	3.7	2599.21	266.16	0.36
CONVERGENCIA	2218.53	10000	13079.7	600	613	0.941	4.24	3206.24	278.4	0.37

Fuente y elaboración: Propia.

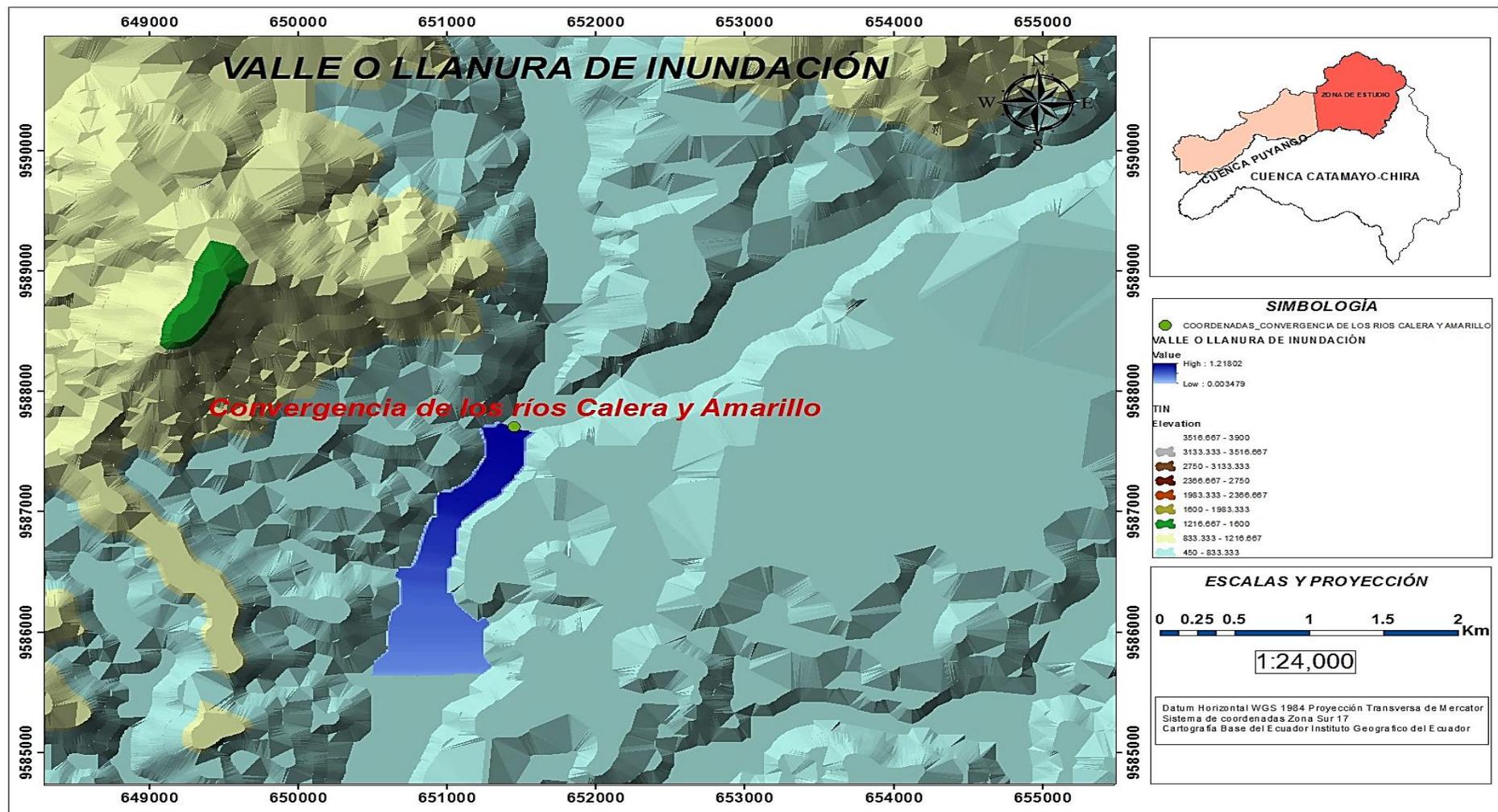


Figura 27: Valles o llanuras de inundación, Convergencia ríos Calera y Amarillo.
Fuente y elaboración: Propia.

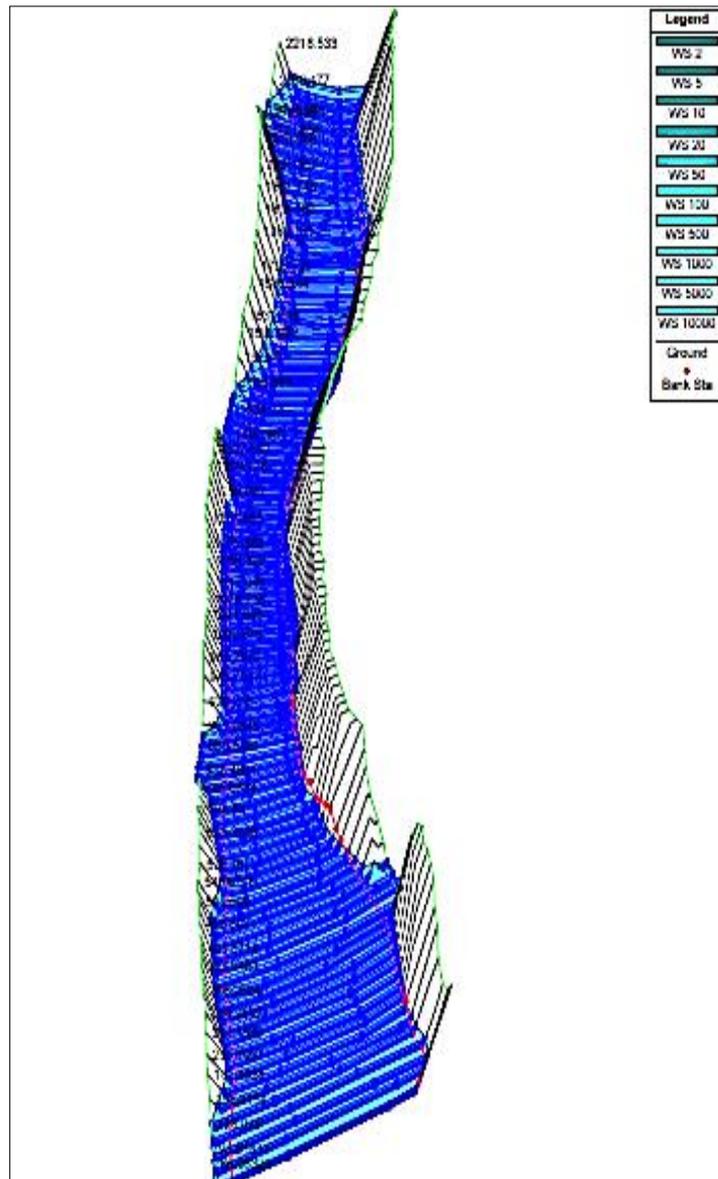


Figura 28: Perfil del río 3D, Convergencia Calera y Amarillo.
Fuente y elaboración: Propia.

3.1.5. Calidad del agua por contenido de sólidos

Se programó la ejecución de 5 muestreos por las razones anteriormente expuestas en el ítem 3.8 de lo que es la calidad de agua por contenido de sólidos en la zona de estudio, en los puntos seleccionados.

El primer muestreo, se realiza en época de estiaje, mes de Diciembre/2016, en los 2 cauces, mientras que los muestreos No 2, 3, 4 y 5, se ejecutan en época de invierno mes de Marzo 2017. Teniendo en cuenta estos antecedentes, el análisis volumétrico presenta los siguientes resultados:

Tabla 60. Muestreo 1, época de estiaje.

MUESTREO 1							
TIEMPO	RIO CALERA MUESTRA 1 AGUAS ABAJO 07/12/2016	RIO CALERA MUESTRA 2 AGUAS ARRIBA 07/12/2016	CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO MUESTRA 3 07/12/2016	RÍO AMARILLO MUESTRA 4 AGUAS ABAJO 07/12/2016	RÍO AMARILLO MUESTRA 5 AGUAS ARRIBA 07/12/2016	RIO CALERA (DESCARGA) MUESTRA 6 07/12/2016	RIO CALERA (AGUAS ARRIBA) MUESTRA 7 PLANTA DE BENEFICIO 07/12/2016
(min)	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora
10	0.55	0.4	0.75	0.08	0.2	0.5	1.3
20	0.6	0.55	0.8	0.1	0.2	0.7	1.5
30	0.6	0.575	0.925	0.1	0.2	0.9	1.6
40	0.61	0.6	0.925	0.1	0.2	1	1.6
50	0.65	0.625	1	0.12	0.22	1.2	1.65
60	0.705	0.625	1	0.12	0.22	1.3	1.7

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 61. Muestreo 2, época de invierno.

MUESTREO 2			
TIEMPO	PTE VÍA ZARUMA-GUISHAGUIÑA RIO AMARILLO BEP-PT-EC-04 10/03/2017	PTE DE BUZA RIO CALERA DHPC-POAIP-001 10/03/2017	CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO 10/03/2017
(min)	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora
10	0.12	0.15	0.25
20	0.15	0.2	0.3
30	0.18	0.21	0.3
40	0.18	0.21	0.3
50	0.19	0.23	0.35
60	0.2	0.25	0.4

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 62. Muestreo 3, época de invierno.

MUESTREO 3			
TIEMPO	PTE VÍA ZARUMA-GUISHAGUIÑA RIO AMARILLO BEP-PT-EC-04 11/03/2017	PTE DE BUZA RIO CALERA DHPC-POAIP-001 11/03/2017	CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO 11/03/2017
(min)	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora
10	0.2	0.2	0.3
20	0.2	0.23	0.35
30	0.2	0.25	0.4
40	0.2	0.26	0.4
50	0.22	0.3	0.45
60	0.25	0.35	0.5

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 63. Muestreo 4, época de invierno.

MUESTREO 4			
TIEMPO	PTE VÍA ZARUMA-GUISHAGUIÑA RIO AMARILLO BEP-PT-EC-04 12/03/2017	PTE DE BUZA RIO CALERA DHPC-POAIP-001 12/03/2017	CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO 12/03/2017
(min)	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora
10	0.15	0.15	0.35
20	0.15	0.2	0.38
30	0.15	0.25	0.4
40	0.15	0.28	0.45
50	0.2	0.31	0.48
60	0.3	0.35	0.55

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 64. Muestreo 5, época de invierno.

MUESTREO 5							
TIEMPO	RIO CALERA MUESTRA 1 AGUAS ABAJO 18/03/2017	RIO CALERA MUESTRA 2 AGUAS ARRIBA 18/03/2017	CONVERGENCIA DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO MUESTRA 3 18/03/2017	RÍO AMARILLO MUESTRA 4 AGUAS ABAJO 18/03/2017	RÍO AMARILLO MUESTRA 5 AGUAS ARRIBA 18/03/2017	RIO CALERA (DESCARGA) MUESTRA 6 18/03/2017	RIO CALERA (AGUAS ARRIBA) MUESTRA 7 PLANTA DE BENEFICIO 18/03/2017
(min)	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora	VOLÚMEN mL/L*hora
10	0.5	0.3	0.3	0.05	0.1	0.2	0.7
20	0.55	0.35	0.32	0.07	0.1	0.25	0.8
30	0.55	0.35	0.32	0.07	0.1	0.25	0.9
40	0.55	0.35	0.32	0.08	0.1	0.25	0.9
50	0.58	0.38	0.35	0.09	0.12	0.25	0.95
60	0.6	0.41	0.37	0.1	0.13	0.29	1

Fuente y elaboración: Propia.

3.2. DISCUSIÓN

3.2.1. Análisis regional hidrológico

El registro de datos de las estaciones hidrométricas analizadas, presentan información hidrométrica escasa, como consecuencia de esto la cantidad y calidad de información disponible es directamente proporcional a la eficiencia del modelo de distribución utilizado. Para la obtención del evento Qt en nuestro caso de estudio, se aplicó el análisis regional hidrológico basado en las técnicas regionales de las estaciones-año.

Los resultados (Sección 4.4.1.; Tabla 58) obtenidos en el análisis regional hidrológico basado en la técnica de las Estaciones-año, permitió inferir información en el punto de interés (Convergencia de los ríos Calera y Amarillo), el cual no presenta registros de eventos máximos que se podrían llegar a generar en dicho sitio. Este tipo de análisis no incurre en la suposición de datos ni extensión de registros de forma inadecuada e indiscriminada, ya que emplea información que ha sido registrada en los sitios de estudio con similitud de características y que refleja exactamente el comportamiento de las cuencas analizadas. La ventaja adicional al momento de utilizar técnicas regionales sobre otros métodos, es que se puede comparar los resultados y tomar la decisión más adecuada para la selección del evento de diseño Qt para las obras hidráulicas requeridas.

La simulación de los valles o llanuras de inundación en el punto de interés (Convergencia de los ríos Calera y Amarillo), se lo realiza a partir de los eventos máximos encontrados con la técnica de las Estaciones-año. Los resultados de esta simulación en el software HEC-RAS y ARC-GIS, indican que la zona de estudio se vería afectada al momento de producirse un

evento extremo; debido a que la sección transversal del cauce no sería suficiente para albergar todo el caudal que llegase a producirse. Una de las principales causas de inundación del sitio al generar esta simulación, podría ser la excesiva acumulación de sólidos sedimentables a lo largo de todo el cauce, los cuales cambian las características hidráulicas del río (Ancho, tirante, pendiente, etc.)

Por lo tanto, debido a este tipo de problemáticas (Inundaciones) que genera la irregular distribución espacial de la lluvia y escurrimiento en los ríos debido a la naturaleza aleatoria de los fenómenos hidrológicos, es preciso modelarlos a través de un enfoque probabilístico, tomando en cuenta el criterio de Escalante Reyes (2005), donde menciona que es necesario la construcción de obras para el control y el aprovechamiento hidráulico.

3.2.2. Calidad del agua por contenido de sólidos

En el análisis de resultados comparativos de los muestreos realizados, observamos variaciones significativas, pudiéndose determinar valores altos de concentración de SS, en el curso del río en épocas de estiaje, en relación con los resultados de los ensayos en temporada invernal. Teniendo como un valor de referencia de **1 mL/L** como límite máximo permitido para descargas a cursos de agua dulce en la Norma TULSMA (2002), se puede deducir que las descargas de ARI's procedentes de las plantas de beneficio del sector son mucho mayores, siendo la muestra tomada en el cauce del río, no en alguna de las descargas, por tanto al entrar en contacto con el agua del río, se solubiliza. A este fenómeno se le atribuye el hecho de que en verano las velocidades son bajas, existen caudales de estiaje, tirantes mínimos, propenso a la sedimentación; se puede mencionar que fluye en régimen uniforme, subcrítico, sin turbulencia. Por lo contrario en invierno, donde cambian estas condiciones de flujo, aumenta el caudal por tanto su área hidráulica y velocidad, produciéndose un lavado de los finos o sólidos sedimentables que se encuentran depositados en el fondo y orillas del cauce y, que es lo que medimos mediante el análisis volumétrico (Ver Fig. 29).



Figura 29: Convergencia de los ríos Calera y Amarillo, Verano e Invierno.
Fuente y elaboración: Propia.

Para realizar un análisis más detallado de los resultados totales obtenidos en los diferentes muestreos en las fechas establecidas anteriormente, se presentan los siguientes gráficos:

Los gráficos No 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, se construyen con los datos de los muestreos No. 1 y 5 realizados en los ríos Calera y Amarillo en los puntos de coordenadas especificadas en la tabla No. 32, donde se puede observar la diferencia de concentraciones o volúmenes de sólidos sedimentables (tablas No. 33 y 36), que se presentan en las diferentes fechas de análisis, se realiza una comparación entre los resultados obtenidos en época de estiaje y, de invierno.

Los gráficos No. 7 y 8, presentan los resultados obtenidos del muestreo No. 1 (verano) y 5 (invierno) en el río Calera en las coordenadas **9588008N; 651585E** y **9588145N; 651644E** respectivamente. Estos valores demuestran que existe diferencia en la concentración de volumen de SS, a causa de los posibles fenómenos a los que están propensos los cauces al cambiar de estación, y a las descargas que se presentan en el transcurso del día en ese sector. El máximo valor que se puede observar en el gráfico No. 2 es de 0.705 mL/L.h en verano, y de 0.6 mL/L.h en invierno, y en el gráfico No. 3 es de 0.625 mL/L.h en verano, y de 0.41 mL/L.h en invierno.

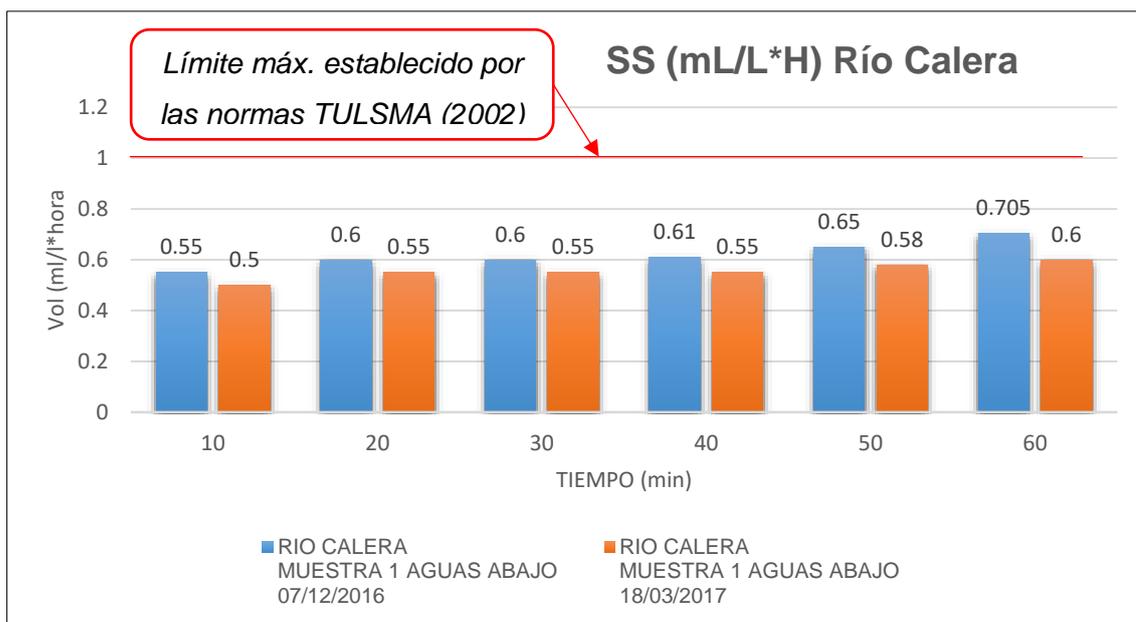


Gráfico 7. Sólidos sedimentables en el río Calera, aguas abajo.
Elaboración: Propia.

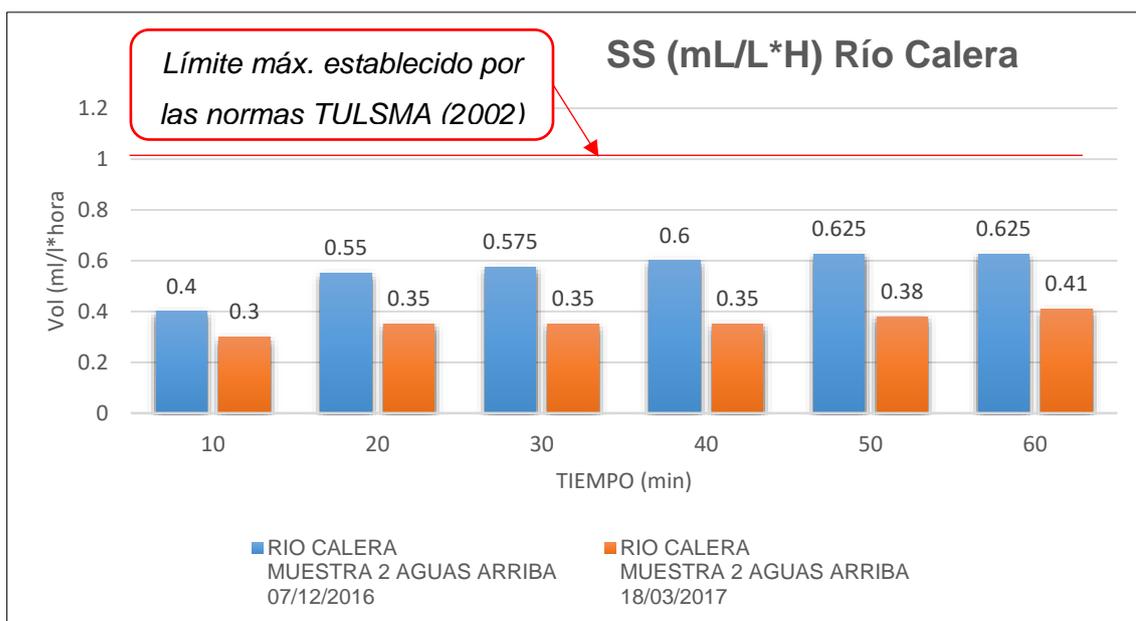


Gráfico 8. Sólidos sedimentables en el río Calera, aguas arriba.
Elaboración: Propia.

El gráfico No. 9 presenta los resultados obtenidos del muestreo No. 1 (verano) y 5 (invierno) en la convergencia de los ríos Calera y Amarillo con coordenadas **9587706N; 651452E**. Este gráfico muestra las variaciones de la concentración (mL/L.h) de volumen de SS en este punto de muestreo, como se observa estos valores llegan al límite máximo permitido para descargas a cursos de agua dulce establecido en las Normas TULSMA (2002), tomado como referencia por no existir un valor establecido para calidad de agua en cauces naturales para este parámetro (SS); es necesario destacar que el Índice de calidad de agua (ICA) establece otros

parámetros para su cálculo como p.ej. sólidos disueltos, sólidos suspendidos, por tanto no considera a los sólidos sedimentables como parte de los mismos.

El objeto de esta investigación requiere el análisis de este parámetro, por las características del sector y la contaminación antropogénica existente debida a las descargas de ARI's. Como se observa en los resultados este es uno de los más contaminantes por los compuestos químicos que puede llevar asociado a su concentración. El máximo valor que se puede observar en el gráfico No. 9 es de 1 mL/L.h en verano, y de 0.37 mL/L.h en invierno.

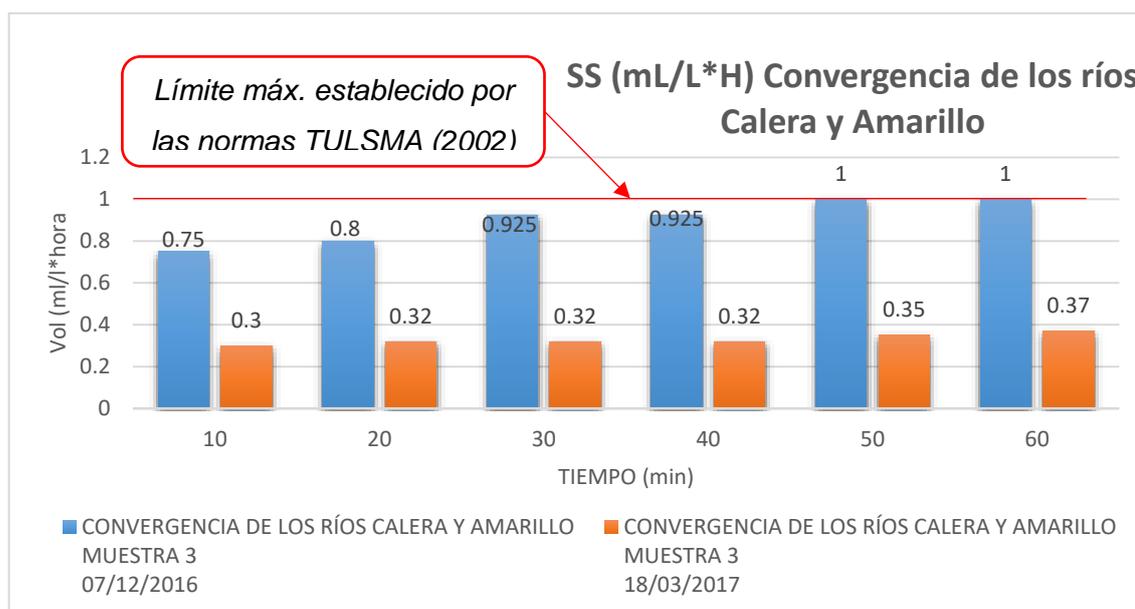


Gráfico 9. Sólidos sedimentables en la convergencia de los ríos Calera y Amarillo.
Elaboración: Propia.

Los gráficos No. 10 y 11 presentan los resultados obtenidos del muestreo No. 1 (verano) y 5 (invierno) en el río Amarillo en los puntos de coordenadas **9587790N; 651690E** y **9587935N; 651820E** respectivamente. Se observa que la concentración de volúmenes de SS no varían en cantidades significativas, una de las razones que se le atribuye, es a que en este cauce no existen concesiones mineras que lo afecten, en su defecto, se pudo observar que se dan descargas de aguas residuales urbanas (ARU's), deduciéndose alta contaminación microbiológica y química, que han sido determinados en estudios anteriores realizados por la SENAGUA DHPC. El máximo valor que se puede observar en el gráfico No. 10 es de 0.12 mL/L.h en verano, y de 0.1 mL/L.h en invierno, y en el gráfico No. 11 es de 0.22 mL/L.h en verano, y de 0.13 mL/L.h en invierno.

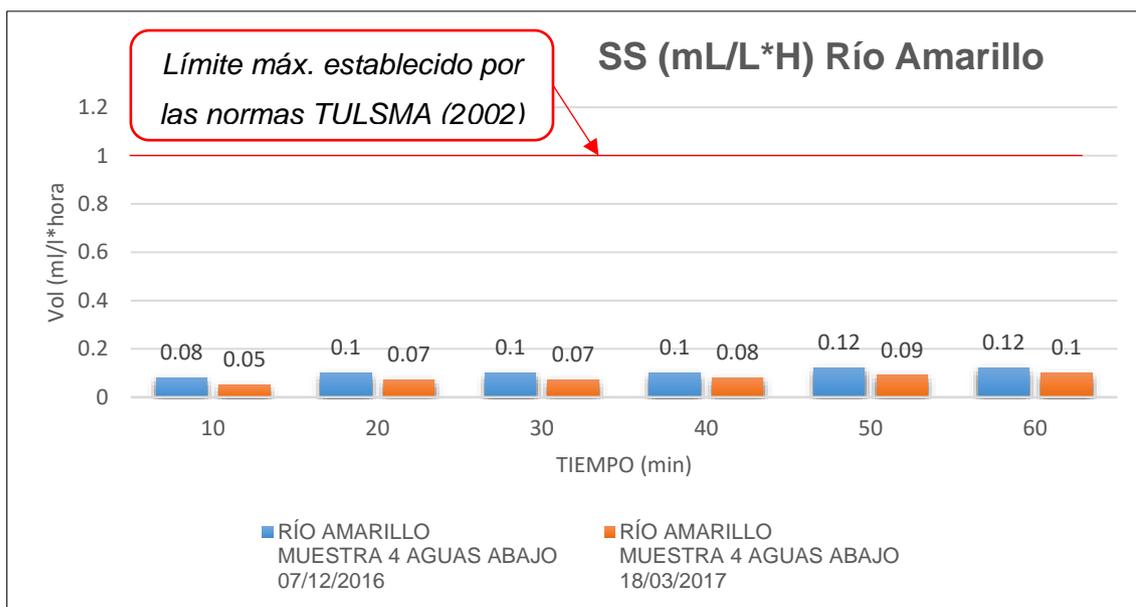


Gráfico 10. Sólidos sedimentables en el río Amarillo, aguas abajo.
Elaboración: Propia.

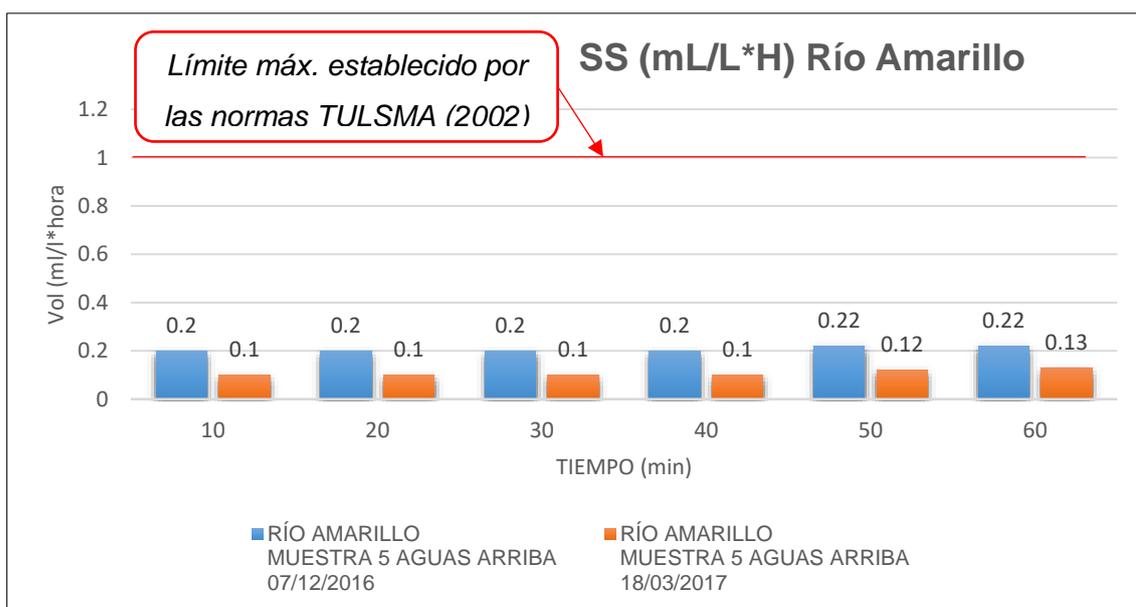


Gráfico 11. Sólidos sedimentables en el río Amarillo, aguas arriba.
Elaboración: Propia.

El gráfico No. 12 presenta los resultados obtenidos del muestreo No. 1 (verano) y 5 (invierno) en el río Calera con coordenadas **9588008N; 651585E**. Esta muestra fue tomada en el momento que se detectó un cambio brusco en la coloración del agua, presumiendo que tiene origen por una descarga de una de las plantas de beneficio del sector. Los resultados demuestran que los valores de concentración de volumen de SS en una descarga en temporada de estiaje, sobrepasan el límite máximo permitido para descargas a cursos de agua dulce establecido en las Normas TULSMA (2002).

En cuanto a las descargas de residuos mineros en temporada de invierno, debido al incremento de caudal y velocidad que presenta el cauce, las concentraciones de SS se tornan bajas por la dilución natural que sufren en relación a los caudales que se tienen en temporada de estiaje. El máximo valor que se puede observar en el gráfico No. 12 es de 1.3 mL/L.h en verano, y de 0.29 mL/L.h en invierno.

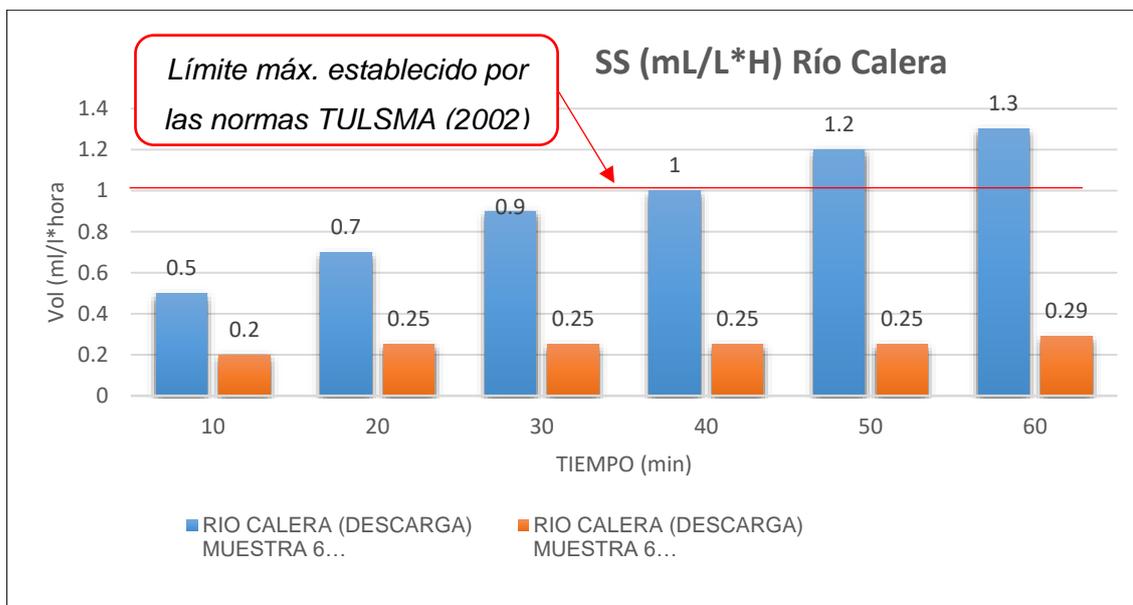


Gráfico 12. Sólidos sedimentables en el río Calera, descarga.
Elaboración: Propia.

Es necesario recalcar que estas muestras han sido tomadas puntualmente en los tiempos señalados, pero se considera necesario un periodo más amplio de toma de muestra para determinar una frecuencia de picos de contaminación por SS.

El gráfico No. 13 presenta los resultados obtenidos del muestreo No. 1 (verano) y 5 (invierno) en el río Calera con coordenadas **9588591N; 651741E**. La muestra fue tomada en el punto de descarga de una planta de beneficio del sector, claramente se puede observar que los valores de concentración de volumen de SS en temporada de verano en este sitio, sobrepasan el límite máximo permitido para descargas a cursos de agua dulce establecido en las Normas TULSMA (2002), mientras que en temporada de invierno llegan al valor máximo de 1 mL/L.h, que establece dicha norma.

El máximo valor que se puede observar en el gráfico No. 13 es de 1.7 mL/L.h en verano, y de 1 mL/L.h en invierno.

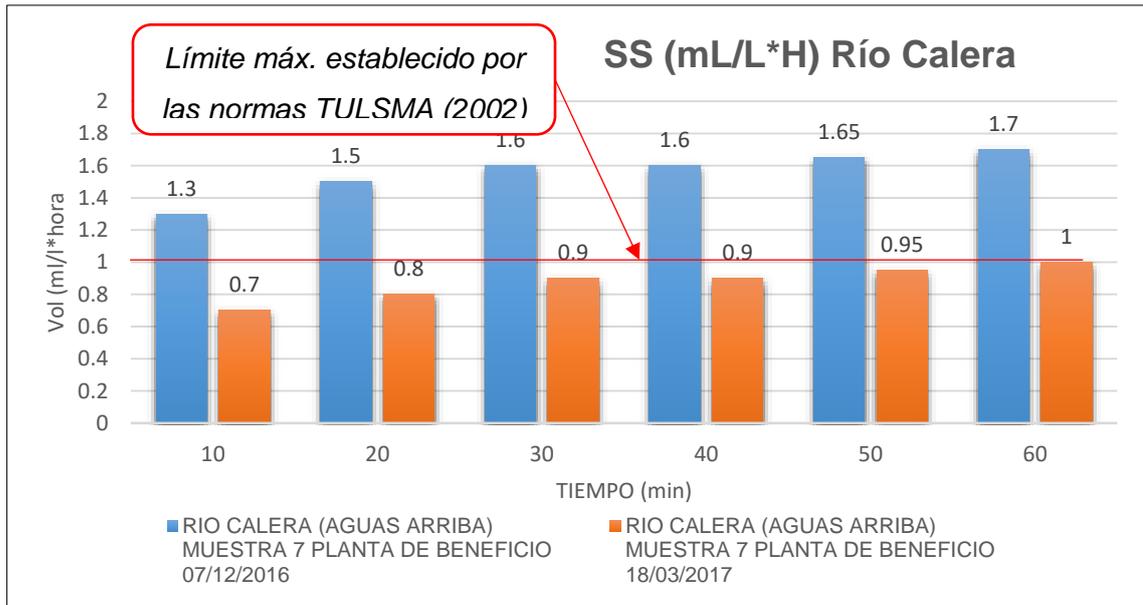


Gráfico 13. Sólidos sedimentables en el río Calera, planta de beneficio.
Elaboración: Propia.

Los gráficos No 14, 15 y 16 presentan los resultados con los datos obtenidos de los muestreos No 2, 3 y 4 realizados en los ríos Calera y Amarillo en los puntos de coordenadas especificadas en la tabla No. 43. Estos muestreos fueron realizados en un período consecutivo de 3 días en época de invierno (Marzo).

El gráfico No. 14 presenta los resultados obtenidos en el punto de muestreo denominado por la SENAGUA como Puente vía Zaruma-Guishaguña en el río Amarillo con coordenadas **9593191N; 657735E**. Los valores de concentración de volumen de SS en la zona alta del río Amarillo son bajos, debido a que en estas coordenadas, el cauce aún no recibe la influencia de la contaminación por descargas de las plantas de beneficio existentes aguas abajo del sitio de muestreo.

El máximo valor que se puede observar en el gráfico No. 14 es de 0.3 mL/L.h en invierno, que se encuentra dentro de los límites permisibles de la Norma TULSMA (2002).

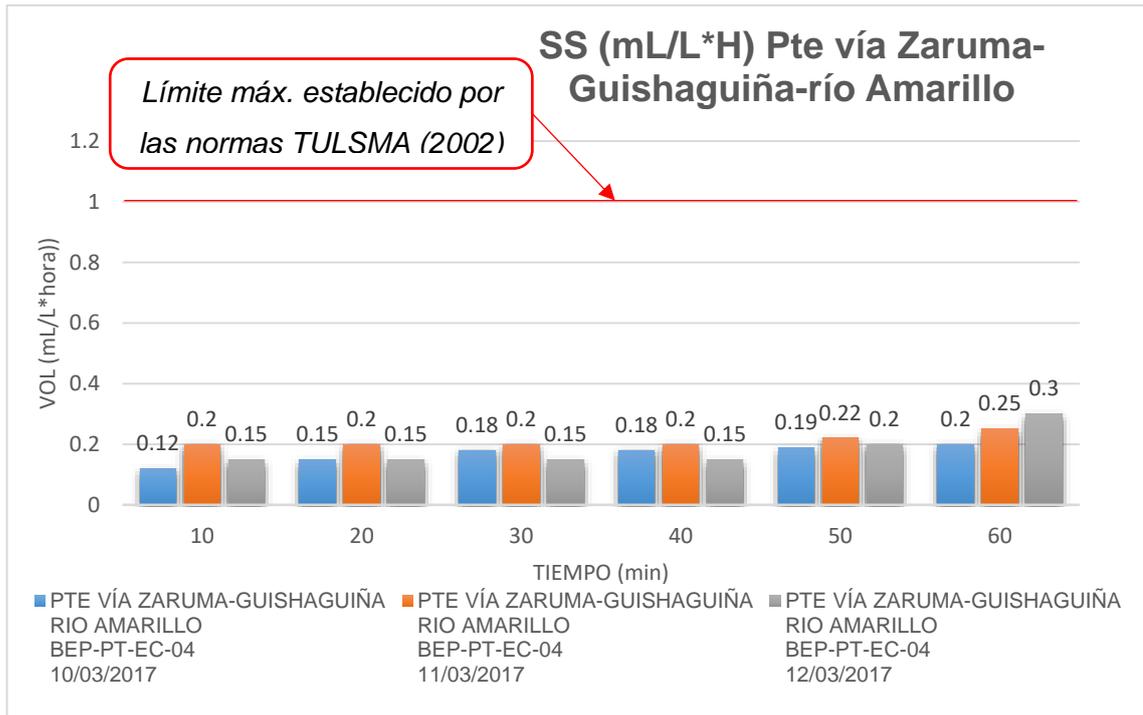


Gráfico 14. Sólidos sedimentables en el río Amarillo, Pte. Vía Zaruma-Guishaguiña.
Elaboración: Propia.

El gráfico No. 15 presenta los resultados obtenidos en el punto de muestreo denominado como Puente de Buza, en el río Calera con coordenadas **9597714N; 649673E**. Los valores de concentración de volumen de SS que existe en la zona alta del río Calera, son bajos en relación a los valores encontrados aguas abajo de este punto de muestreo. Asumiendo que esto se produce en razón de no tener mayores descargas de las plantas de beneficio existentes aguas abajo.

El máximo valor que se puede observar es de 0.35 mL/L.h en invierno, que se encuentra dentro de los límites permisibles de la Norma TULSMA (2002).

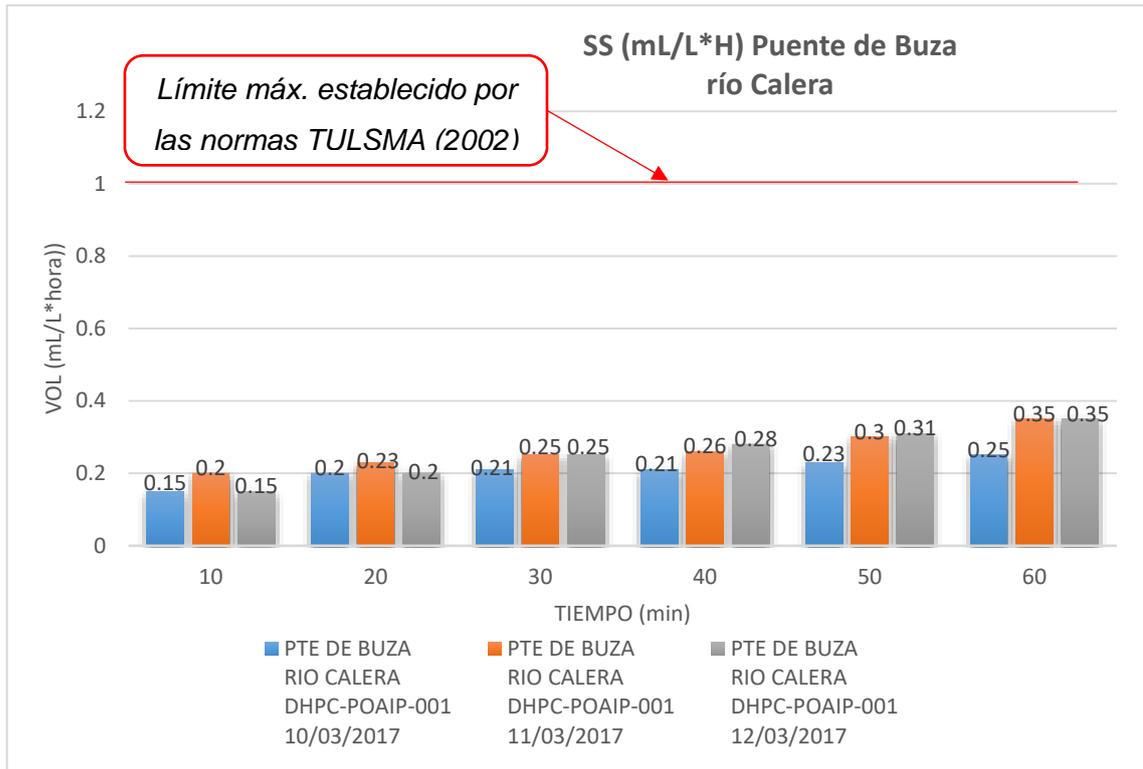


Gráfico 15. Sólidos sedimentables en el río Calera, Pte. De Buza.
Elaboración: Propia.

El gráfico No. 16 presenta los resultados obtenidos en el punto de muestreo denominado como convergencia de los ríos Calera y Amarillo, con coordenadas **9587706N; 651452E**. La concentración de volumen de SS encontrados en este punto, demuestra valores bajos en relación a los volúmenes de SS encontrados en temporada de estiaje (Ver gráfico No. 9). Como se ha mencionado anteriormente esta variación de concentración de SS se debe al cambio de temporada, en donde las características de caudal y velocidad incrementan por efecto de las precipitaciones de la temporada invernal.

El máximo valor que se puede observar es de 0.55 mL/L.h en invierno, que se encuentra dentro de los límites permisibles de la Norma TULSMA (2002).

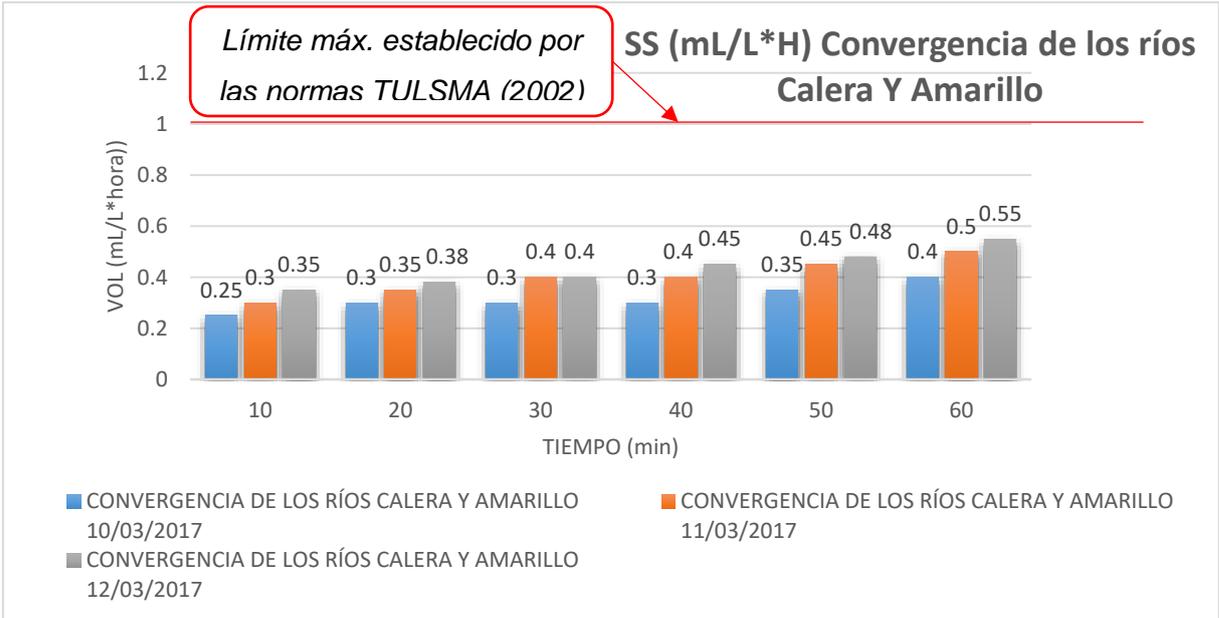


Gráfico 16. Sólidos sedimentables en la convergencia de los ríos Calera y Amarillo.
Elaboración: Propia.

CONCLUSIONES

- De las investigaciones y búsquedas realizadas sobre técnicas regionales hidrológicas para eventos máximos, se puede concluir que dichas técnicas, pese a las ventajas que presentan, como por ejemplo inferir datos de cuencas vecinas a un sitio con nula o escasa información para obtener eventos máximos, no son muy utilizadas en el Ecuador.
- La falta de continuidad en la lectura de registro de las estaciones hidrométricas, es decir la porosidad de la información, dificulta el análisis de un cambio o variabilidad climática eventual.
- La escasa información hidrométrica en el Ecuador, obligó de cierta forma a recurrir a la utilización de las técnicas regionales (Estaciones-año), para la obtención de los eventos máximos en un sitio con escasa o nula información. La ventaja de esta técnica es que el registro regional tiende a ajustarse a la misma distribución de probabilidad a la que se ajustan todas las muestras por separado, la cual permite extender registro de manera no indiscriminada, siendo la mejor opción para la estimación de caudales en el punto de interés.
- En el análisis regional hidrológico, la técnica utilizada de Estaciones-año presenta una metodología confiable para cuencas no aforadas (nula información) o con datos restringidos, la cual permitió inferir eventos máximos para ciertos periodos de retorno en la cuenca del río Puyango específicamente en el punto de interés (Convergencia de los ríos Calera y Amarillo),
- La delimitación correcta de la región homogénea, ha sido de vital importancia para poder aplicar las técnicas regionales. Esto ha permitido excluir cuencas que no se encuentran dentro de la misma región, en donde los eventos calculados se presume podrían generar por ejemplo un sobredimensionamiento de obras hidráulicas a construirse en el punto de interés, aplicando esta metodología.
- A través de los resultados obtenidos mediante el análisis volumétrico de los ríos Calera y Amarillo, en cuanto al análisis de volumen de sedimentos en cauce, se establece que el río mayormente afectado por sólidos suspendidos sedimentables es el río Calera. Se puede inferir o concluir que se debe a las exhaustivas descargas ARI's de las plantas de beneficio presentes en el sector, según nos demuestra el gráfico No. 11 de un análisis realizado al instante de un cambio en la coloración del cauce, explicado a detalle en la sección 5.2. Por otro lado el río Amarillo es afectado en su gran mayoría por descargas ARU's, según se desprende del mapa temático de descargas de aguas residuales en la cuenca del río Puyango existente en la SENAGUA

- Las concentraciones de SS en el cauce del río Calera sufren disolución, es decir se miden una vez que se han producido las descargas al cauce natural, por lo que se puede presumir que las descargas de las plantas de beneficio del sector, sobrepasan los límites establecidos por la norma TULSMA (2002) de 1 mL/L.h.
- Se puede observar que las concentraciones de SS presentes en los cauces de los ríos Calera y Amarillo, aumentan en verano debido a las condiciones hidráulicas que se presentan en la época, como lo es velocidades bajas, tipo de flujo subcrítico, uniforme, sin turbulencia tirantes pequeños (0.3m-1m), propenso a la sedimentación; Por lo contrario en invierno, en donde cambian estas condiciones de flujo, aumenta el caudal por tanto su área hidráulica y velocidad, produciéndose un lavado de los finos o sólidos sedimentables que se encuentran depositados en el fondo y orillas del cauce y, que es lo que medimos mediante el procedimiento de ensayo volumétrico.
- Los cauces de los ríos Calera y Amarillo están siendo gravemente afectados por la incontrolable explotación minera que existe en la zona, destacando un fuerte impacto ambiental en lo referente a flora y fauna en la riberas de los cauces.
- Es de suma importancia que se puedan ejecutar los análisis de laboratorio necesarios en cuanto a clasificación de sólidos, que permitan tener mejores resultados en la investigación.
- Se concluye que generada la simulación de los valles o llanuras de inundación en la convergencia de los ríos Calera y Amarillo, al producirse los eventos extremos obtenidos con la técnica de regionalización Estaciones-año, la sección transversal del río no sería suficiente para abastecer todo el caudal generado, provocando desbordes que afectarían a la población.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar diferentes tipos de técnicas regionales, para corroborar los resultados obtenidos, ya que en teoría se puede argumentar, que una técnica es mejor que la otra, y que se puede obtener mejores resultados estableciendo un promedio entre las mismas, como lo menciona Escalante y Reyes (2005) en su libro Técnicas estadísticas en Hidrología.
- Se debe procurar que las estaciones hidrométricas en análisis tengan un registro de por lo menos 30 años, para que los resultados sean confiables.
- Procurar la facilidad de acceso a la información hidrométrica de las estaciones a analizar por parte del INHAMI.
- Es necesario recomendar estructuras de control de avenidas en los márgenes de la convergencia de los ríos Calera y Amarillo, debido a los eventos extremos que podrían llegar a suscitarse en este punto.
- En cuanto al análisis de calidad de agua por contenido de sólidos mediante el análisis volumétrico, se recomienda continuar con los estudios en el sector para obtener mayor cantidad y calidad de datos, pudiéndose complementar con otros parámetros, que no se ha podido topar en esta investigación, de tal forma que se pueda establecer un análisis estadístico adecuado.
- Facilitar el uso de laboratorios de calidad de agua de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), para mejorar los resultados de la investigación
- El uso de todos los implementos de seguridad para la toma de muestras de agua, ya que los cauces se encuentran en un estado de contaminación muy alto.
- Es necesario que las autoridades encargadas del medio ambiente, mejoren los controles ambientales en cuanto a descargas ARI's y ARU's presentes en los cauces del sector.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Aguirre, K. A. (2014). *“DIAGNÓSTICO DE PATRIMONIOS Y ATRACTIVOS DEL CANTÓN ZARUMA PROVINCIA DE EL ORO PARA SU PROMOCIÓN TURÍSTICA ENFOCADA EN EL TURISMO CULTURAL.”*
- Asamblea Nacional República del Ecuador (ley de Aguas). (2014). LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.
- Autoridad Nacional del Agua-Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos. (2012). Informe de los resultados obtenidos del primer monitoreo participativo de la calidad del agua en las cuencas Tumbes y Zarumilla-Lado peruano, realizado del 18 al 23 de noviembre de 2011.
- Bateman, A. (2007). Hidrología básica y aplicada. *Grupo de Investigación En Transporte de Sedimentos*.
- Beltrán Loyola & Eguiguren Samaniego. (2010). *POLÍTICAS PÚBLICAS MUNICIPALES, COMO HERRAMIENTAS DE CONTROL SOCIO- AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES DE EXPLOTACIÓN MINERA DE LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA. Retrieved from [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10204/1/Tesis Andrea Beltran.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10204/1/Tesis%20Andrea%20Beltran.pdf)
- Bernal Torres, C. (2014). *ENSAYO MINERÍA SOSTENIBLE, EL RETO SANTA*.
- Carrere, R. (2004). Minería Impactos sociales y ambientales.
- CEPAL. (2011). Diagnóstico de la estadísticas del agua en Ecuador. *Diagnostico de La Informacion Estadística Del Agua*, 81. Retrieved from [http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico de las Estadísticas del Agua Producto IIIc 2012-2.pdf](http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf)
- Coba Ronquillo, A. C. (2015). *“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES HUASIMPAMBA-LA PAZ DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO.”* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4765>
- Concesión Tunel Aburrá-Oriente S.A. (2013). Plan de Contingencia. *Estudio de Impacto Ambiental Actualizado-Conexión Vial Aburrá Oriente*.
- Cruzariza, F. J. (2012). Distribuciones de probabilidad.
- Dorigo Bravo, L. (2012). *Técnicas Regionales Hidrológicas para la Estimación de Caudales*

Máximos Aplicadas a la Cuenca del Río Esmeraldas.

- Fajardo Sánchez, J. R. (2010). *DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE GERENCIAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL JUBONES.* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2343/1/Tesis.pdf>
- Fattorelli, S., & Fernández, P. C. (2011). *Diseño Hidrológico.*
- Feder, M. (2006). Residuos Mineros.
- Fernández de la Vega, L. R. (2012). "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD HIDROLÓGICA DE LA PRESA ALTO AMATZINAC EN EL ESTADO DE MORELOS." UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
- Garzón Racines, L. E. (2015). *Falta de cumplimiento del principio de restauración por las pequeñas empresas mineras en el cantón Salcedo provincia de Cotopaxi.* UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5887/1/T-UCE-0013-Ab-044.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Portovelo. (2014). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.
- Guerra, M. (2010). La agonía del Puyango. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales; Núm. 7 (2010): Letras Verdes 7 (Septiembre), (7), 35–36.* Retrieved from <http://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/885>
- Guerra García, A. F. (2015). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, BASADO EN LA ISO 14001:2004, COMO UNA HERRAMIENTA ADMINISTRATIVA EN LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA PARA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIAL PÉTREO. Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015.*
- Hernandez Hernandez, A. (2011). DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS DE NATIVIDAD, IXTLÁN DE JUÁREZ OAXACA.
- Hesperian. (2011). La minería y la salud. *Guía Comunitaria Para La Salud Ambiental, 2, 470–497.* Retrieved from http://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_cgeh_2011/es_cgeh_2011_cap21.pdf
- Ibañez Esquivel, G. M. (2012). "ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA SUB CUENCA DEL RÍO SAN PABLO EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI." "UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI." Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1577/1/T->

UTC-2129.pdf

INTEGRAR CONINCO CIA. LTDA. (2014). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN ZARUMA, EL ORO* (p. 127).

Retrieved from www.zamora-chinchipec.gov.ec

Jumbo Flores, D. C. (2015). *"METALES PESADOS EN SEDIMENTOS RIVERINOS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS IMPACTADAS POR MINERÍA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR."*

Retrieved from

<http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4343/ARELLANO>

WASHINGTON - JIMENEZ GALO.pdf?sequence=1

Lalangui Ramírez, J. P. (2013). *INSUFICIENCIA NORMATIVA PARA REGULAR LAS CONCESIONES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES ÁRIDOS Y PÉTREOS QUE SE ENCUENTRAN EN LOS LECHOS DE LOS RÍOS, A FIN DE CONTROLAR LA AFECTACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y SU ENTORNO.*

Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental TULSMA. (2002). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.*

Lopez Carriel, D. M. (2014). *"EN LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE CIERRE POR PARTE DE LAS CONCESIONARIAS MINERAS, SE DEBE INCLUIR LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA COMO UN DERECHO CONSTITUCIONAL."* UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

Retrieved from

<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14859/1/TESIS.pdf>

Marín Alvarado, S. A. (2011). *"APORTE DINÁMICO DE CIANURO, MERCURIO, PLOMO Y ARSÉNICO EN LOS CAUCES NATURALES DE LOS RÍOS CALERA Y AMARILLO EN EL DISTRITO PORTOVELO – ZARUMA."* UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA (UTPL).

Márquez, A., García, O., Senior, W., Martínez, G., González, Á., & Fermín, I. (2012). Metales Pesados En Sedimentos Superficiales Del Golfo De. *Boletín Inst. Oceanogra. Venezuela*, 51(1), 3–18.

Martínez Gavilanes, J. M. (2012). *Diagnóstico del inventario de recursos hídricos en la provincia del Azuay.*

Retrieved from

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3680/1/UPS-CT002575.pdf>

Melgarejo, E. M. (2013). *Manual Básico de HEC - GeoRAS 10.*

- Ministerio de Minería. (2016). Plan Nacional de Desarrollo del Sector Minero.
- Ministerio de Salud Pública. (2012). Manual del Modelo de Atención Integral del Sistema Nacional de Salud Familiar Comunitario e Intercultural (MAIS - FCI). *Ministerio de Salud Pública Del Ecuador*. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE). (2016). Ordenamiento Ambiental Integral en la cuenca del río Puyango .
- MINISTERIO DEL AMBIENTE “MAE.” (2015). Plan de reparación integral de la cuenca del río Puyango.
- Ministero del Ambiente de Ecuador. (2014). Evaluación nacional forestal resultados 2014.
- Moscoso Daza, J. C. (2015). “ *Política Pública de Reparación Integral . Estudio de caso en el Distrito Minero Zaruma-Portovelo , Provincia de El Oro ”* JUAN CARLOS MOSCOSO DAZA DIRECTORA : ALEJANDRA DELGADO QUITO , 2015. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. Retrieved from [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10274/Política Pública de Reparación Integral. Estudio de caso en DM Zaruma-Portovelo.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10274/Política_Pública_de_Reparación_Integral._Estudio_de_caso_en_DM_Zaruma-Portovelo.pdf?sequence=1)
- Obregón, C., & García, M. (2016). PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES.
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedada Geológica de Lima*, 1, 1–44. Retrieved from http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Organización Mundial de la Salud-OMS. (2013). Lucha contra Las enfermedades transmitidas por el agua en Los hogares. *Cdrwww.Who.Int*. Retrieved from http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf
- Oyarzún, R., Higuera, P., & Lillo, J. (2011). *Minería Ambiental Una introducción a los Impactos y su Remediación*.
- Paredes Pozo, D. C. (2013). ¿ Después de la minería qué? Análisis del impacto socioeconómico y ambiental de la minería Caso South American Development Company (SADCO- CIMA), Portovelo y Zaruma- El Oro - Ecuador., 1–74.
- PAUCAY SOLANO, A. (2013). *GUÍA TRIBUTARIA PARA EMPRESAS DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS. CASO PRÁCTICO: “TAPIA SAAVEDRA CÍA. LTDA.*
- Peláez Hurtado, V. (2014). Análisis, Gestión y Desarrollo de la Explotación de los Recursos

Naturales Ecuador 2014.

Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades - PROAPAC. (2009). COMPENDIO INFORMATIVO SOBRE ENFERMEDADES HÍDRICAS.

Ramírez Cando, L. (2012). *AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE BACTERIAS NO ENTÉRICAS CON CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN EN ALTAS CONCENTRACIONES DE PLATA, PRESENTES EN UNA LAGUNA DE SEDIMENTACIÓN DE LA PLANTA MINERA DEL SECTOR EL PACHE- PORTOVELO- EL ORO.*

REGISTRO OFICIAL ORGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR. (2013). LEY DE MINERÍA.

Rengifo, F. (2012). ABC MINERO Documento de apoyo para el proceso de consulta previa del “proyecto de ley por medio del cual se reforma el código de minas y se dictan otras disposiciones”.

Román Prado, E. F. (2013). *LA EXPLOTACION INDISCRIMINADA DE MINERALES Y SU IMPACTO AMBIENTAL EN EL SECTOR “EL PACHE” CANTON PORTOVELO DE LA PROVINCIA DE EL ORO, DURANTE EL AÑO 2010.* UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EQUINOCCIAL. Retrieved from http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/2962/1/50702_1.pdf

Rosario Santos, K. del C. (2016). *“Propuesta metodológica para la determinación de descargas máximas en función de parámetros morfométricos y de infiltración.”* UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA. Retrieved from [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14992/1/Rosario Santos Katty Del Cisne .pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14992/1/Rosario%20Santos%20Katty%20Del%20Cisne.pdf)

Rosas, L. (2009). MANUAL DE DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS.

Rosas Rodríguez, H. (2012). Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca del Llobregat. *Enviromental*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10803/6978>

Ruales Zambrano, G. C. (2011). HIDROLOGÍA.

Sacher William. & Alberto Acosta. (2012). *La minería a gran escala en Ecuador: Análisis y datos estadísticos sobre la minería industrial en el Ecuador.* Retrieved from <http://www.rosalux.org.ec/attachments/article/498/mineria-ec.pdf>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y Perspectivas para su Manejo y Gestión.
- Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos-SNGR, Universidad Nacional de Loja-UNL, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. (2012). Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal "Identificación del Territorio del Cantón Zaruma." <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA DEL ECUADOR (SENAGUA). (2009). DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR ESCALA 1: 250 000 NIVEL 5 MÉTODOLÓGÍA PFAFSTETTER. QUITO. Retrieved from <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/delimitacion-codificacion-Ecuador.pdf>
- SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA DEL ECUADOR (SENAGUA). (2017). POTENCIAL HÍDRICO DEL ECUADOR.
- Tello Sánchez, M. P. (2016). *Conflictos Mineros e Institucionalidad Estatal: el caso del Proyecto Llurimagua, en el período 2000 - 2014*. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador Área. Retrieved from <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4861/1/T1873-MRI-Tello-Conflictos.pdf>
- Tinoco Blacio, B. M. (2015). *PROPUESTA DE UN PROYECTO DE REGLAMENTO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y OCUPACIONAL PARA LA EMPRESA MINERA SAN JOSÉ DE PORTOVELO*.
- Vaca Morán, fernanda M. (2014). "EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SANTA ROSA Y LINEAMIENTOS PARA UN PLAN AMBIENTAL ." ROSA Y LINEAMIENTOS PARA UN. Universidad de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6946>

ANEXOS

1. DELIMITACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

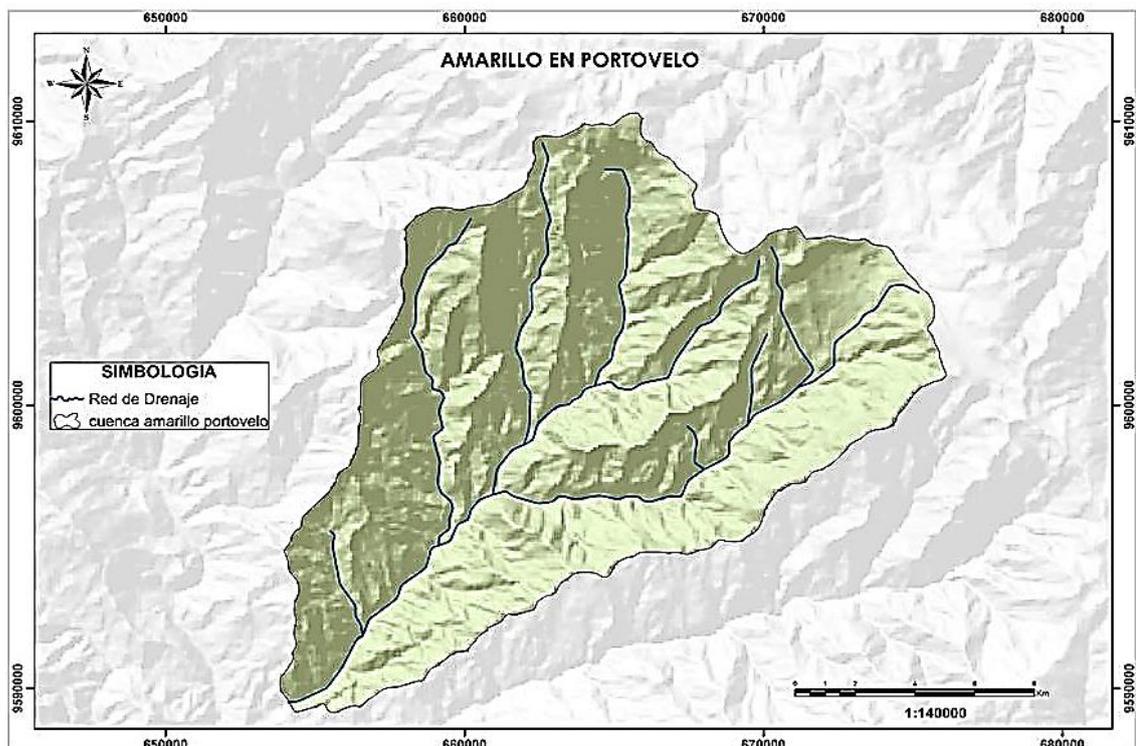


Figura 30: Microcuenca Amarillo en Portovelo
Elaboración: Propia.

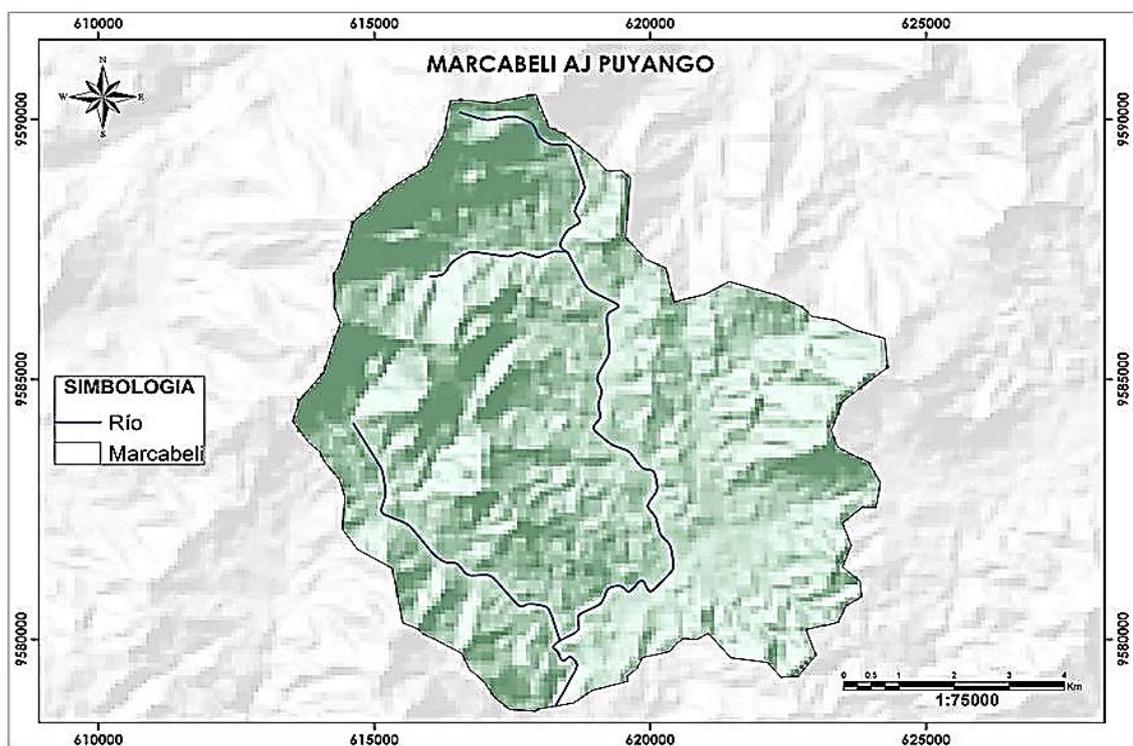


Figura 31: Microcuenca Marcabelí Aj Puyango.
Elaboración: Propia.

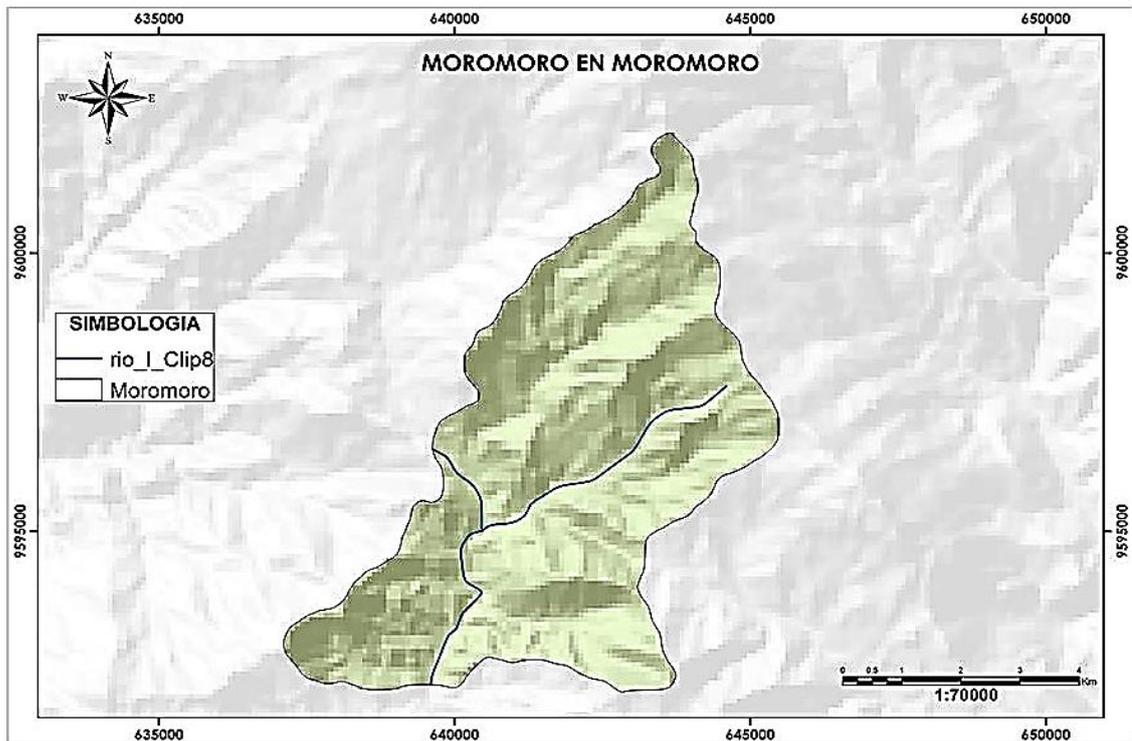


Figura 32: Microcuenca Moromoro en Moromoro.
Elaboración: Propia.

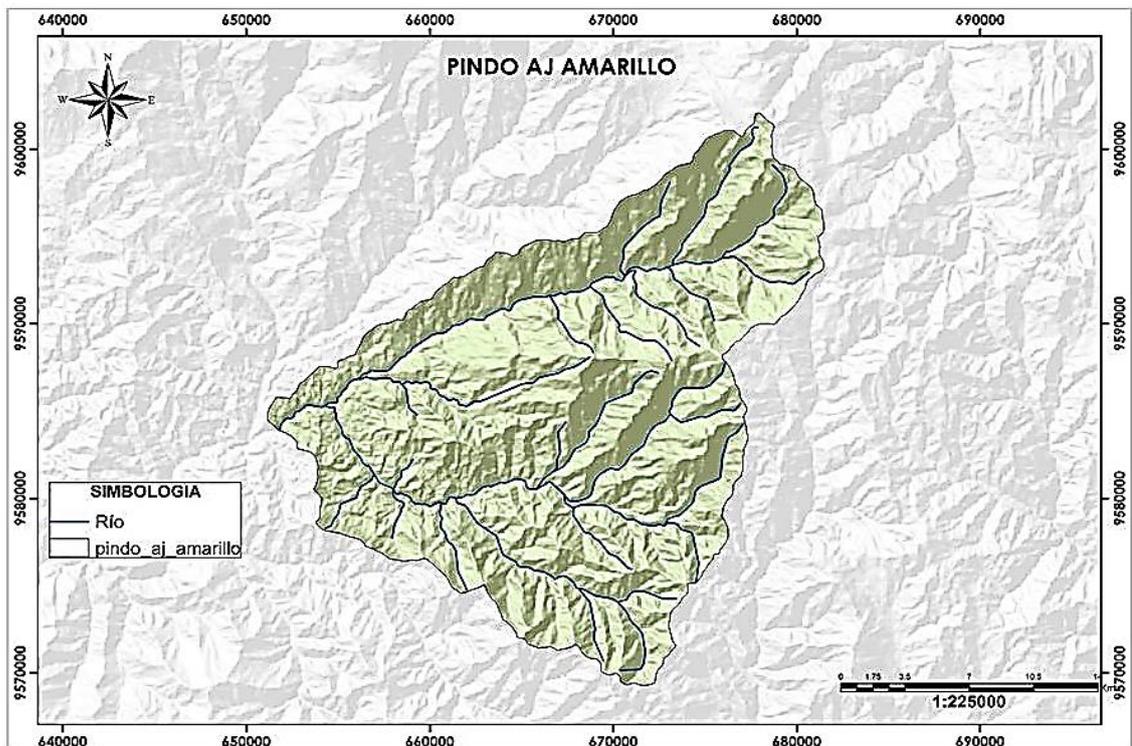


Figura 33: Microcuenca Pindo Aj Amarillo.
Elaboración: Propia.

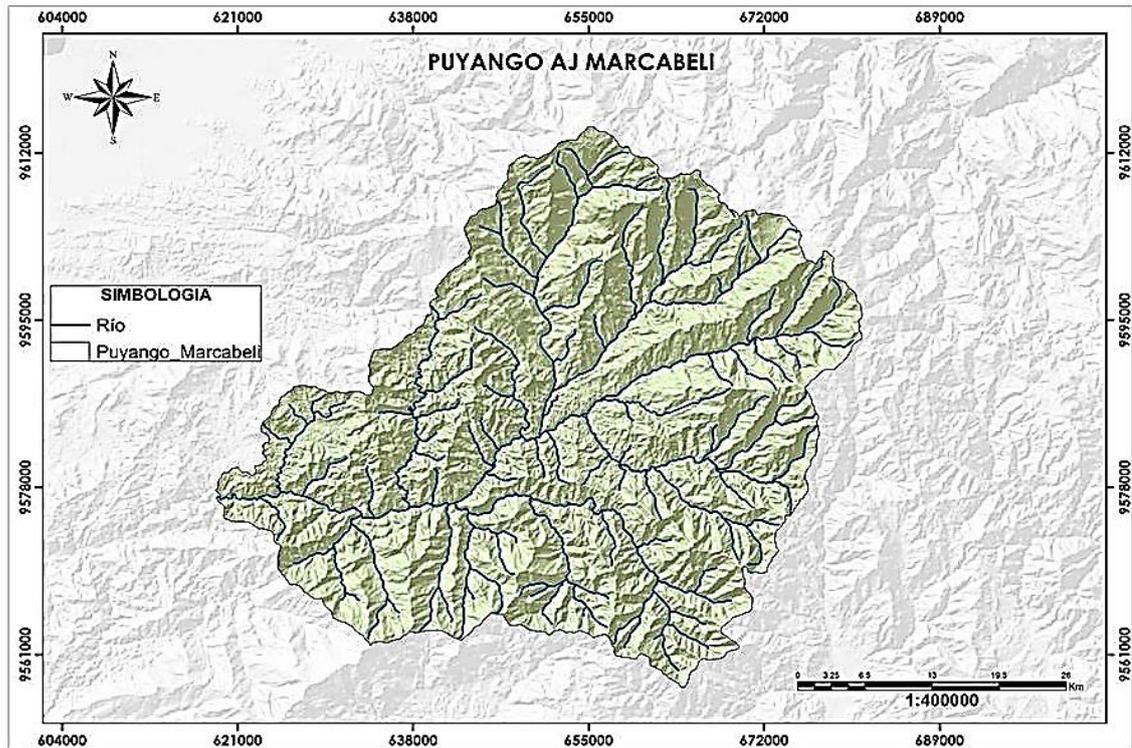


Figura 34: Microcuenca Puyango Aj Marcabellí.
Elaboración: Propia.

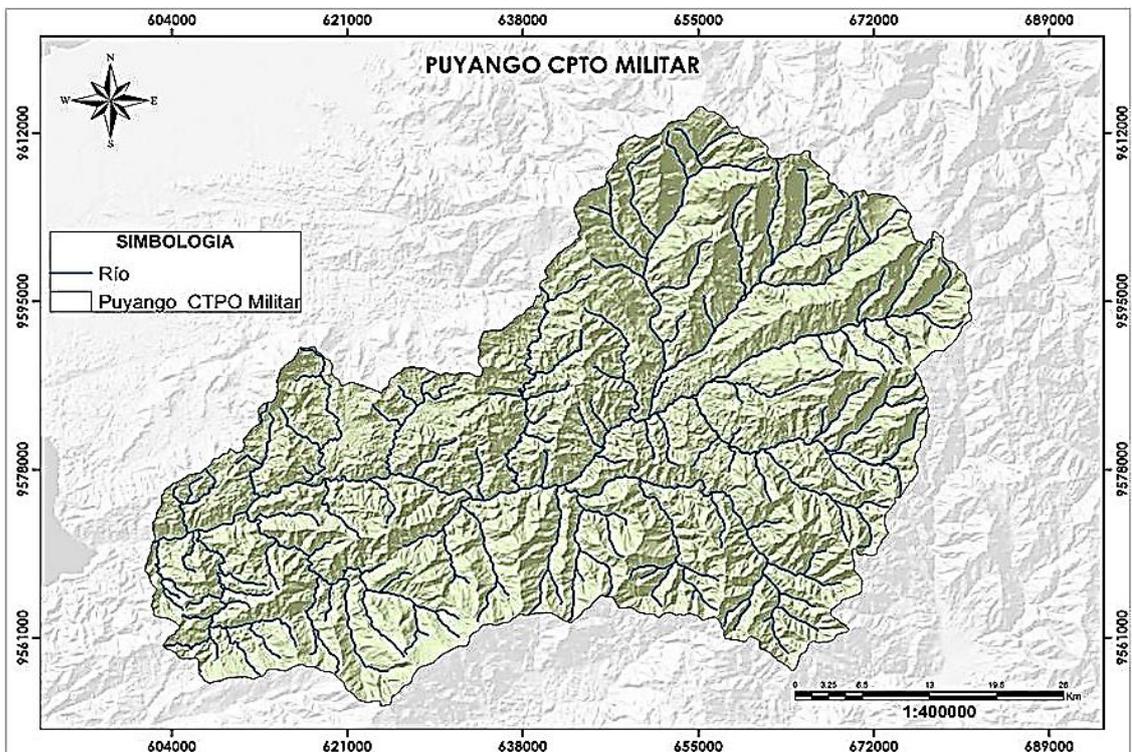


Figura 35: Microcuenca Puyango en Cpto. Militar.
Elaboración: Propia.



Figura 36: .Paquishapa en Pte. Carretera.
Elaboración: Propia.

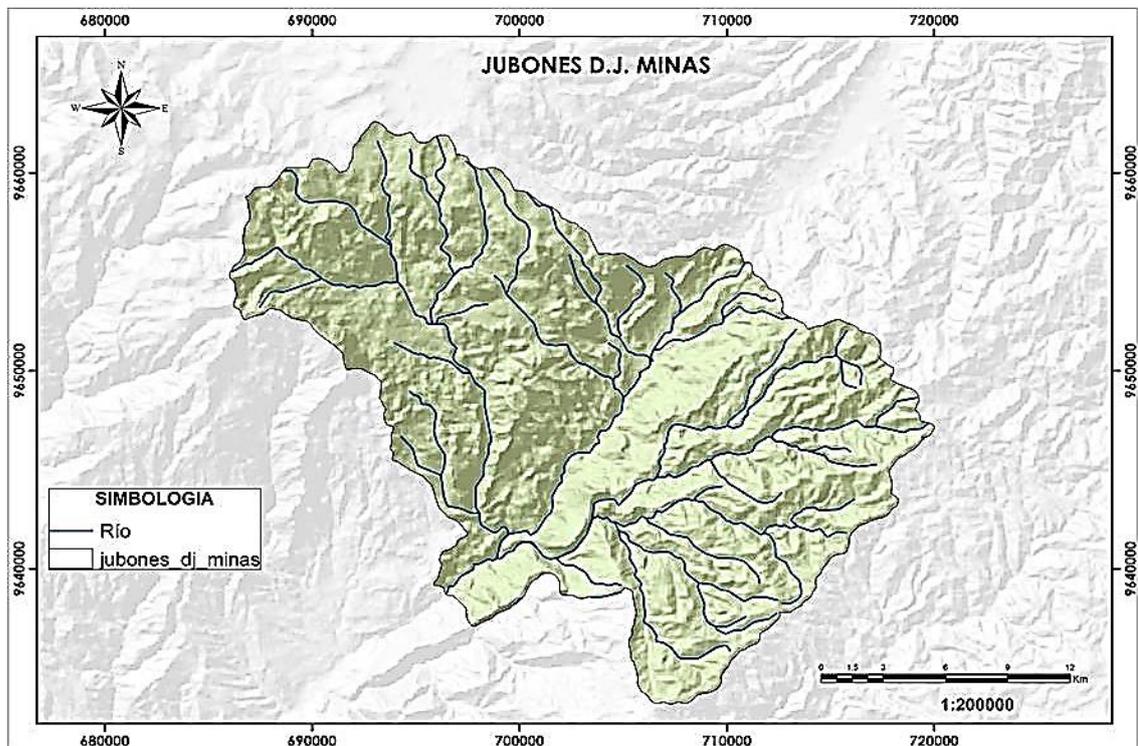


Figura 37: Microcuencia Jubones Dj. Minas.
Elaboración: Propia.



Figura 38: Microcuenca Jubones Dj. Sn. Francisco.
Elaboración: Propia.

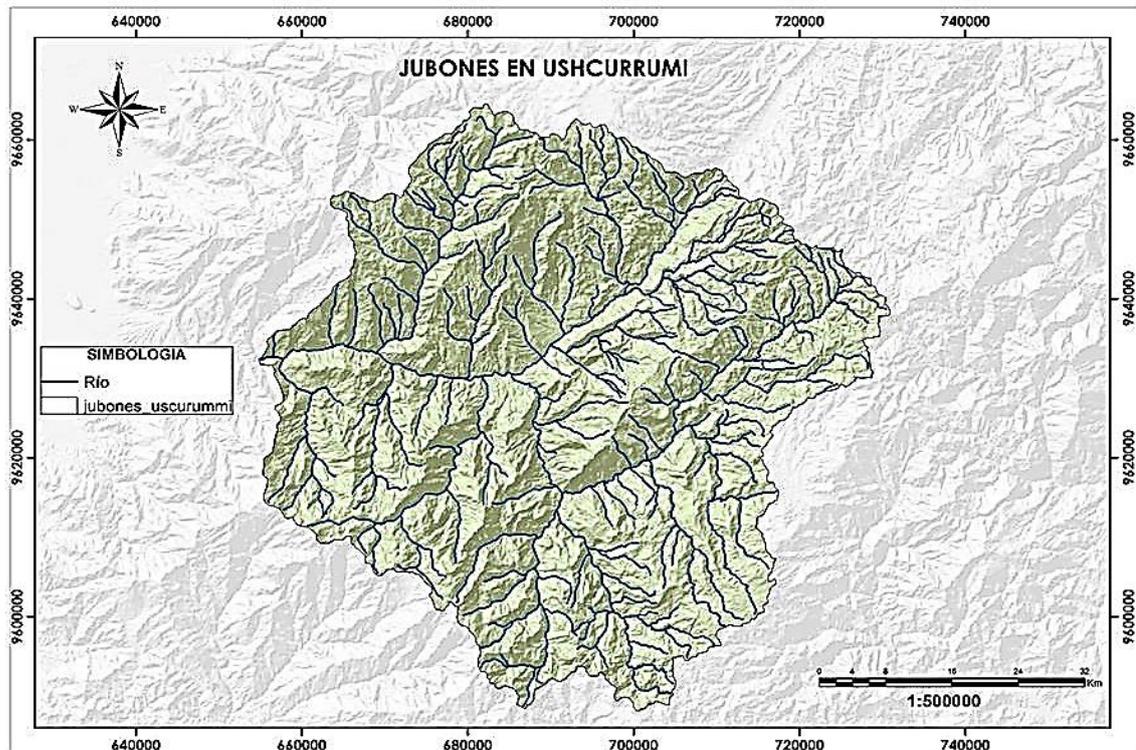


Figura 39: Microcuenca Jubones en Ushcurrumi.
Elaboración: Propia.

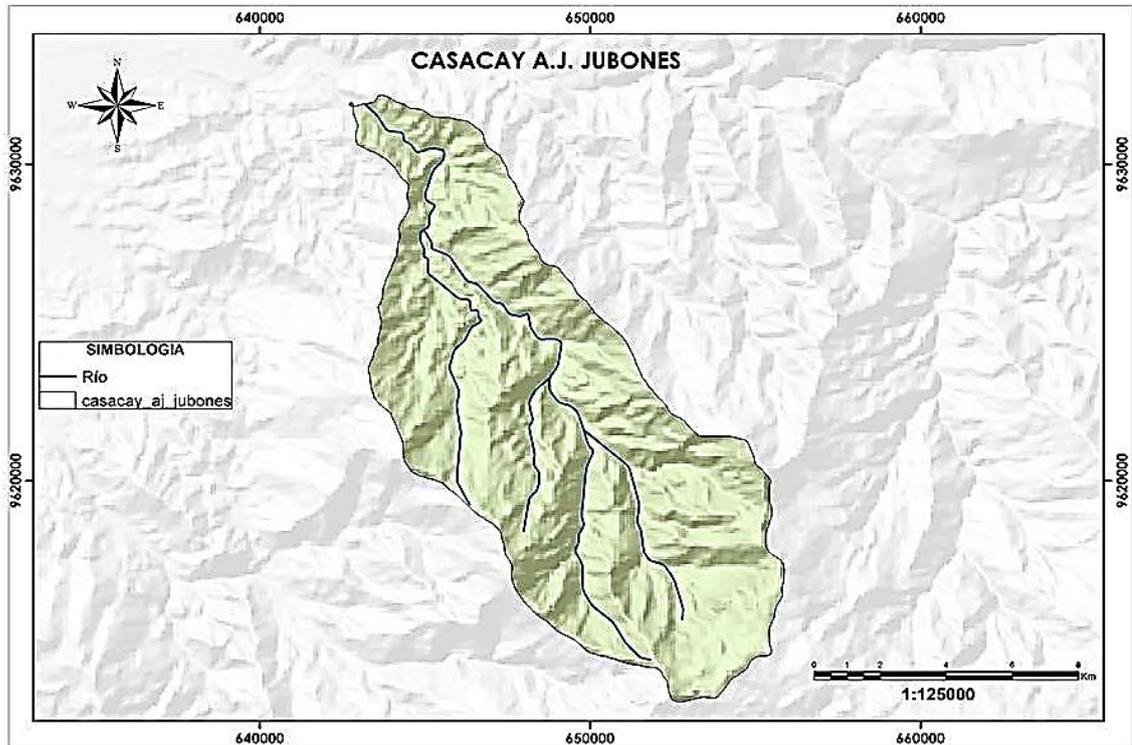


Figura 40: Microcuenca Casacay Aj. Jubones.
Elaboración: Propia.

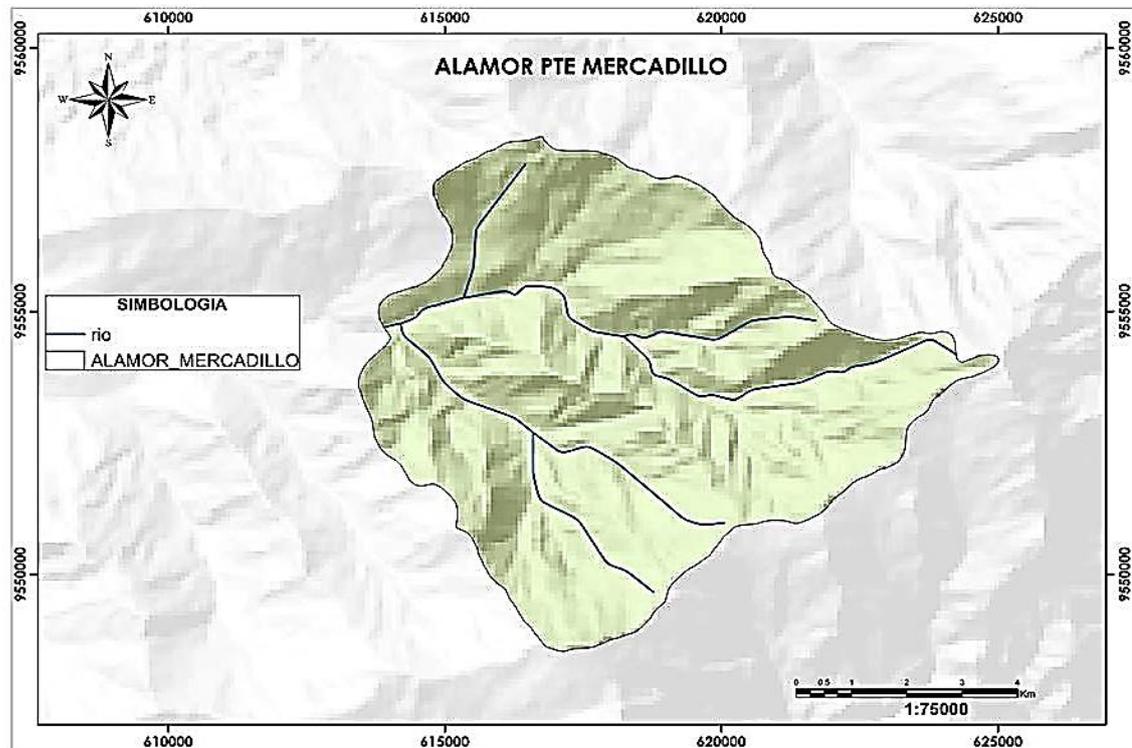


Figura 41: Microcuenca Alamor en Pte. mercadillo.
Elaboración: Propia.

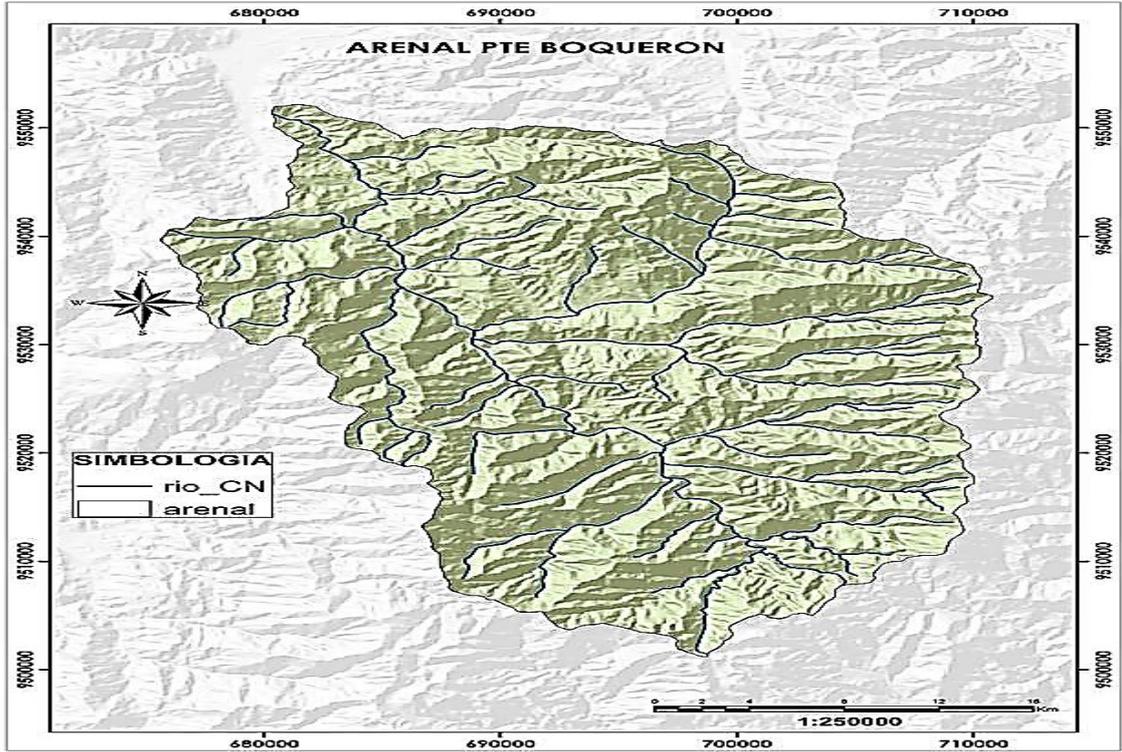


Figura 42: Microcuenca Arenal en Pte. Boquerón.
Elaboración: Propia.

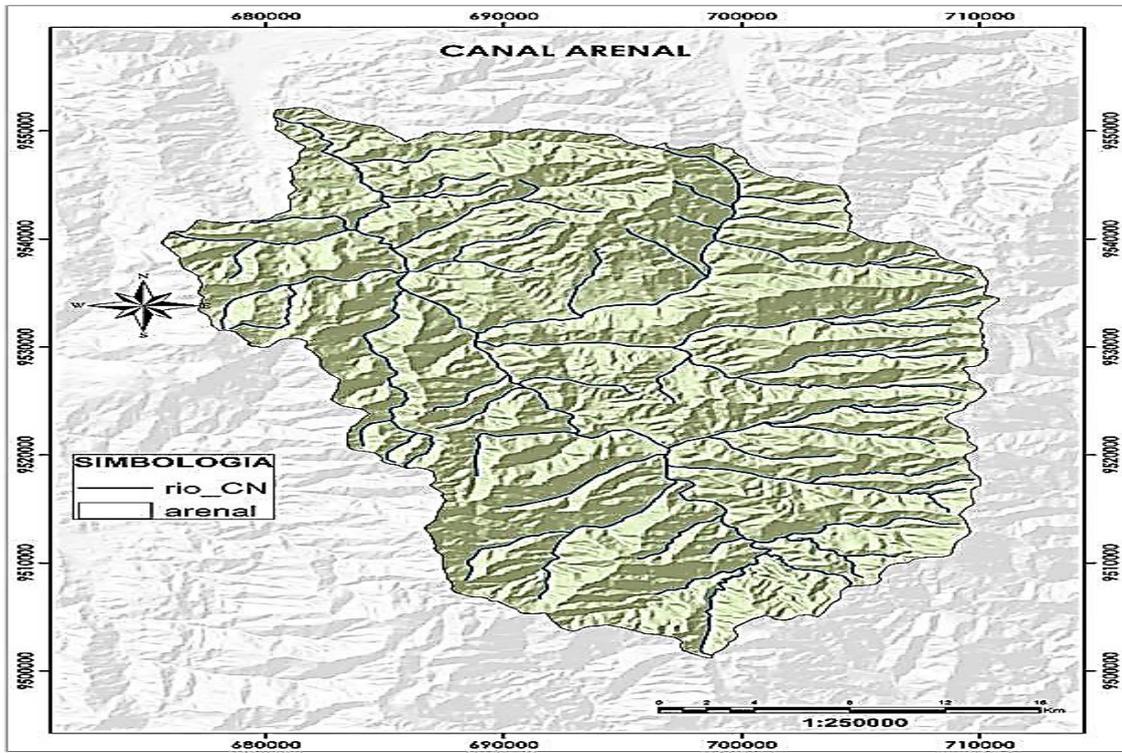


Figura 43: Microcuenca Canal Arenal.
Elaboración: Propia.

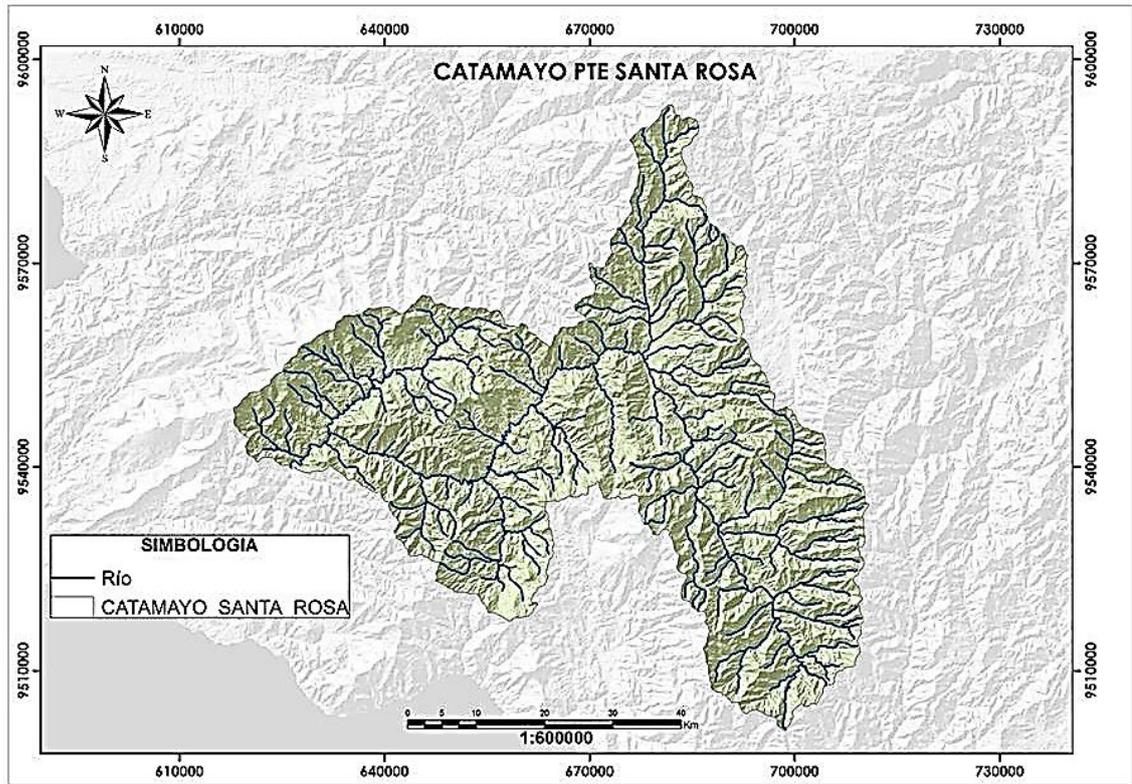


Figura 44: Microcuenca Catamayo en Pte Sta. Rosa.
Elaboración: Propia.

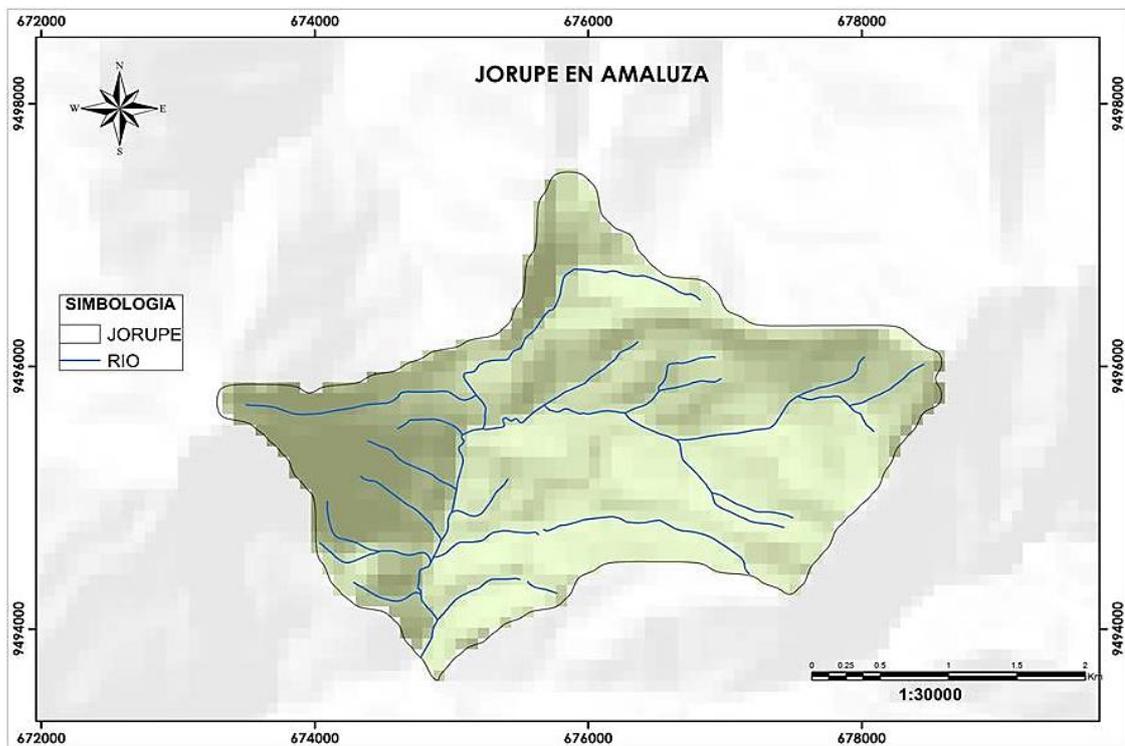


Figura 45: Microcuenca Jorupe en Amaluzá
Elaboración: Propia.

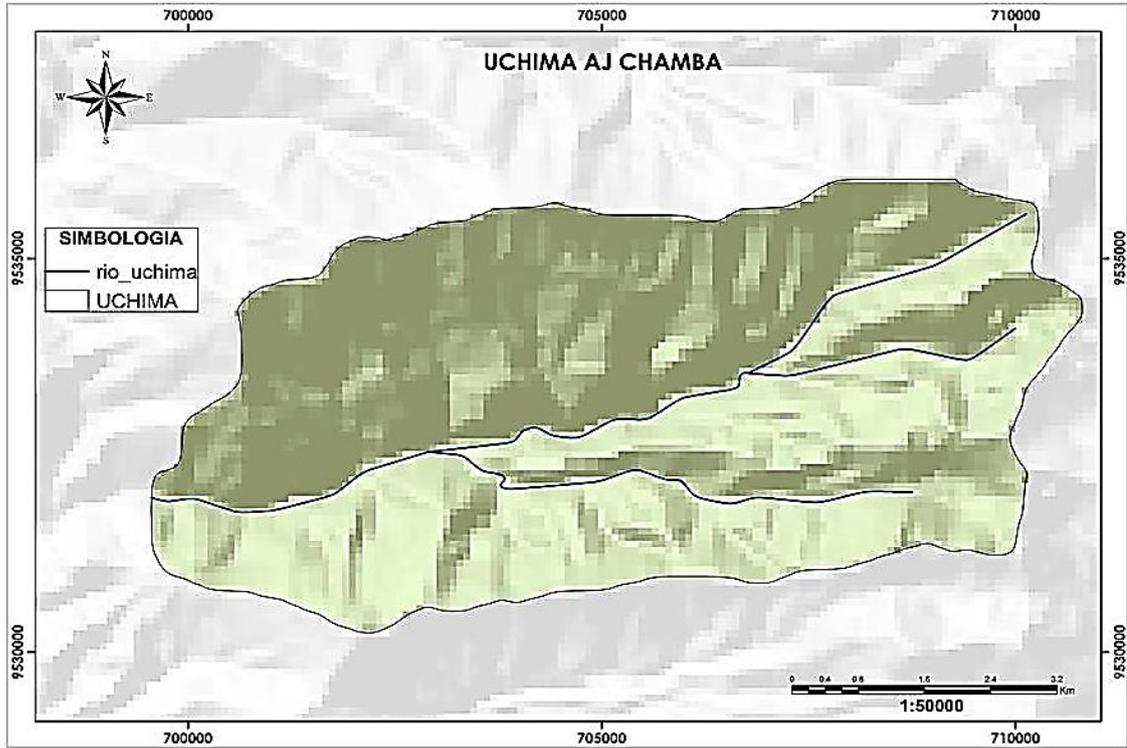


Figura 46: Microcuenca Uchima Aj Chamba.
Elaboración: Propia.

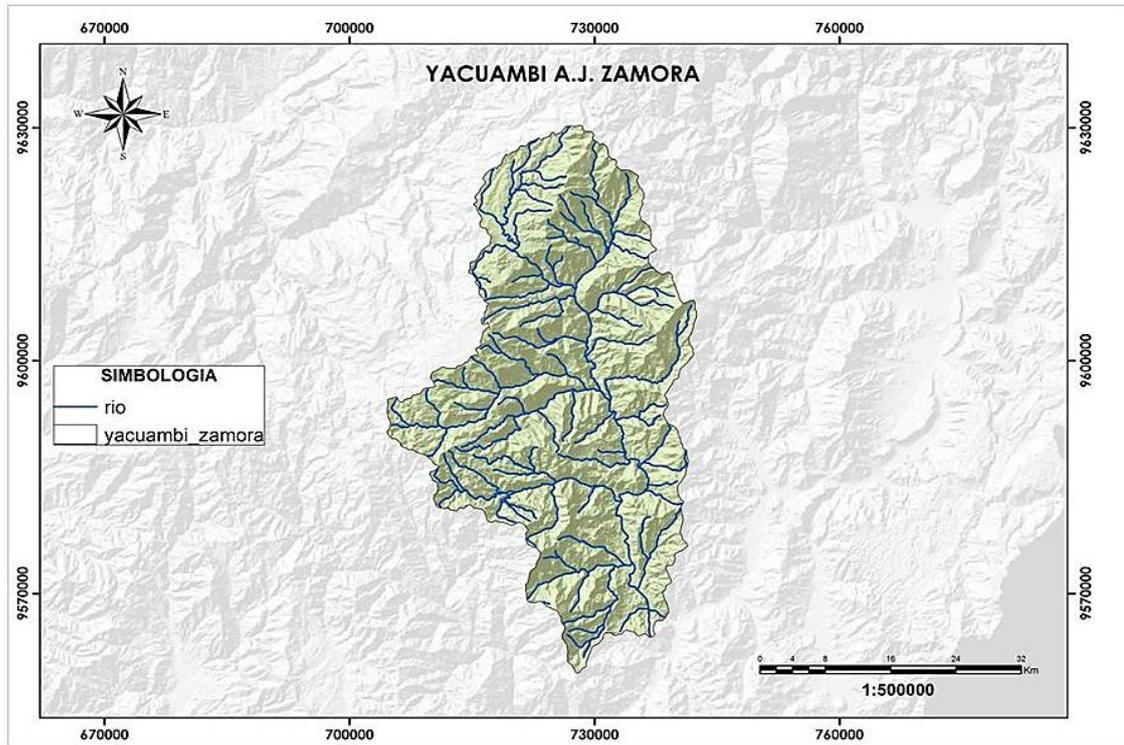


Figura 47: Microcuenca Yacuambi Aj Zamora.
Elaboración: Propia.

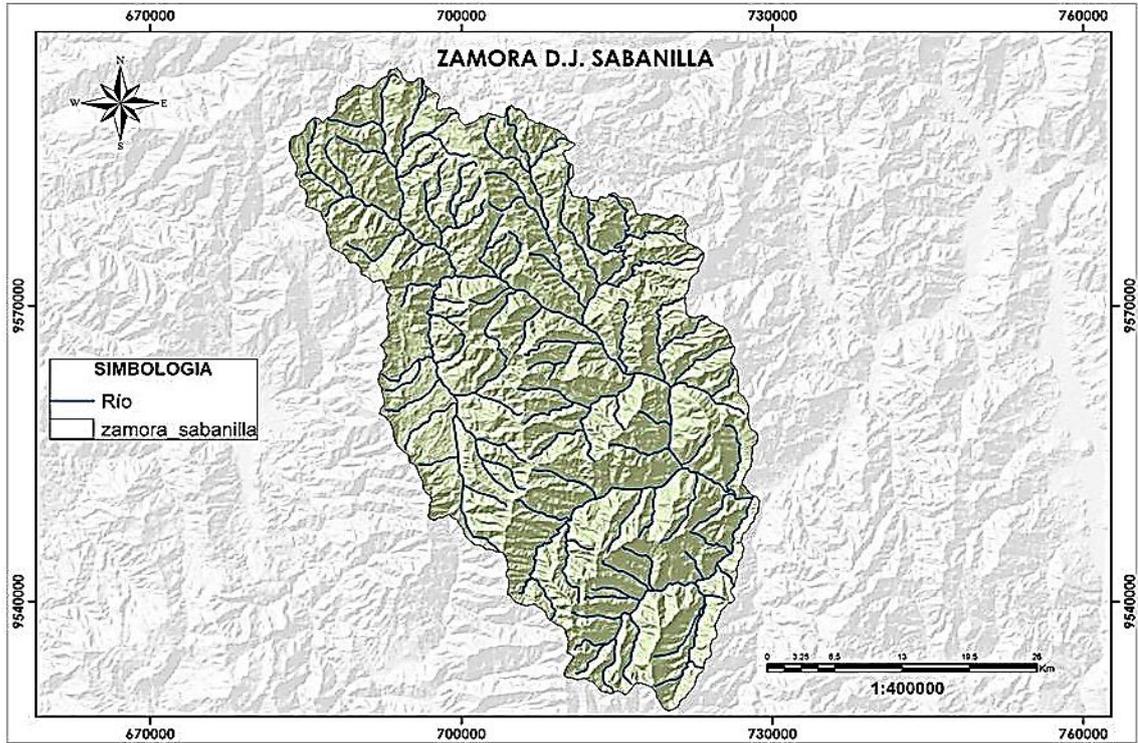


Figura 48: Microcuenca Zamora Dj. Sabanilla.
Elaboración: Propia.

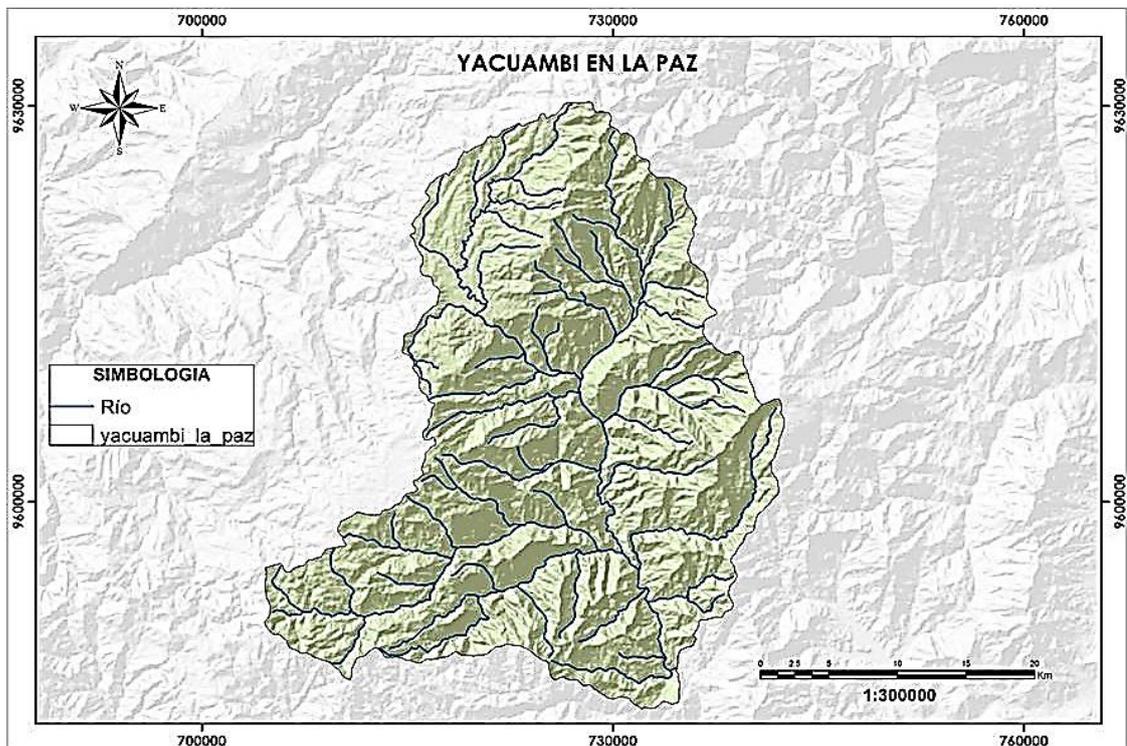


Figura 49: Microcuenca Yacuambi en la Paz.
Elaboración: Propia.

2. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

2.1. Cuenca Catamayo

Tabla 65. Arenal en Pte. Boquerón-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0617	NORMAL	M	104.2	165.6	197.8	224.3	254.2	274.1	314.3	329.8	362.6	375.7	30.2
		MV	104.2	165.6	197.8	224.3	254.2	274.1	314.3	329.8	362.6	375.7	30.2
		ML	104.2	160.4	189.8	214.1	241.4	259.6	296.5	310.7	340.7	352.6	30.4
	GAMMA 2	M	88.1	155.2	201.0	245.0	301.6	343.9	441.0	482.8	579.9	621.9	42.7
		MV	90.9	151.6	192.2	230.6	279.6	315.8	398.5	433.7	515.3	550.3	42.0
		ML	91.0	151.5	191.8	230.0	278.8	314.8	396.9	431.9	512.9	547.7	42.0
	GAMMA 3	M	86.8	153.7	200.5	245.9	305.0	349.4	452.5	497.0	601.1	646.4	15.6
		MPP	79.5	150.6	205.6	261.8	338.0	397.0	538.6	601.4	751.2	817.3	12.5
	GUMBEL	M	92.2	156.8	199.5	240.5	293.5	333.3	425.1	464.6	556.3	595.7	18.8
		MV	91.2	144.2	179.3	213.0	256.6	289.2	364.7	397.1	472.5	504.9	24.8
		ML	92.8	154.4	195.2	234.4	285.0	323.0	410.8	448.5	536.0	573.7	19.7
		ME	93.6	150.6	188.3	224.5	271.3	306.4	387.5	422.3	503.2	538.1	21.9
	GVE	M	90.3	153.1	196.9	240.7	299.9	346.4	460.7	513.0	642.5	701.8	17.6
		MV	84.1	142.9	191.8	247.9	336.8	418.1	668.3	810.1	1248	1496	15.3
		ML	83.6	142.3	190.8	246.3	333.9	413.5	657.2	794.5	1215	1453	15.6
	LOG-NORMAL 2	M-MV	84.1	147.2	197.2	251.1	329.6	395.1	570.3	656.6	885.5	997.3	13.9
	LOG PEARSON N III	M	103.6	114.7	120.9	126.1	132.2	136.4	145.1	148.6	156.1	159.2	62.8
	NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	17.9

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 66. Canal Arenal-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0619	NORMAL	M	1.6	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.7	4.0	4.1	0.3
		MV	1.6	2.2	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.7	4.0	4.1	0.3
		ML	1.6	2.1	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.8	0.3
	GAMMA 2	M	1.5	2.1	2.5	2.8	3.3	3.6	4.3	4.5	5.2	5.4	0.3
		MV	1.5	2.0	2.4	2.7	3.0	3.3	3.9	4.1	4.6	4.8	0.3
		ML	1.5	2.1	2.4	2.7	3.1	3.3	3.9	4.2	4.7	4.9	0.3
	GAMMA 3	M	1.4	2.0	2.5	2.9	3.5	4.0	5.0	5.5	6.6	7.1	0.2
		MPP	1.4	2.0	2.5	3.0	3.6	4.1	5.2	5.7	6.9	7.4	0.1
	GUMBEL	M	1.5	2.1	2.5	2.8	3.3	3.7	4.6	4.9	5.8	6.1	0.2
		MV	1.5	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	4.0	4.3	5.0	5.3	0.2
		ML	1.5	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.4	4.7	5.5	5.9	0.2
		ME	1.5	2.0	2.4	2.7	3.1	3.4	4.2	4.5	5.3	5.6	0.2
	GVE	M	1.4	2.0	2.4	2.8	3.4	3.9	5.1	5.7	7.1	7.8	0.2
		MV	1.4	2.0	2.4	2.9	3.6	4.2	6.0	6.9	9.6	11.1	0.2
		ML	1.4	2.0	2.4	2.9	3.6	4.2	6.0	6.9	9.7	11.1	0.2
	LOG-NORMAL 2	M-MV	1.5	2.0	2.4	2.7	3.1	3.5	4.2	4.6	5.4	5.8	0.2
	LOG PEARSON N III	M	1.2	2.1	2.7	3.5	4.5	5.3	7.3	8.2	10.3	11.3	0.2
	NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	0.2

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 67. Jorupe en Amaluza-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0621	NORMAL	M	30.6	52.7	64.2	73.8	84.5	91.7	106.1	111.7	123.5	128.2	13.4
		MV	30.6	52.7	64.2	73.8	84.5	91.7	106.1	111.7	123.5	128.2	13.4
		ML	30.6	50.4	60.7	69.3	78.9	85.3	98.3	103.3	113.9	118.1	13.9
	GAMMA 2	M	23.6	47.6	64.9	81.9	104.4	121.6	161.7	179.2	220.4	238.4	17.5
		MV	25.2	46.2	60.9	75.0	93.5	107.3	139.3	153.1	185.3	199.3	17.1
		ML	25.0	46.4	61.4	75.9	94.9	109.1	142.1	156.3	189.7	204.2	17.1
	GAMMA 3	M	25.0	49.1	65.4	81.0	101.0	115.9	149.9	164.5	198.4	213.0	8.8
		MPP	19.6	44.5	66.1	89.3	121.9	148.0	212.3	241.4	312.2	343.9	7.8
	GUMBEL	M	26.2	49.5	64.8	79.6	98.7	113.0	146.0	160.2	193.2	207.4	9.5
		MV	25.5	43.1	54.9	66.1	80.6	91.5	116.7	127.6	152.7	163.5	11.9
		ML	26.5	48.2	62.6	76.4	94.3	107.6	138.6	151.9	182.7	196.0	9.8
		ME	26.8	46.9	60.2	72.9	89.4	101.8	130.3	142.6	171.1	183.4	10.4
	GVE	M	25.9	48.8	64.4	79.7	100.0	115.6	152.8	169.4	209.3	227.1	9.4
		MV	21.5	40.5	58.0	79.7	117.4	155.0	287.5	372.2	671.0	862.3	10.0
		ML	21.8	41.1	58.8	80.9	119.5	158.0	294.0	381.3	690.0	888.3	9.8
	LOG-NORMAL 2	M-MV	22.4	42.9	60.3	79.8	109.3	134.9	206.3	242.9	343.6	394.4	9.1
	LOG PEARSON N III	M	29.8	38.1	42.8	47.0	52.0	55.4	62.8	65.8	72.4	75.1	19.2
	NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	9.0

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 68. Uchima Aj Chamba-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0627	NORMAL	M	17.1	27.4	32.7	37.2	42.2	45.5	52.3	54.8	60.3	62.5	4.8
		MV	17.1	27.4	32.7	37.2	42.2	45.5	52.3	54.8	60.3	62.5	4.8
		ML	17.1	26.7	31.7	35.8	40.5	43.6	49.8	52.3	57.4	59.4	4.8
	GAMMA 2	M	14.3	25.6	33.3	40.7	50.3	57.4	73.9	81.0	97.5	104.7	7.5
		MV	14.8	25.0	31.9	38.5	46.8	53.1	67.3	73.3	87.4	93.5	7.3
		ML	14.8	25.0	31.7	38.2	46.4	52.5	66.4	72.4	86.2	92.1	7.3
	GAMMA 3	M	14.3	25.5	33.2	40.7	50.4	57.7	74.5	81.7	98.6	105.9	2.1
		MPP	13.0	25.1	34.3	43.7	56.4	66.1	89.4	99.8	124.3	135.2	1.2
	GUMBEL	M	15.1	25.9	33.0	39.9	48.8	55.4	70.8	77.4	92.8	99.4	2.7
		MV	14.9	23.9	29.8	35.6	43.0	48.5	61.3	66.8	79.6	85.1	3.8
		ML	15.1	25.6	32.6	39.3	47.9	54.4	69.3	75.7	90.6	97.1	2.8
		ME	15.3	25.0	31.4	37.5	45.4	51.4	65.1	71.1	84.8	90.7	3.3
	GVE	M	14.8	25.4	32.7	39.9	49.7	57.3	75.9	84.3	105.0	114.4	2.5
		MV	13.4	23.5	32.4	43.1	60.9	77.9	134.3	168.3	281.5	350.0	1.7
		ML	13.7	23.7	31.9	41.2	55.7	68.7	107.9	129.6	195.0	231.4	1.9
	LOG-NORMAL 2	M-MV	13.6	24.2	32.7	41.9	55.4	66.8	97.4	112.6	153.1	173.0	1.7
	LOG PEARSON N III	M	16.5	21.5	24.5	27.1	30.3	32.6	37.6	39.7	44.3	46.2	7.5
	NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	2.4

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 69. Catamayo Pte. Sta. Rosa-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0620	NORMAL	M	103.8	150.9	175.6	195.9	218.9	234.1					110.0
		MV	103.8	150.9	175.6	195.9	218.9	234.1					110.0
		ML	103.8	138.9	157.4	172.6	189.7	201.1					89.9
	GAMMA 2	M	94.0	145.4	178.5	209.4	248.2	276.5	340.3	367.2	428.9	455.2	64.3
		MV	98.2	136.3	159.6	180.8	206.8	225.4	266.5	283.5	322.0	338.2	60.4
		ML	101.8	124.0	136.8	148.0	161.3	170.6	190.5	198.6	216.4	223.8	58.6
	GAMMA 3	M	84.5	132.6	172.3	214.0	271.8	317.3	428.4	478.4	598.8	652.4	44.4
		MPP	80.0	92.5	127.6	183.7	286.1	382.4	660.6	801.4	1172.0	1348.9	67.4
	GUMBEL	M	94.6	144.1	176.9	208.4	249.1	279.6	350.1	380.4	450.8	481.1	40.9
		MV	93.4	119.4	136.6	153.1	174.4	190.4	227.4	243.3	280.2	296.1	48.2
		ML	96.6	135.2	160.7	185.2	217.0	240.7	295.7	319.3	374.1	397.7	42.6
		ME	97.4	131.7	154.4	176.1	204.3	225.4	274.2	295.2	343.9	364.9	43.9
	GVE	M	91.1	136.0	170.0	206.3	259.3	303.9	425.8	487.6	657.3	743.3	46.6
		MV	84.2	106.9	143.9	217.1	434.4	793.1	3615.5	7100.6	34529.4	68399.4	56.2
		ML	80.4	85.7	94.0	109.7	153.6	222.7	722.9	1302.9	5504.5	10377.7	74.5
	LOG-NORMAL 2	M-MV	95.4	130.3	153.3	175.4	204.1	225.8	276.9	299.5	353.8	378.0	43.9
LOG PEARSON N III	M	103.5	108.3	111.0	113.2	115.8	117.6	121.3	122.8	126.0	127.3	59.4	
NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	40.4	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.2. Cuenca Jubones

Tabla 70. Jubones Dj Sn. Francisco-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0529	NORMAL	M	427.8	757.0	929.3	1072	1232	1338	1554	1637	1813	1883	195.6
		MV	427.8	757.0	929.3	1072	1232	1338	1554	1637	1813	1883	195.6
		ML	427.8	710.7	858.7	981	1118	1210	1396	1467	1618	1678	195.6
	GAMMA 2	M	319.2	674.0	935.1	1196	1542	1807	2432	2705	3353	3637	224.3
		MV	341.9	657.1	880.3	1099	1385	1600	2103	2321	2833	3056	222.1
		ML	338.4	660.1	889.3	1114	1410	1633	2155	2381	2914	3146	221.9
	GAMMA 3	M	301.1	644.8	917.4	1199	1585	1885	2611	2934	3710	4053	92.1
		MPP	285.5	644.5	938.8	1248	1676	2012	2833	3201	4088	4483	80.2
	GUMBEL	M	363.6	709.5	938.5	1158	1443	1656	2148	2360	2851	3063	131.1
		MV	360.2	618.0	788.6	952	1164	1323	1690	1848	2214	2371	169.9
		ML	370.1	680.4	885.8	1083	1338	1529	1971	2160	2601	2791	140.0
		ME	375.3	657.9	845.0	1024	1257	1431	1833	2006	2407	2580	152.9
	GVE	M	341.6	660.2	898.0	1149	1510	1810	2615	3015	4095	4632	109.5
		MV	314.9	603.2	859.1	1168	1688	2190	3871	4901	8362	10483	84.3
		ML	312.3	597.7	848.3	1149	1648	2127	3708	4664	7834	9752	91.2
	LOG-NORMAL 2	M-MV	298.8	637.5	947.8	1314	1900	2429	3993	4833	7247	8514	51.1
	LOG PEARSON III	M	427.5	441.7	449.3	455.7	462.9	467.8	477.8	481.6	489.9	493.3	382.1
NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	123.4	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 71. Jubones en Ushcurrumi-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE	
H0530	NORMAL	M	347.1	495.1	572.6	636	708	756	853	891	970	1001	44.0	
		MV	347.1	495.1	572.6	636	708	756	853	891	970	1001	44.0	
		ML	347.1	492.5	568.6	631	702	749	844	881	959	990	44.4	
	GAMMA 2	M	318.3	479.4	581.9	677	795	882	1075	1156	1342	1421	86.7	
		MV	318.9	478.1	579.3	673	790	875	1064	1144	1326	1404	86.4	
		ML	320.3	475.3	573.3	664	776	858	1040	1117	1291	1365	85.9	
	GAMMA 3	M	320.8	481.4	581.9	674	788	871	1055	1131	1306	1380	23.4	
		MPP	316.7	483.1	589.4	688	812	902	1103	1188	1383	1465	19.9	
	GUMBEL	M	318.3	473.8	576.7	675	803	899	1120	1216	1436	1531	22.7	
		MV	317.5	471.5	573.6	671	798	893	1112	1207	1426	1520	23.9	
		ML	317.5	476.9	582.5	684	815	913	1140	1237	1464	1561	20.3	
		ME	318.3	473.6	576.4	675	803	898	1119	1214	1435	1530	22.8	
	GVE	M												
		MV												
		ML	317.2	476.6	582.5	684.2	816.3	915.5	1145	1244	1475	1575	20.4	
	LOG-NORMAL 2	M-MV	304.6	475.8	600.8	728.5	904.8	1045	1400	1567	1988	2186	19.7	
LOG PEARSON III	M	345.6	382.4	402.5	419.6	439.4	452.9	481.1	492.2	516.2	526.0	139.1		
NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	16.7		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 72.Casacay Aj Jubones-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE	
H0531	NORMAL	M	20.4	31.8	37.8	42.7	48.3	52.0	59.4	62.3	68.4	70.8	7.9	
		MV	20.4	31.8	37.8	42.7	48.3	52.0	59.4	62.3	68.4	70.8	7.9	
		ML	20.4	31.7	37.6	42.5	48.0	51.7	59.1	61.9	67.9	70.4	7.9	
	GAMMA 2	M	17.6	30.0	38.4	46.4	56.7	64.3	81.7	89.2	106.5	113.9	8.0	
		MV	17.5	30.2	38.8	47.1	57.7	65.6	83.7	91.4	109.4	117.2	8.0	
		ML	17.8	29.8	37.8	45.4	55.2	62.4	78.8	85.8	102.0	109.0	7.9	
	GAMMA 3	M	18.4	30.8	38.5	45.6	54.5	60.8	75.0	80.9	94.4	100.1	2.3	
		MPP	17.7	30.9	39.6	47.7	58.0	65.5	82.7	89.9	106.7	113.9	1.8	
	GUMBEL	M	18.2	30.2	38.1	45.7	55.6	63.0	80.0	87.3	104.3	111.7	2.3	
		MV	18.1	29.6	37.2	44.4	53.9	61.0	77.3	84.3	100.6	107.6	2.7	
		ML	18.1	30.5	38.7	46.6	56.8	64.4	82.0	89.6	107.2	114.8	2.0	
		ME	18.3	30.0	37.8	45.2	54.9	62.1	78.8	86.0	102.7	109.9	2.4	
	GVE	M												
		MV												
		ML	17.9	30.2	38.7	47.0	58.1	66.7	87.3	96.5	118.8	128.8	2.0	
	LOG-NORMAL 2	M-MV	16.0	30.2	42.3	55.7	76.1	93.6	142.4	167.3	235.4	269.7	3.0	
	LOG PEARSON N III	M	18.9	29.5	36.1	42.0	49.2	54.4	65.8	70.5	81.2	85.7	3.5	
NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	1.7		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 73. Paquishapa Pte. Carretera-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0526	NORMAL	M	30.6	47.3	56.0	63.2	71.4	76.8	87.7	91.9	100.9	104.4	7.0
		MV	30.6	47.3	56.0	63.2	71.4	76.8	87.7	91.9	100.9	104.4	7.0
		ML	30.6	47.1	55.7	62.9	70.9	76.3	87.1	91.3	100.1	103.6	7.0
	GAMMA 2	M	26.5	44.8	57.0	68.6	83.5	94.5	119.7	130.4	155.3	166.1	14.2
		MV	26.7	44.5	56.3	67.6	81.9	92.5	116.6	126.9	150.7	160.9	14.1
		ML	27.3	43.6	54.2	64.2	76.9	86.2	107.2	116.1	136.6	145.4	13.8
	GAMMA 3	M	28.3	46.2	57.0	66.7	78.5	86.9	105.2	112.8	129.8	136.9	5.6
		MPP	25.2	45.4	59.6	73.5	91.6	105.2	136.9	150.6	182.7	196.7	4.9
	GUMBEL	M	27.3	44.9	56.5	67.6	82.1	92.9	117.9	128.6	153.5	164.2	5.4
		MV	26.9	43.3	54.2	64.6	78.1	88.2	111.5	121.6	144.8	154.9	6.0
		ML	27.2	45.3	57.3	68.8	83.7	94.9	120.7	131.7	157.5	168.6	5.3
		ME	27.4	44.6	55.9	66.8	80.9	91.5	115.9	126.4	150.8	161.3	5.6
	GVE	M	27.9	45.8	56.9	67.2	79.8	88.8	108.3	116.1	133.1	139.9	5.6
		MV	19.2	44.2	88.7	183.7	491.7	1042	6013	12801	74030	157642.	44.5
		ML	25.8	43.7	57.0	71.0	91.1	107.7	152.2	174.3	233.4	262.7	5.6
	LOG-NORMAL 2	M-MV	24.7	43.2	57.8	73.5	96.3	115.4	166.2	191.3	257.6	290.0	5.7
	LOG PEARSON III	M	28.0	47.0	58.6	69.0	81.7	90.8	110.7	119.0	137.5	145.3	5.1
	NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	5.1

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 74.Jubones Dj Minas-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0528	NORMAL	M	164.0	221.8	252.0	276.9	305.0	323.7	361.5	376.1	406.9	419.2	14.0
		MV	164.0	221.8	252.0	276.9	305.0	323.7	361.5	376.1	406.9	419.2	14.0
		ML	164.0	224.2	255.7	281.7	311.0	330.5	370.0	385.1	417.3	430.1	13.0
	GAMMA 2	M	154.6	217.1	255.5	290.5	333.6	364.5	432.8	461.2	525.5	552.6	21.0
		MV	153.1	220.7	262.8	301.4	349.1	383.6	460.1	492.0	564.5	595.2	20.8
		ML	153.4	220.1	261.7	299.7	346.7	380.6	455.9	487.2	558.4	588.6	20.7
	GAMMA 3	M	162.4	221.2	252.9	279.6	310.2	330.8	373.5	390.2	426.0	440.5	15.0
		MPP	159.9	213.8	244.4	271.0	302.4	324.2	370.5	389.1	430.1	446.9	20.4
	GUMBEL	M	152.8	213.4	253.6	292.1	342.0	379.3	465.7	502.8	588.9	626.0	22.0
		MV	153.2	223.8	270.5	315.3	373.3	416.8	517.3	560.5	660.8	703.9	20.6
		ML	151.8	217.8	261.5	303.4	357.7	398.3	492.3	532.7	626.5	666.9	20.8
		ME	151.4	219.5	264.6	307.9	363.9	405.8	502.8	544.5	641.3	683.0	20.7
	GVE	M	165.5	224.5	253.1	274.6	295.9	308.1	327.6	333.3	342.4	345.0	12.8
		MV	174.6	237.9	267.5	289.3	310.2	321.8	339.6	344.6	352.3	354.5	14.3
		ML	167.1	227.2	255.3	275.9	295.7	306.7	323.5	328.2	335.4	337.4	11.6
	LOG-NORMAL 2	M-MV	147.6	223.4	277.5	331.9	405.9	464.3	609.2	676.2	843.8	921.5	25.7
	LOG PEARSON III	M											
	NASH	M	495.9	1087	1479	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	20.5

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.3. Cuenca Puyango

Tabla 75. Puyango Cpto. Militar-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0591	NORMAL	M	590.3	815.9	934.0	1031	1141	1214	1362	1419	1539	1587	84.05
		MV	590.3	815.9	934.0	1031	1141	1214	1362	1419	1539	1587	84.05
		ML	590.3	805.2	917.7	1011	1115	1185	1325	1380	1494	1540	85.27
	GAMMA 2	M	550.7	795.4	948.2	1088	1262	1387	1665	1781	2045	2156	56.95
		MV	553.1	789.7	936.6	1071	1237	1356	1621	1731	1982	2087	59.87
		ML	552.5	791.2	939.7	1076	1243	1364	1633	1744	1998	2106	59.00
	GAMMA 3	M	536.5	783.1	947.2	1103	1301	1447	1782	1924	2253	2395	53.95
		MPP	539.1	790.0	954.3	1109	1304	1448	1773	1911	2229	2365	53.09
	GUMBEL	M	546.3	783.4	940.3	1091	1286	1432	1769	1914	2251	2396	53.45
		MV	547.5	780.5	934.7	1083	1274	1418	1749	1892	2223	2365	55.03
		ML	546.5	782.2	938.2	1088	1282	1427	1762	1907	2241	2385	53.97
		ME	547.1	779.6	933.5	1081	1272	1415	1746	1889	2219	2361	55.30
	GVE	M	543.9	779.1	937.5	1091	1294	1447	1810	1969	2346	2512	53.32
		MV	547.7	780.4	934.2	1082	1272	1414	1743	1884	2211	2351	55.90
		ML	541.4	776.9	937.9	1096	1307	1470	1861	2035	2457	2646	51.98
	LOG-NORMAL 2	M-MV	534.3	788.4	966.3	1143	1381	1567	2022	2230	2745	2982	46.97
	LOG PEARSON III	M	589.5	617.6	632.8	646	660	670	691	699	716	723	241.7
	NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	49.63

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 76. Amarillo en Portovelo-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0588	NORMAL	M	203.0	434.5	555.6	655.5	768.0	843.0	994.7	1053	1177	1226	184.0
		MV	203.0	434.5	555.6	655.5	768.0	843.0	994.7	1053	1177	1226	184.0
		ML	203.0	387.3	483.8	563.4	653.0	712.7	833.5	880	978	1018	186.9
	GAMMA 2	M	102.5	330.3	527.7	740.1	1039.8	1278	1869	2137	2788	3080	212.5
		MV	132.8	328.3	481.6	639.3	854.0	1021	1422	1602	2029	2218	204.8
		ML	106.8	330.8	522.1	726.7	1014.0	1242	1804	2059	2675	2951	107.8
	GAMMA 3	M	128.4	378.3	560.8	742.1	982.4	1165	1596	1785	2230	2425	118.7
		MPP	75.4	282.5	504.9	766.4	1160	1488	2337	2735	3726	4180	110.2
	GUMBEL	M	157.9	401.1	562.0	716.5	916.4	1066	1412	1561	1906	2055	136.7
		MV	149.0	303.0	405.0	502.8	629.4	724.3	943.5	1038	1257	1351	165.1
		ML	165.5	367.6	501.4	629.8	795.9	920.4	1208	1332	1619	1743	141.9
		ME	167.7	357.7	483.5	604.2	760.3	877.4	1147	1264	1534	1650	145.7
	GVE	M	147.1	379.3	545.8	715.6	951.4	1140	1622	1851	2435	2712	130.5
		MV	104.8	334.8	719.3	1496.0	3856	7838	40358	81637	418726	846591	305.6
		ML	102.9	247.9	406.5	633.0	1093	1628	4002	5862	14132	20613	143.6
	LOG-NORMAL 2	M-MV	99.7	272.9	462.3	714.2	1165	1614	3124	4027	6899	8546	122.3
	LOG PEARSON N III	M	202.6	219.5	228.6	236.2	244.9	250.8	262.9	267.6	277.8	281.9	265.3
	NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	125.1

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 77. Marcabellí Aj Puyango-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0590	NORMAL	M	63.3	114.6	141.5	163.7	188.6	205.2	238.9	251.8	279.2	290.2	77.8
		MV	63.3	114.6	141.5	163.7	188.6	205.2	238.9	251.8	279.2	290.2	77.8
		ML	63.3	114.1	140.7	162.6	187.3	203.7	237.0	249.8	277.0	287.8	77.2
	GAMMA 2	M	45.7	100.7	141.8	183.3	238.8	281.3	382.4	426.9	532.5	578.9	58.1
		MV	43.5	101.7	146.3	191.6	252.9	300.3	413.5	463.7	583.1	635.7	59.6
		ML	41.0	102.5	150.9	200.9	269.0	322.0	449.7	506.6	642.7	703.0	17.9
	GAMMA 3	M	53.3	109.1	144.7	177.7	218.9	248.9	316.0	344.3	408.8	436.2	19.8
		MPP	42.3	106.2	154.6	203.5	269.3	320.0	440.6	493.9	620.4	676.1	17.2
	GUMBEL	M	53.3	107.2	142.9	177.2	221.5	254.7	331.5	364.5	441.1	474.0	19.6
		MV	52.1	98.2	128.7	157.9	195.8	224.2	289.8	318.0	383.4	411.6	24.8
		ML	53.0	108.7	145.5	180.9	226.7	261.0	340.3	374.3	453.4	487.5	18.8
		ME	54.1	103.5	136.2	167.5	208.1	238.5	308.7	338.9	409.0	439.2	22.1
	GVE	M	3083	3137	3173	3208	3256	3292	3379	3417	3510	3552	3452
		MV	3083	3137	3173	3208	3256	3292	3379	3417	3510	3552	3452
		ML	45.5	99.1	142.4	191.0	266.1	333.0	531.5	640.1	963.9	1141	21.3
	LOG-NORMAL 2	M-MV	34.0	104.2	187.2	303.6	523.3	752.1	1567	2078	3780	4797	24.5
	LOG PEARSON III	M	62.0	81.0	91.6	100.8	111.6	119.1	134.8	141.1	155.0	160.6	46.1
NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	14.96	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 78. Moromoro en Moromoro-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0592	NORMAL	M	26.2	40.7	48.2	54.5	61.5	66.2	75.7	79.3			31.3
		MV	26.2	40.7	48.2	54.5	61.5	66.2	75.7	79.3			31.3
		ML	26.2	41.5	49.4	56.0	63.5	68.4	78.4	82.2			32.6
	GAMMA 2	M	22.6	38.4	49.0	59.2	72.1	81.7	103.6	113.0	134.7	144.1	5.6
		MV	22.8	38.2	48.5	58.2	70.6	79.9	100.9	109.8	130.6	139.5	5.8
		ML	21.7	39.5	51.9	63.8	79.3	90.8	117.6	129.2	156.2	167.9	4.7
	GAMMA 3	M	24.5	39.9	49.0	57.0	66.7	73.5	88.2	94.2	107.6	113.2	5.6
		MPP	22.5	40.4	52.1	63.2	77.3	87.7	111.3	121.3	144.3	154.2	4.7
	GUMBEL	M	23.4	38.6	48.6	58.3	70.8	80.1	101.7	111.0	132.6	141.9	5.6
		MV	23.2	37.5	47.0	56.0	67.8	76.6	96.9	105.7	125.9	134.7	6.3
		ML	23.1	39.8	50.9	61.5	75.3	85.6	109.4	119.7	143.4	153.7	4.6
		ME	23.5	38.1	47.8	57.1	69.1	78.2	99.0	108.0	128.8	137.7	6.0
	GVE	M	24.3	39.8	49.1	57.5	67.6	74.5	88.9	94.5	106.0	110.5	5.6
		MV	21.8	37.3	49.4	62.8	83.1	100.7	151.3	178.1	255.5	296.6	6.7
		ML	22.7	39.4	50.9	62.3	77.5	89.3	117.9	130.8	162.2	176.4	5.3
	LOG-NORMAL 2	M-MV	21.1	37.7	51.1	65.8	87.2	105.3	154.3	178.6	243.8	275.8	5.8
	LOG PEARSON N III	M	22.5	46.1	60.8	74.2	90.9	102.8	129.4	140.5	165.7	176.3	4.6
	NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	3.32

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 79. Pindo Aj Amarillo-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0587	NORMAL	M	133.2	179.7	204.1	224.2	246.9	262.0	292.5	304.3	329.2	339.1	12.2
		MV	133.2	179.7	204.1	224.2	246.9	262.0	292.5	304.3	329.2	339.1	12.2
		ML	133.2	179.5	203.8	223.8	246.4	261.4	291.8	303.5	328.3	338.2	12.3
	GAMMA 2	M	125.6	176.0	207.0	235.2	269.9	294.8	349.7	372.6	424.2	446.0	8.6
		MV	125.8	175.7	206.4	234.3	268.6	293.2	347.5	370.0	421.0	442.5	8.8
		ML	125.4	176.7	208.4	237.2	272.8	298.3	354.8	378.3	431.4	453.9	8.3
	GAMMA 3	M	127.1	176.9	206.8	233.4	265.7	288.6	338.5	359.0	404.9	424.1	8.8
		MPP	125.9	176.8	207.9	236.2	270.7	295.5	350.1	372.6	423.6	445.1	8.4
	GUMBEL	M	124.1	173.0	205.4	236.5	276.7	306.9	376.6	406.5	476.0	506.0	9.4
		MV	123.9	174.6	208.1	240.2	281.9	313.0	385.1	416.1	488.0	519.0	8.7
		ML	123.7	174.6	208.2	240.5	282.4	313.7	386.1	417.2	489.5	520.6	8.7
		ME	123.8	174.2	207.6	239.6	281.1	312.1	383.9	414.8	486.4	517.2	8.8
	GVE	M	126.2	176.0	206.8	234.9	269.1	293.3	344.9	365.3	408.9	426.2	8.7
		MV	125.2	174.4	205.5	234.3	270.0	295.8	352.0	374.9	425.0	445.4	9.1
		ML	125.5	176.2	208.1	237.5	274.0	300.1	356.8	379.7	429.6	449.8	8.4
	LOG-NORMAL 2	M-MV	122.0	174.9	211.1	246.7	293.8	330.2	418.1	457.8	554.9	599.0	9.4
LOG PEARSON N III	M	130.2	164.3	183.9	201.0	221.3	235.5	265.7	278.0	305.0	316.1	21.2	
NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	8.27	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 80. Puyango Aj Marcabelí-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE	
H0589	NORMAL	M	420.7	523.5	577.3	621.8	671.8	705.1	772.5	798.4	853.4	875.2	37.7	
		MV	420.7	523.5	577.3	621.8	671.8	705.1	772.5	798.4	853.4	875.2	37.7	
		ML	420.7	522.6	575.9	619.9	669.4	702.4	769.2	794.9	849.4	871.0	38.0	
	GAMMA 2	M	409.0	518.4	582.8	639.7	708.1	756.3	860.5	902.9	997.5	1036	1036	45.7
		MV	406.0	529.1	602.4	667.8	746.8	802.8	924.5	974.4	1086	1132	1132	46.7
		ML	408.9	518.6	583.0	640.1	708.6	756.9	861.3	903.8	998.6	1038	1038	45.7
	GAMMA 3	M	403.3	514.7	583.8	646.8	724.6	780.6	904.7	956.4	1073	1123	1123	51.7
		MPP	402.0	482.8	537.4	589.5	656.4	706.2	820.2	869.0	982.2	1031	1031	69.5
	GUMBEL	M	400.6	508.7	580.2	648.8	737.7	804.2	958.1	1024	1177	1243	1243	52.9
		MV	404.9	553.2	651.4	745.6	867.5	958.8	1169	1260	1471	1561	1561	61.0
		ML	399.9	511.7	585.6	656.6	748.4	817.3	976.3	1044	1203	1271	1271	52.5
		ME	395.3	531.8	622.1	708.8	820.9	905.0	1099	1182	1376	1459	1459	56.1
	GVE	M	442.2	528.3	559.6	578.5	593.3	599.9	607.6	609.1	610.9	611.3	611.3	31.3
		MV	431.5	496.2	517.8	530.0	538.8	542.5	546.4	547.1	547.9	548.0	548.0	44.9
		ML	443.7	530.1	561.0	579.4	593.5	599.7	606.8	608.2	609.8	610.1	610.1	30.5
	LOG-NORMAL 2	M-MV	398.7	537.6	628.7	715.3	827.2	911.3	1108	1195	1402	1494	1494	57.2
	LOG PEARSON N III	M												
	NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	5111	52.02

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

2.4. Cuenca Santiago

Tabla 81. Yacuambi Aj Zamora-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0887	NORMAL	M	890.5	1145	1278	1387	1511	1593	1760	1824	1959	2013	78.0
		MV	890.5	1145	1278	1387	1511	1593	1760	1824	1959	2013	78.0
		ML	890.5	1141	1271	1379	1501	1582	1746	1809	1943	1996	79.1
	GAMMA 2	M	856.8	1129	1292	1438	1615	1740	2014	2126	2378	2483	99.7
		MV	844.3	1166	1363	1542	1760	1917	2262	2405	2728	2864	109.4
		ML	856.9	1129	1292	1437	1614	1739	2012	2124	2375	2481	99.8
	GAMMA 3	M	866.0	1134	1290	1425	1587	1700	1943	2041	2258	2348	94.8
		MPP	852.1	1061	1195	1319	1474	1588	1842	1949	2194	2298	140.7
	GUMBEL	M	841.0	1108	1285	1454	1674	1838	2218	2381	2760	2924	112.8
		MV	852.8	1215	1455	1685	1983	2207	2722	2944	3459	3681	137.6
		ML	839.5	1114	1295	1469	1695	1864	2254	2422	2812	2979	111.9
		ME	828.6	1162	1382	1593	1867	2072	2546	2750	3222	3426	122.3
	GVE	M	918.8	1160	1264	1335	1398	1430	1475	1486	1502	1506	72.4
		MV	918.8	1160	1264	1335	1398	1430	1475	1486	1502	1506	72.4
		ML	932.9	1159	1247	1304	1350	1372	1400	1407	1415	1416	71.8
	LOG-NORMAL 2	M-MV	820.9	1205	1473	1739	2096	2374	3054	3364	4130	4481	159.7
	LOG PEARSON III	M		1145	1278	1387	1511	1593	1760	1824	1959	2013	
NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	111	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 82. Zamora Dj Sabanilla-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0889	NORMAL	M	482.9	674.0	773.9	856.4	949.3	1011	1136	1185	1287	1327	81.4
		MV	482.9	674.0	773.9	856.4	949.3	1011	1136	1185	1287	1327	81.4
		ML	482.9	672.2	771.2	853.0	944.9	1006	1130	1178	1279	1319	82.1
	GAMMA 2	M	448.2	655.7	786.0	905.8	1054	1162	1402	1502	1730	1827	31.1
		MV	447.0	658.3	791.6	914.2	1067	1177	1424	1527	1762	1862	29.0
		ML	446.9	658.6	792.0	914.9	1068	1178	1425	1529	1764	1865	28.9
	GAMMA 3	M	454.5	660.3	785.4	898.4	1036	1135	1352	1441	1643	1728	32.7
		MPP	447.3	660.5	794.4	917.5	1070	1181	1427	1530	1765	1864	28.6
	GUMBEL	M	445.7	646.4	779.3	906.7	1072	1195	1481	1604	1889	2012	32.1
		MV	446.2	654.3	792.1	924.2	1095	1223	1520	1647	1943	2070	27.1
		ML	444.3	651.9	789.3	921.1	1092	1220	1515	1642	1937	2064	27.8
		ME	444.7	650.5	786.8	917.6	1087	1214	1507	1633	1925	2051	28.8
	GVE	M	450.8	654.1	783.2	903.1	1053	1161	1399	1496	1710	1798	31.6
		MV	452.1	652.6	778.5	894.4	1037	1140	1362	1451	1646	1724	34.0
		ML	447.0	654.4	789.2	916.7	1079	1199	1469	1583	1841	1949	28.5
	LOG-NORMAL 2	M-MV	428.8	663.4	833.7	1006	1245	1434	1909	2131	2691	2952	32.4
	LOG PEARSON N III	M	480.6	536.0	566.2	591.9	622	642	684	700	736	751	172.1
NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	22.6	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Tabla 83. Yacuambi en la Paz-Distribuciones de probabilidad.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	ESTIMADORES	2	5	10	20	50	100	500	1000	5000	10000	EE
H0889	NORMAL	M	537.6	746.6	856.0	946.2	1048	1115	1253	1305	1417	1461	63.6
		MV	537.6	746.6	856.0	946.2	1048	1115	1253	1305	1417	1461	63.6
		ML	537.6	746.8	856.2	946.5	1048	1116	1253	1306	1418	1462	63.5
	GAMMA 2	M	500.3	727.1	869.2	999.5	1161	1278	1538	1646	1893	1998	63.0
		MV	496.0	736.3	888.4	1028	1203	1330	1613	1732	2003	2118	58.7
		ML	498.1	731.9	879.0	1014	1183	1305	1576	1690	1949	2059	60.5
	GAMMA 3	M	517.8	738.5	865.7	977.2	1110	1202	1400	1480	1658	1731	62.3
		MPP	525.1	732.2	848.0	947.5	1064	1144	1312	1379	1526	1586	68.0
	GUMBEL	M	496.9	716.4	861.8	1001	1182	1317	1630	1764	2076	2210	65.5
		MV	500.2	743.0	903.8	1058	1258	1407	1753	1901	2246	2395	55.0
		ML	495.0	724.3	876.2	1022	1210	1352	1678	1818	2144	2284	60.8
		ME	494.0	728.5	883.8	1033	1225	1370	1704	1847	2180	2324	58.8
	GVE	M	514.0	738.3	869.9	984.9	1119	1209	1390	1457	1591	1641	62.0
		MV	519.4	735.7	858.8	963.7	1083	1161	1312	1365	1469	1506	65.5
		ML	520.3	744.5	870.6	977.2	1097	1175	1323	1375	1475	1510	61.8
	LOG-NORMAL 2	M-MV	474.9	750.2	953.0	1161	1450	1682	2270	2547	3252	3584	63.7
	LOG PEARSON N III	M	531.9	647.8	711.7	766	830	873	964	1000	1078	1109	142.5
NASH	M	590.3	815.9	934.0	1854	2340	2705	3547	3909	4749	5111	52.9	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3. HOMOGENEIDAD

3.1. Pruebas de Homogeneidad-Cuenca Catamayo

3.1.1. Jorupe en Amaluza H0621

Tabla 84. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=	17.00	2.03	n=	34
1	15.014	-15.54		X1=	27.76		x=	30.55
2	15.014	-15.54	S	S1=	23.99		S=	26.26
3	49.6	19.04	C	n2=	17.00		n30=	10.00
4	75.4	44.84	S	X2=	33.34		X1=	34.31
5	8.346	-22.21	C	S2=	28.81		S1=	34.02
6	29.261	-1.29	S	td=	-0.394		n60=	20.00
7	15.014	-15.54	S	grad libert	32		X2=	34.37
8	14.133	-16.42	S	α=	0.050		S2=	30.36
9	16.087	-14.47	S	tc=	2.037		τ_{30}	0.143
10	43.2	12.64	C	0.394	τ_{60}	0.146		
11	13.086	-17.47	C	SERIE HOMOGENEA			t30=	1.000
12	21.673	-8.88	S			t60=	0.524	
13	18.759	-11.80	S			tc=	2.037	
14	16.728	-13.83	S			tc>	τ_{30} τ_{60}	
15	11.482	-19.07	S			SERIE HOMOGENEA		
16	92.5	61.94	C					
17	16.658	-13.90	C					
18	70.4	39.84	C					
19	17.575	-12.98	C					
20	17.635	-12.92	S					
21	55.3	24.74	C					
22	16.427	-14.13	C					
23	20.945	-9.61	S					
24	25.548	-5.01	S					
25	16.728	-13.83	S					
26	8.487	-22.07	S					
27	21.414	-9.14	S					
28	24.098	-6.46	S					
29	93.3	62.74	C					
30	79.1	48.54	S					
31	74.8	44.24	S					
32	11.484	-19.07	C					
33	10.05	-20.51	C					
34	3.65	-26.91	C					
n= 34 X= 30.56 S= 21 C= 12 S-C= 9 ES HOMOGENEA $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -5.745 9 5.74 SERIE NO HOMOGENEA								

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.1.2. Uchima Aj Chamba H0627

Tabla 85. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT		H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=	22.500	n=	45.00
1	5.794	-11.29		X1=	23.153	x=	17.08
2	21.575	4.49	C	S1=	14.161	S=	12.21
3	32.135	15.05	S	n2=	22.500	n30=	13.00
4	42.996	25.91	S	X2=	10.736	X1=	12.28
5	32.134	15.05	S	S2=	4.494	S1=	4.776
6	21.983	4.90	S	td=	2.211	n60=	27.00
7	18.92	1.84	S	grad	43.000	X2=	10.99
8	27.417	10.33	S	α=	0.050	S2=	5.953
9	37.561	20.48	S	tc=	2.211	τ_{30}	0.498
10	45.664	28.58	S		\leq	τ_{60}	0.393
11	58.198	41.12	S	SERIE NO HOMOGENEA		t30=	5.045
12	28.911	11.83	S			t60=	1.696
13	16.2	-0.88	C			tc=	2.017
14	9.606	-7.48	S			tc < τ_{30} τ_{60}	
15	26.574	9.49	C			S. NO HOMOGENEA	
16	12.008	-5.07	C				
17	18.234	1.15	C				
18	15.841	-1.24	C				
19	2.2	-14.88	S				
20	6.214	-10.87	S				
21	8.17	-8.91	S				
22	30.5	13.42	C				
23	13.684	-3.40	C				
24	6.63	-10.45	S				
25	13.283	-3.80	S				
26	6.109	-10.97	S				
27	4.51	-12.57	S				
28	6.014	-11.07	S				
29	11.774	-5.31	S				
30	7.279	-9.80	S				
31	10.046	-7.04	S				
32	10.892	-6.19	S				
33	14.444	-2.64	S				
34	24	6.92	C				
35	10.892	-6.19	S				
36	14.827	-2.26	S				
37	15.017	-2.07	S				
38	12.684	-4.40	S				
39	9.69	-7.39	S				
40	15.53	-1.55	S				
41	12.703	-4.38	S				
42	7.249	-9.83	S				
43	5.957	-11.13	S				
44	7.399	-9.68	S				
45	9.266	-7.82	S				
		n=	45				
		X=	17.08				
		S=	35				
		C=	14				
		S-C=	21				
ES HOMOGENEA							
$-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$							
		-6.633	21	6.63			
SERIE NO HOMOGENEA							

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.1.3. Arenal en Pte Boquerón H0617

Tabla 86. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=	23.500		n=	47.000
1	53.292	-50.92		X1=	90.913		x=	104.21
2	126.734	22.52	C	S1=	42.686		S=	72.992
3	89.401	-14.81	C	n2=	23.500		n30=	14.000
4	64.061	-40.15	S	X2=	118.09		X1=	150.53
5	95.836	-8.38	S	S2=	94.026		S1=	105.75
6	119.507	15.29	C	td=	-0.696		n60=	28.000
7	111.854	7.64	S	grad libert	45.000		X2=	109.79
8	204.145	99.93	S	α=	0.050		S2=	87.122
9	110.281	6.07	S	tc=	2.014		τ_{30}	0.076
10	70.782	-33.43	C	0.696	\leq	2.01	τ_{60}	0.635
11	151.96	47.75	C	SERIE HOMOGENEA			t30=	0.625
12	143.202	38.99	S				t60=	3.045
13	122.735	18.52	S				tc=	2.014
14	12.155	-92.06	C				tc <	τ_{30} τ_{60}
15	60.269	-43.95	S				SERIE NO HOMOGENEA	
16	46.871	-57.34	S					
17	45.612	-58.60	S					
18	124.793	20.58	C					
19	70.361	-33.85	C					
20	56.518	-47.70	S					
21	82.237	-21.98	S					
22	98.273	-5.94	S					
23	72.058	-32.16	S					
24	48.983	-55.23	S					
25	34.96	-69.25	S					
26	81.125	-23.09	S					
27	133.037	28.82	C					
28	26.777	-77.44	C					
29	69.504	-34.71	S					
30	30.752	-73.46	S					
31	52.807	-51.41	S					
32	118.829	14.61	C					
33	60.83	-43.38	C					
34	73.247	-30.97	S					
35	29.82	-74.39	S					
36	67.027	-37.19	S					
37	75.267	-28.95	S					
38	294.831	190.62	C					
39	284.036	179.82	S					
40	322.37	218.16	S					
41	270.724	166.51	S					
42	182.113	77.90	S					
43	132.932	28.72	S					
44	200.913	96.70	S					
45	60.565	-43.65	C					
46	50.023	-54.19	S					
47	63.655	-40.56	S					
n= 47 X= 104.21 S= 32 C= 14 S-C= 18 ES								
$-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ $-6.782 \leq 18 \leq 6.782$								
SERIE NO HOMOGENEA								

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.1.4. Canal Arenal H0619

Tabla 87. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT		H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=	22.000	n=	44.000
1	2.078	0.495		X1=	1.409	x=	1.583
2	0.874	-0.709	C	S1=	0.536	S=	0.677
3	0.936	-0.647	S	n2=	22.000	n30=	13.000
4	1.128	-0.455	S	X2=	1.757	X1=	1.968
5	0.837	-0.746	S	S2=	0.767	S1=	0.939
6	0.862	-0.721	S	td=	-0.984	n60=	26.000
7	0.796	-0.787	S	grad libert	42.000	X2=	1.757
8	2.331	0.748	C	α=	0.050	S2=	0.746
9	0.81	-0.773	S	tc=	2.018	τ_{30}	0.258
10	1.366	-0.217	S	-0.984	\leq	τ_{60}	0.569
11	1.586	0.003	C	SERIE HOMOGENEA		t30=	2.111
12	1.022	-0.561	C			t60=	2.569
13	1.967	0.384	C			tc=	2.018
14	1.695	0.112	S			tc < τ_{30} τ_{60}	
15	1.709	0.126	S			SERIE NO HOMOGENEA	
16	1.404	-0.179	S				
17	1.187	-0.396	C				
18	1.362	-0.221	S				
19	1.452	-0.131	S				
20	1.452	-0.131	S				
21	2.841	1.258	C				
22	1.294	-0.289	C				
23	1.557	-0.026	S				
24	1.572	-0.011	C				
25	1.557	-0.026	C				
26	1.557	-0.026	S				
27	1.678	0.095	C				
28	1.617	0.034	S				
29	1.226	-0.357	C				
30	1.15	-0.433	S				
31	1.15	-0.433	S				
32	1.709	0.126	C				
33	1.2	-0.383	C				
34	1.741	0.158	C				
35	3.022	1.439	S				
36	1.874	0.291	S				
37	1.903	0.320	S				
38	3.481	1.898	S				
39	1.87	0.287	S				
40	3.978	2.395	S				
41	1.337	-0.246	C				
42	1.278	-0.305	S				
43	1.086	-0.497	S				
44	1.104	-0.479	S				
n= 44 X= 1.58 S= 27 C= 16 S-C= 11 ES HOMOGENEA SI: $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -6.557 11 6.557 SERIE NO HOMOGENEA							

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.1.5. Catamayo Pte Santa Rosa H0620

Tabla 88. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT		H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S				
1	80.033	-23.73		n1=	3.000	n=	6.000
2	81.454	-22.31	S	X1=	81.446	x=	103.75
3	82.852	-20.91	S	S1=	1.410	S=	56.035
4	78.265	-25.49	S	n2=	3.000	n30=	2.000
5	81.858	-21.90	S	X2=	126.072	X1=	149.97
6	218.094	114.33	C	S2=	67.048	S1=	96.333
<p>n= 6</p> <p>X= 103.76</p> <p>S= 4</p> <p>C= 1</p> <p>S-C= 3</p> <p>ES HOMOGenea SI:</p> $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ <p>-2.236 3 2.236</p> <p>SERIE NO HOMOGenea</p>				td=	-1.761	n60=	3.000
				grad libert	4.000	X2=	126.07
				α=	0.050	S2=	79.713
				tc=	2.776	τ_{30}	0.398
				1.761	\leq	2.776	τ_{60}
				SERIE HOMOGenea		t30=	0.868
						t60=	1.436
						tc=	2.776
						tc>	τ_{30} τ_{60}
						SERIE HOMOGenea	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.2. Pruebas de Homogeneidad-cuenca Jubones

3.2.1. Paquishapa en Pte Carretera H0526

Tabla 89. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	Cambio o Secuencia	n1=	14.500		n=	29.000
1	9.846	-20.75		X1=	19.650		x=	30.592
2	12.755	-17.84	S	S1=	17.230		S=	19.847
3	12.302	-18.29	S	n2=	14.500		n30=	8.000
4	12.087	-18.50	S	X2=	42.315		X1=	45.370
5	11.675	-18.92	S	S2=	15.575		S1=	18.183
6	12.295	-18.30	S	td=	-2.582		n60=	17.000
7	12.295	-18.30	S	grad libert	27.000		X2=	43.645
8	12.295	-18.30	S	α=	0.050		S2=	15.856
9	12.755	-17.84	S	tc=	2.052		τ_{30}	0.658
10	12.295	-18.30	S	2.582	<input type="checkbox"/>	2.052	τ_{60}	0.745
11	12.295	-18.30	S	SERIE NO HOMOGenea			t30=	6.537
12	12.295	-18.30	S				t60=	2.689
13	47.385	16.79	C				tc=	2.052
14	70.057	39.47	S				tc>	τ_{30} τ_{60}
15	32.124	1.53	S				SERIE NO HOMOGenea	
16	41.312	10.72	S					
17	23.23	-7.36	C					
18	37.675	7.08	C					
19	57.149	26.56	S					
20	29.946	-0.65	C					
21	40.13	9.54	S					
22	31.387	0.80	S					
23	37.01	6.42	S					
24	48.769	18.18	S					
25	63.343	32.75	S					
26	70.151	39.56	S					
27	25.577	-5.01	C					
28	62.076	31.48	C					
29	24.649	-5.94	C					
n= 29 X= 30.59 S= 21 C= 7 S-C= 14 ES HOMOGenea SI: $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -5.292 14 5.292 SERIE NO HOMOGenea								

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.2.2. Jubones Dj Minas H0528

Tabla 90. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER			
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=			n=			
1	248.703	84.68		X1=	202.344		x=	164.02		
2	211.808	47.78	S	S1=	63.952		S=	68.606		
3	235.167	71.14	S	n2=	10.000		n30=	6.000		
4	242.22	78.19	S	X2=	125.709		X1=	133.28		
5	97.538	-66.49	C	S2=	50.833		S1=	49.344		
6	184.306	20.28	C	td=	2.482		n60=	12.000		
7	82.561	-81.47	C	grad	18.000		X2=	143.66		
8	254.195	90.17	C	libert	0.050		S2=	63.410		
9	261.92	97.89	S	α=	2.101		τ_{30}	0.297		
10	205.023	41.00	S	tc=	2.482	2.101	τ_{60}	0.448		
11	42.774	-121.25	C	SERIE NO HOMOGENEA			t30=	1.655		
12	160.071	-3.96	S				t60=	1.302		
13	163.837	-0.19	S				tc=	2.101		
14	90.712	-73.31	S				tc>	τ_{30} τ_{60}		
15	109.869	-54.16	S				SERIE HOMOGENEA			
16	136.804	-27.22	S							
17	212.786	48.76	C							
18	158.388	-5.64	C							
19	114.094	-49.93	S							
20	67.752	-96.27	S							
n= 20 X= 164.03 S= 12 C= 7 S-C= 5 ES HOMOGENEA si $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -4.359 5 4.359				SERIE NO HOMOGENEA						

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.
Elaboración: Propia.

3.2.3. Jubones Dj San Francisco H0529

Tabla 91. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT		H. CRAMER		
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S					
1	371.547	-56.24		n1=	22.500	n=	45.000	
2	346.143	-81.65	S	X1=	342.47	x=	427.79	
3	176.149	-251.64	S	S1=	194.90	S=	391.26	
4	321.85	-105.94	S	n2=	22.500	n30=	13.000	
5	223.522	-204.27	S	X2=	516.98	X1=	244.36	
6	242.008	-185.78	S	S2=	514.44	S1=	150.79	
7	700.581	272.79	C	td=	-0.839	n60=	27.000	
8	538.611	110.82	S	grad libert	43.000	X2=	452.04	
9	332.739	-95.05	C	α=	0.050	S2=	484.48	
10	359.759	-68.03	S	tc=	2.017	τ_{30}	0.062	
11	409.746	-18.04	S	0.839	\leq	2.01	τ_{60}	0.469
12	759.605	331.81	C	SERIE HOMOGENEA		t30=	0.499	
13	653.24	225.45	S			t60=	1.933	
14	343.125	-84.67	C			tc=	2.017	
15	40.286	-387.50	S			t30	τ_{30}	
16	454.752	26.96	C			t60	τ_{60}	
17	256.415	-171.38	C			tc>	τ_{30} τ_{60}	
18	515.252	87.46	C			SERIE HOMOGENEA		
19	320.399	-107.39	C					
20	142.701	-285.09	S					
21	26.581	-401.21	S					
22	164.602	-263.19	S					
23	177.262	-250.53	S					
24	789.867	362.08	C					
25	768.341	340.55	S					
26	1309.9903	882.20	S					
27	1114.166	686.38	S					
28	359.582	-68.21	C					
29	484.186	56.40	C					
30	2056.8041	1629.01	S					
31	1273.262	845.47	S					
32	40.743	-387.05	C					
33	639.13	211.34	C					
34	149.464	-278.33	C					
35	424.331	-3.46	S					
36	186.589	-241.20	S					
37	208.089	-219.70	S					
38	233.086	-194.70	S					
39	110.255	-317.54	S					
40	322.348	-105.44	S					
41	213.607	-214.18	S					
42	148.536	-279.25	S					
43	275.892	-151.90	S					
44	59.485	-368.31	S					
45	205.94	-221.85	S					
		n=	45					
		X=	427.79					
		S=	30					
		C=	14					
		S-C=	16					
		ES HOMOGENEA						
		$-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$						
		-6.633	16	6.63				
				3				
SERIE NO HOMOGENEA								

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.2.4. Jubones en Ushcurrumi H0530

Tabla 92. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT		H. CRAMER		
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=	24.000	n=	48.000	
1	265.819	-81.33		X1=	350.815	x=	347.145	
2	215.371	-131.77	S	S1=	191.575	S=	175.866	
3	516.619	169.47	C	n2=	24.000	n30=	14.000	
4	429.335	82.19	S	X2=	343.475	X1=	302.540	
5	889.052	541.91	S	S2=	162.707	S1=	148.492	
6	292.859	-54.29	C	td=	0.077	n60=	28.000	
7	759.944	412.80	C	grad libert	46.000	X2=	319.704	
8	512.017	164.87	S	α=	0.050	S2=	162.707	
9	529.864	182.72	S	tc=	2.013	τ_{30}	0.156	
10	425.772	78.63	S	0.077	\leq	2.013	τ_{60}	0.254
11	284.066	-63.08	C	SERIE HOMOGENEA		t30=	1.274	
12	291.79	-55.36	S			t60=	1.119	
13	258.74	-88.41	S			tc=	2.013	
14	307.664	-39.48	S			tc>	τ_{30} τ_{60}	
15	349.01	1.86	C			SERIE HOMOGENEA		
16	281.924	-65.22	C					
17	407.854	60.71	C					
18	416.321	69.18	S					
19	153.682	-193.46	C					
20	123.563	-223.58	S					
21	150.178	-196.97	S					
22	145.068	-202.08	S					
23	294.532	-52.61	S					
24	118.522	-228.62	S					
25	295.711	-51.43	S					
26	162.884	-184.26	S					
27	639.028	291.88	C					
28	383.715	36.57	S					
29	155.835	-191.31	C					
30	420.968	73.82	C					
31	394.947	47.80	S					
32	667.58	320.43	S					
33	388.983	41.84	S					
34	498.191	151.05	S					
35	579.158	232.01	S					
36	250.933	-96.21	C					
37	219.157	-127.99	S					
38	252.639	-94.51	S					
39	264.762	-82.38	S					
40	385.705	38.56	C					
41	475.017	127.87	S					
42	538.366	191.22	S					
43	167.194	-179.95	C					
44	155.054	-192.09	S					
45	371.831	24.69	C					
46	70.328	-276.82	C					
47	236.008	-111.14	S					
48	269.406	-77.74	S					
<p>n= 48 X= 347.15 S= 31 C= 16 S-C= 15 ES HOMOGENEA SI:</p> $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ <p>-6.856 15 6.856</p>				SERIE NO HOMOGENEA				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.2.5. Casacay Aj Jubones H0531

Tabla 93. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT		H. CRAMER		
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S					
1	13.491	-6.94		n1=	16.500	n=	33.000	
2	30.142	9.71	C	X1=	19.139	x=	20.435	
3	12.54	-7.90	C	S1=	13.566	S=	13.549	
4	20.639	0.20	C	n2=	16.500	n30=	9.000	
5	32.132	11.70	S	X2=	21.813	X1=	21.926	
6	25.949	5.51	S	S2=	13.834	S1=	11.190	
7	24.459	4.02	S	td=	-0.365	n60=	19.000	
8	11.112	-9.32	C	grad libert	31.000	X2=	19.386	
9	18.806	-1.63	S	α=	0.050	S2=	13.943	
10	15.911	-4.52	S	tc=	2.040	τ_{30}	0.077	
11	53.89	33.45	C	0.365	\leq	2.040	τ_{60}	0.110
12	36.697	16.26	S	SERIE HOMOGENEA		t30=	0.504	
13	3.732	-16.70	C			t60=	0.376	
14	6.531	-13.90	S			tc=	2.040	
15	2.424	-18.01	S			t c >	τ_{30} τ_{60}	
16	6.537	-13.90	S			SERIE HOMOGENEA		
17	10.374	-10.06	S					
18	28.673	8.24	C					
19	19.778	-0.66	C					
20	55.338	34.90	C					
21	3.783	-16.65	C					
22	9.668	-10.77	S					
23	26.673	6.24	C					
24	7.754	-12.68	C					
25	21.401	0.97	C					
26	16.037	-4.40	C					
27	39.285	18.85	C					
28	29.652	9.22	S					
29	23.552	3.12	S					
30	13.255	-7.18	C					
31	35.96	15.52	C					
32	8.13	-12.31	C					
33	10.066	-10.37	S					
n= 33 X= 20.44 S= 14 C= 16 S-C= -2 ES HOMOGENEA SI: $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -5.657 -2 5.657 SERIE HOMOGENEA								

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.3. Pruebas de Homogeneidad-cuenca Puyango

3.3.1. Puyango en Cpto Militar H0591

Tabla 94. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=			n=	
1	483.17	-107.18		X1=	564.758		x=	590.345
2	281.048	-309.30	S	S1=	212.395		S=	268.099
3	518	-72.35	S	n2=	24.500		n30=	14.000
4	261.181	-329.16	S	X2=	616.999		X1=	556.623
5	497.248	-93.10	S	S2=	318.557		S1=	157.281
6	283.457	-306.89	S	td=	-0.361		n60=	29.000
7	608.066	17.72	C	grad libert	47.000		X2=	597.101
8	826.62	236.27	S	α=	0.050		S2=	296.915
9	724.734	134.39	S	tc=	2.012		τ_{30}	0.025
10	445.486	-144.86	C	0.361	\leq	2.012	τ_{60}	0.126
11	755.147	164.80	C	SERIE HOMOGENEA			t30=	0.208
12	987.726	397.38	S				t60=	0.547
13	357.711	-232.63	C				tc=	2.012
14	461.542	-128.80	S				tc>	τ_{30} τ_{60}
15	418.525	-171.82	S				SERIE HOMOGENEA	
16	416.385	-173.96	S					
17	872.881	282.54	C					
18	665.396	75.05	S					
19	887.034	296.69	S					
20	859.637	269.29	S					
21	484.8	-105.55	C					
22	399.383	-190.96	S					
23	470.344	-120.00	S					
24	408.879	-181.47	S					
25	744.545	154.20	C					
26	255.387	-334.96	C					
27	393.811	-196.53	S					
28	369.647	-220.70	S					
29	1219.2	628.85	C					
30	563.331	-27.01	C					
31	105.656	-484.69	S					
32	1581	990.65	C					
33	797.9	207.55	S					
34	927.638	337.29	S					
35	801.677	211.33	S					
36	844.328	253.98	S					
37	579.729	-10.62	C					
38	641.293	50.95	C					
39	307.405	-282.94	C					
40	377.471	-212.87	S					
41	427.541	-162.80	S					
42	619.915	29.57	C					
43	571.864	-18.48	C					
44	863.998	273.65	C					
45	582.889	-7.46	C					
46	488.506	-101.84	S					
47	509.718	-80.63	S					
48	538.298	-52.05	S					
49	439.762	-150.58	S					
				n=	47			
				X=	104.21	104.21		
				S=	32	32		
				C=	14	14		
				S-C=	18	18		
				ES HOMOGENEA SI:				
				$-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$				
				-6.928 12 6.928				
				SERIE NO HOMOGENEA				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.3.2. Amarillo en Portovelo H0588

Tabla 95. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER			
Orden (m)	gasto	Desviaciones	C o S	n1=	15.500		n=	31.000		
1	16.803	-186.24		X1=	172.385		x=	203.041		
2	78.672	-124.37	S	S1=	245.528		S=	275.038		
3	55.028	-148.01	S	n2=	15.500		n30=	9.000		
4	77.2	-125.84	S	X2=	235.741		X1=	164.005		
5	802.8	599.76	C	S2=	308.687		S1=	206.711		
6	50.848	-152.19	C	td=	-0.425		n60=	18.000		
7	153.3	-49.74	S	grad libert	29.000		X2=	203.198		
8	47.314	-155.73	S	α=	0.050		S2=	280.053		
9	186.9	-16.14	S	tc=	2.045		τ_{30}	0.001		
10	781.3	578.26	C	0.425	\leq	2.045	τ_{60}	0.142		
11	110.185	-92.86	C	SERIE HOMOGENEA			t30=	0.004		
12	73.156	-129.88	S				t60=	0.491		
13	108.345	-94.70	S				tc=	2.045		
14	101.108	-101.93	S				tc>	τ_{30} τ_{60}		
15	58.49	-144.55	S				SERIE HOMOGENEA			
16	56.703	-146.34	S							
17	70.621	-132.42	S							
18	890.4	687.36	C							
19	83.361	-119.68	C							
20	83.374	-119.67	S							
21	876.9	673.86	C							
22	55.413	-147.63	C							
23	545.1	342.06	C							
24	37.911	-165.13	C							
25	49.374	-153.67	S							
26	498.7	295.66	C							
27	72.243	-130.80	C							
28	141	-62.04	S							
29	43.974	-159.07	S							
30	84.615	-118.43	S							
31	3.127	-199.91	S							
n= 31 X= 203.04 S= 20 C= 10 S-C= 10 ES HOMOGENEA SI: $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -5.477 10 5.477				SERIE NO HOMOGENEA						

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.3.3. Marcabelí Aj Puyango H0590

Tabla 96. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT		H. CRAMER					
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=	6.500	n=	13.000				
1	4.3	-59.02		X1=	59.757	x=	63.323				
2	16.6	-46.72	S	S1=	79.166	S=	60.990				
3	1.7	-61.62	S	n2=	6.500	n30=	3.000				
4	172.4	109.08	C	X2=	67.483	X1=	90.300				
5	177.5	114.18	S	S2=	36.989	S1=	35.789				
6	26.5	-36.82	C	td=	-0.234	n60=	7.000				
7	19.3	-44.02	S	grad libert	11.000	X2=	60.600				
8	36.6	-26.72	S	α=	0.050	S2=	38.364				
9	71.7	8.38	C	tc=	2.201	τ_{30}	0.045				
10	25.7	-37.62	C	0.234	\leq	2.201	τ_{60}	0.442			
11	130.4	67.08	C	SERIE HOMOGENEA				t30=	0.160		
12	61.6	-1.72	C				t60=	0.828			
13	78.9	15.58	C				tc=	2.201			
<p>n= 13</p> <p>X= 63.32</p> <p>S= 5</p> <p>C= 7</p> <p>S-C= -2</p> <p>ES HOMOGENEA SI:</p> $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ <p>-3.464 -2 3.464</p>								I	tc>	τ_{30}	τ_{60}
SERIE HOMOGENEA				SERIE HOMOGENEA							

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.
Elaboración: Propia.

3.3.4. Moromoro en Moromoro H0592

Tabla 97. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	Cambio o Secuencia	n1=			n=	
1	12.83	-13.38		X1=	4.000		x=	8.000
2	11.88	-14.32	S	S1=	21.448		S=	26.206
3	31.48	5.28	C	n2=	10.535		n30=	17.181
4	29.60	3.39	S	X2=	4.000		X1=	2.000
5	46.25	20.04	S	S2=	30.965		S1=	35.624
6	6.36	-19.84	C	td=	22.747		n60=	25.888
7	17.32	-8.89	S	grad libert	-1.004		X2=	4.000
8	53.93	27.72	C	α=	6.000		S2=	30.965
n= 8 X= 26.21 S= 4 C= 3 S-C= 1 ES HOMOGENEA SI: $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -2.646 1 2.646				tc=	0.050			0.277
				1.004	2.447		2.447	0.548
				SERIE HOMOGENEA			t30=	0.706
							t60=	0.817
							tc=	2.447
							tc>	τ_3 τ_{60}
							SERIE HOMOGENEA	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.
Elaboración: Propia.

3.3.5. Pindo Aj Amarillo H0587

Tabla 98. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER	
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=			n=	
1	46.5	-86.66		X1=	24.500		x=	49.000
2	83.903	-49.26	S	S1=	122.668		S=	133.165
3	139.736	6.57	C	n2=	51.114		n30=	55.361
4	120.599	-12.57	C	X2=	24.500		X1=	14.000
5	78.413	-54.75	S	S2=	144.098		S1=	144.556
6	115.14	-18.02	S	td=	58.527		n60=	66.014
7	201.086	67.92	C	grad libert	-0.730		X2=	29.000
8	101.341	-31.82	C	α=	47.000		S2=	133.893
9	170.94	37.78	C	tc=	0.050		τ ₃₀	58.734
10	126.229	-6.94	C	0.730	2.012	2.012	τ ₆₀	0.013
11	138.489	5.32	C	SERIE HOMOGENEA			t30=	0.206
12	212.54	79.38	S				t60=	0.109
13	155.807	22.64	S				tc=	0.900
14	247.623	114.46	S				tc>	2.012
15	62.037	-71.13	C				τ ₃₀	
16	89.924	-43.24	S				τ ₆₀	
17	114.808	-18.36	S				SERIE HOMOGENEA	
18	109.676	-23.49	S					
19	151.046	17.88	C					
20	176.328	43.16	S					
21	131.15	-2.01	C					
22	95.136	-38.03	S					
23	65.13	-68.03	S					
24	65.539	-67.63	S					
25	67.585	-65.58	S					
26	108.071	-25.09	S					
27	46.7	-86.46	S					
28	154.642	21.48	C					
29	233.391	100.23	S					
30	124.163	-9.00	C					
31	184.3	51.14	C					
32	149.933	16.77	S					
33	121.587	-11.58	C					
34	141.274	8.11	C					
35	170.511	37.35	S					
36	252.055	118.89	S					
37	149.443	16.28	S					
38	62.723	-70.44	C					
39	76.093	-57.07	S					
40	97.391	-35.77	S					
41	80.588	-52.58	S					
42	130.936	-2.23	C					
43	155.463	22.30	S					
44	257.537	124.37	S					
45	119.463	-13.70	C					
46	102.936	-30.23	S					
47	140.976	7.81	C					
48	144.41	11.25	S					
49	253.773	120.61	S					
				n=	49			
				X=	133.16			
				S=	29			
				C=	19			
				S-C=	10			
				ES HOMOGENEA SI:				
				$-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$				
				$-6.928 \leq 10 \leq 6.928$				
				SERIE NO HOMOGENEA				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.3.6. Puyango Aj Marcabelí H0589

Tabla 99. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER		
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=			n=		
1	362.531	-58.16		X1=	9.500		x=	19.000	
2	400.791	-19.90	S	S1=	424.201		S=	420.690	
3	438.1	17.41	C	n2=	110.475		n30=	122.222	
4	565.533	144.84	S	X2=	9.500		X1=	5.000	
5	516.1	95.41	S	S2=	416.789		S1=	483.058	
6	432.6	11.91	S	td=	140.884		n60=	66.340	
7	175.955	-244.73	C	grad libert	0.110		X2=	11.000	
8	461.3	40.61	C	α=	17.000			421.836	
9	364	-56.69	C	tc=	0.050		τ_{30}	131.538	
10	525.097	104.41	C	0.110	2.110		τ_{60}	0.009	
11	555.727	135.04	S		\leq	2.110		0.510	
12	215.236	-205.45	C	SERIE HOMOGENEA			t30=	0.045	
13	174.748	-245.94	S				t60=	1.320	
14	390.1	-30.59	S				tc=	2.110	
15	590.774	170.08	C				tc>	τ_{30} τ_{60}	
16	421.51	0.82	S				SERIE HOMOGENEA		
17	462.9	42.21	S						
18	442.955	22.27	S						
19	497.152	76.46	S						
<p>n= 19</p> <p>X= 420.69</p> <p>S= 11</p> <p>C= 7</p> <p>S-C= 4</p> <p>ES HOMOGENEA SI:</p> $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ <p>-4.243 4 4.243</p>				SERIE HOMOGENEA					

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.4. Pruebas de Homogeneidad-cuenca Santiago

3.4.1. Yacuambi Aj Zamora H0887

Tabla 100. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER			
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=			n=			
1	811.18	-79.34		X1=	14.000		x=	28.000		
2	970.63	80.11	C	S1=	854.080		S=	890.524		
3	1026.516	135.99	S	n2=	215.687		n30=	301.932		
4	1150.363	259.84	S	X2=	14.000		X1=	8.000		
5	634.419	-256.10	C	S2=	926.968		S1=	974.617		
6	1056.761	166.24	C	td=	374.108		n60=	372.867		
7	662.806	-227.72	C	grad libert	-0.447		X2=	16.000		
8	544.464	-346.06	S	α=	26.000		S2=	904.156		
9	564.208	-326.32	S	tc=	0.050		τ ₃₀	356.656		
10	996.815	106.29	C	0.447	2.056	≤	τ ₆₀	0.045		
11	896.809	6.29	S	SERIE HOMOGENEA			t30=	0.266		
12	1153.199	262.68	S				t60=	0.912		
13	621.332	-269.19	C				tc=	2.056		
14	867.614	-22.91	S				tc>	τ ₃₀ τ ₆₀		
15	1011.477	120.95	C				SERIE HOMOGENEA			
16	591.571	-298.95	C							
17	1001.089	110.57	C							
18	1284.731	394.21	S							
19	1102.449	211.93	S							
20	189.301	-701.22	C							
21	235.62	-654.90	S							
22	773.15	-117.37	S							
23	1555.103	664.58	C							
24	1054.864	164.34	S							
25	1088.218	197.69	S							
26	1051.231	160.71	S							
27	1120.164	229.64	S							
28	918.582	28.06	S							
n= 28 X= 890.52 S= 16 C= 11 S-C= 5 ES HOMOGENEA SI: $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$										
-5.196 5 5.196										
SERIE HOMOGENEA										

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.4.2. Zamora Dj Sabanilla H0889

Tabla 101. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER			
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=	19.500		n=	39.000		
1	80.106	-402.82		X1=	398.08		x=	482.92		
2	647.249	164.32	C	S1=	177.86		S=	227.02		
3	236.196	-246.73	C	n2=	19.500		n30=	11.000		
4	486.672	3.75	C	X2=	572.22		X1=	585.61		
5	268.263	-214.66	C	S2=	242.89		S1=	200.64		
6	265.214	-217.71	S	td=	-1.053		n60=	23.000		
7	351.105	-131.82	S	grad libert	37.000		X2=	552.26		
8	232.262	-250.66	S	α=	0.050		S2=	230.14		
9	389.825	-93.10	S	tc=	2.026		τ_{30}	0.305		
10	334.297	-148.63	S	1.053	\leq	2.02	τ_{60}	0.452		
11	437.623	-45.30	S	SERIE HOMOGENEA			t30=	2.394		
12	258.174	-224.75	S				t60=	1.798		
13	417.816	-65.11	S				tc=	2.026		
14	536.521	53.60	C				t<c	τ_{30} τ_{60}		
15	862.823	379.90	S				S. NO HOMOGENEA			
16	327.764	-155.16	C							
17	649.933	167.01	C							
18	470.264	-12.66	C							
19	327.764	-155.16	S							
20	381.878	-101.05	S							
21	510.187	27.26	C							
22	402.208	-80.72	C							
23	572.223	89.30	C							
24	273.792	-209.13	C							
25	1102.572	619.65	C							
26	132.376	-350.55	C							
27	813.528	330.60	C							
28	623.733	140.81	S							
29	353.04	-129.89	C							
30	415.039	-67.89	S							
31	809.93	327.00	C							
32	333.88	-149.05	C							
33	419.172	-63.75	S							
34	611.491	128.57	C							
35	628.842	145.92	S							
36	619.922	137.00	S							
37	568.004	85.08	S							
38	694.027	211.10	S							
39	988.387	505.46	S							
n= 39 X= 482.93 S= 19 C= 19 S-C= 0 ES HOMOGENEA				$-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -6.164 0 6.16					SERIE HOMOGENEA	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

3.4.3. Yacuambi en la Paz H0912

Tabla 102. Pruebas de Homogeneidad.

HOMOGENEIDAD DE HELMERT				HOMOGENEIDAD STUDENT			H. CRAMER			
Orden (m)	Q	Desviaciones	C o S	n1=			n=			
1	702.788	165.15		X1=	431.257		x=	537.638		
2	930.343	392.71	S	S1=	255.696		S=	248.347		
3	272.203	-265.43	C	n2=	8.500		n30=	5.000		
4	260.542	-277.10	S	X2=	657.316		X1=	679.723		
5	236.783	-300.85	S	S2=	187.975		S1=	241.427		
6	494.945	-42.69	S	td=	-1.885		n60=	10.000		
7	109.917	-427.72	S	grad libert	45.000		X2=	613.232		
8	419.774	-117.86	S	α=	0.050		S2=	190.223		
9	454.021	-83.62	S	tc=	2.014		τ_{30}	0.304		
10	582.042	44.40	C	1.885	\leq	2.014	τ_{60}	0.572		
11	587.25	49.61	S	SERIE HOMOGENEA			t30=	1.513		
12	690.618	152.98	S				t60=	1.539		
13	566.406	28.77	S				tc=	2.014		
14	649.467	111.83	S				tc>	τ_{30} τ_{60}		
15	537.319	-0.32	C				SERIE HOMOGENEA			
16	541.445	3.81	S							
17	1103.977	566.34	S							
n= 17 X= 537.64 S= 13 C= 3 S-C= 10 ES HOMOGENEA SI: $-\sqrt{n_j - 1} \leq (s - c) \leq \sqrt{n_j - 1}$ -4.000 10 4.000										
SERIE NO HOMOGENEA										

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4. INDEPENDENCIA DE EVENTOS

4.1. Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Catamayo

4.1.1. Arenal en Pte Boquerón H0617

Tabla 103. Correlograma de la muestra

m	Q m ³ /s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	53	-51	2593	-1147	754	2045	427	-779	-389	-5089	-309	1702	-2431
2	127	23	507	-334	-904	-189	344	172	2250	137	-753	1075	878
3	89	-15	219	595	124	-227	-113	-1480	-90	495	-707	-578	-274
4	64	-40	1612	336	-614	-307	-4013	-244	1342	-1917	-1565	-744	3696
5	96	-8	70	-128	-64	-837	-51	280	-400	-327	-155	771	368
6	120	15	234	117	1528	93	-511	730	596	283	-1408	-672	-877
7	112	8	58	763	46	-255	365	298	141	-703	-336	-438	-448
8	204	100	9986	606	-3341	4771	3896	1851	-9200	-4391	-5730	-5856	2056
9	110	6	37	-203	290	237	112	-559	-267	-348	-356	125	-205
10	71	-33	1118	-1596	-1303	-619	3078	1469	1917	1959	-688	1132	1595
11	152	48	2280	1862	884	-4395	-2098	-2738	-2798	983	-1616	-2277	-1049
12	143	39	1520	722	-3589	-1713	-2236	-2285	802	-1320	-1860	-857	-232
13	123	19	343	-1705	-814	-1062	-1085	381	-627	-883	-407	-110	-596
14	12	-92	8475	4046	5279	5395	-1894	3116	4391	2023	547	2960	5085
15	60	-44	1931	2520	2575	-904	1488	2096	966	261	1413	2427	3043
16	47	-57	3288	3360	-1180	1941	2735	1260	341	1844	3167	3971	1324
17	46	-59	3434	-1206	1984	2795	1288	348	1884	3237	4058	1353	-1689
18	125	21	423	-697	-982	-452	-122	-662	-1137	-1425	-475	593	-1594
19	70	-34	1146	1615	744	201	1089	1870	2344	782	-976	2621	1175
20	57	-48	2275	1048	283	1534	2634	3303	1101	-1375	3693	1656	3504
21	82	-22	483	131	707	1214	1522	507	-633	1702	763	1614	1130
22	98	-6	35	191	328	411	137	-171	460	206	436	305	-87
23	72	-32	1034	1776	2227	742	-927	2490	1116	2362	1653	-470	1395
24	49	-55	3050	3825	1275	-1592	4277	1917	4057	2839	-807	2396	1710
25	35	-69	4796	1599	-1996	5363	2404	5088	3560	-1012	3005	2145	5152
26	81	-23	533	-665	1788	801	1696	1187	-337	1002	715	1718	859
27	133	29	831	-2232	-1000	-2117	-1482	421	-1250	-893	-2144	-1072	-834
28	27	-77	5997	2688	5689	3981	-1132	3360	2398	5761	2880	2242	-14761
29	70	-35	1205	2550	1784	-507	1506	1075	2582	1291	1005	-6616	-6242

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 103.

m	Q m³/s	X-X	(X-X)²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
30	31	-73	5397	3776	-1074	3187	2275	5465	2732	2127	-	-	-
31	53	-51	2643	-751	2230	1592	3824	1912	1488	-9799	-9244	-	-8560
32	119	15	214	-634	-453	-1087	-543	-423	2786	2628	3188	2434	1138
33	61	-43	1882	1343	3228	1613	1256	-8270	-7801	-9465	-7224	-3380	-1246
34	73	-31	959	2304	1152	896	-5903	-5569	-6756	-5156	-2412	-889	-2994
35	30	-74	5534	2767	2153	-	-	-	-	-5795	-2136	-7194	3247
36	67	-37	1383	1076	-7088	-6687	-8113	-6192	-2897	-1068	-3596	1623	2015
37	75	-29	838	-5518	-5205	-6315	-4820	-2255	-831	-2799	1264	1569	1174
38	295	191	36335	34277	41584	31740	14849	5474	18432	-8320	-	-7731	-
39	284	180	32336	39229	29942	14008	5164	17389	-7849	-9745	-7293	-	-
40	322	218	47592	36325	16994	6265	21095	-9522	-	-8848	-	-	-
41	271	167	27726	12971	4782	16101	-7268	-9023	-6753	-	-	-	-
42	182	78	6068	2237	7533	-3400	-4221	-3160	-	-	-	-	-
43	133	29	825	2777	-1254	-1556	-1165	-	-	-	-	-	-
44	201	97	9351	-4221	-5240	-3922	-	-	-	-	-	-	-
45	61	-44	1905	2365	1770	-	-	-	-	-	-	-	-
46	50	-54	2937	2198	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	64	-41	1645	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
media	104.21	Sumatoria	245083	152959	103557	54600	16386	-6100	-	-	-	-	-
		rk		0.62	0.42	0.22	0.07	-0.02	-0.07	-0.20	-0.20	-0.11	-0.08
		lim sup		0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29
		lim inf		-0.31	-0.31	-0.31	-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34	-0.34	-0.34

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

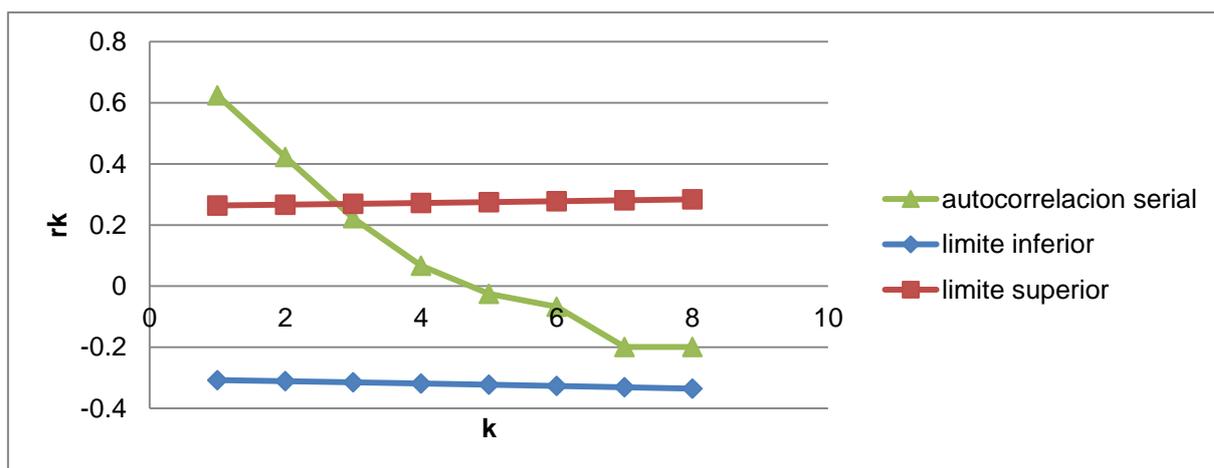


Gráfico 17. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.1.2. Canal Arenal H0619

Tabla 104. Correlograma de la muestra

m	Q m ³ /s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	2.078	0.50	0.25	-0.35	-0.32	-0.23	-0.37	-0.36	-0.39	0.37	-0.38	-0.11	0.00
2	0.874	-0.71	0.50	0.46	0.32	0.53	0.51	0.56	-0.53	0.55	0.15	0.00	0.40
3	0.936	-0.65	0.42	0.29	0.48	0.47	0.51	-0.48	0.50	0.14	0.00	0.36	-0.25
4	1.128	-0.45	0.21	0.34	0.33	0.36	-0.34	0.35	0.10	0.00	0.25	-0.17	-0.05
5	0.837	-0.75	0.56	0.54	0.59	-0.56	0.58	0.16	0.00	0.42	-0.29	-0.08	-0.09
6	0.862	-0.72	0.52	0.57	-0.54	0.56	0.16	0.00	0.40	-0.28	-0.08	-0.09	0.13
7	0.796	-0.79	0.62	-0.59	0.61	0.17	0.00	0.44	-0.30	-0.09	-0.10	0.14	0.31
8	2.331	0.75	0.56	-0.58	-0.16	0.00	-0.42	0.29	0.08	0.09	-0.13	-0.30	-0.17
9	0.81	-0.77	0.60	0.17	0.00	0.43	-0.30	-0.09	-0.10	0.14	0.31	0.17	0.10
10	1.366	-0.22	0.05	0.00	0.12	-0.08	-0.02	-0.03	0.04	0.09	0.05	0.03	0.03
11	1.586	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	1.022	-0.56	0.31	-0.22	-0.06	-0.07	0.10	0.22	0.12	0.07	0.07	-0.71	0.16
13	1.967	0.38	0.15	0.04	0.05	-0.07	-0.15	-0.08	-0.05	-0.05	0.48	-0.11	-0.01
14	1.695	0.11	0.01	0.01	-0.02	-0.04	-0.02	-0.01	-0.01	0.14	-0.03	0.00	0.00
15	1.709	0.13	0.02	-0.02	-0.05	-0.03	-0.02	-0.02	0.16	-0.04	0.00	0.00	0.00
16	1.404	-0.18	0.03	0.07	0.04	0.02	0.02	-0.22	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
17	1.187	-0.40	0.16	0.09	0.05	0.05	-0.50	0.11	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.04
18	1.362	-0.22	0.05	0.03	0.03	-0.28	0.06	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.02	-0.01
19	1.452	-0.13	0.02	0.02	-0.16	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.05
20	1.452	-0.13	0.02	-0.16	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.05	0.06
21	2.841	1.26	1.58	-0.36	-0.03	-0.01	-0.03	-0.03	0.12	0.04	-0.45	-0.54	-0.54
22	1.294	-0.29	0.08	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.03	-0.01	0.10	0.12	0.12	-0.04
23	1.557	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
24	1.572	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	1.557	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.04
26	1.557	-0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.04	-0.01
27	1.678	0.10	0.01	0.00	-0.03	-0.04	-0.04	0.01	-0.04	0.02	0.14	0.03	0.03
28	1.617	0.03	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.07
29	1.226	-0.36	0.13	0.15	0.15	-0.05	0.14	-0.06	-0.51	-0.10	-0.11	-0.68	-0.10
30	1.15	-0.43	0.19	0.19	-0.05	0.17	-0.07	-0.62	-0.13	-0.14	-0.82	-0.12	-1.04
31	1.15	-0.43	0.19	-0.05	0.17	-0.07	-0.62	-0.13	-0.14	-0.82	-0.12	-1.04	0.11
32	1.709	0.13	0.02	-0.05	0.02	0.18	0.04	0.04	0.24	0.04	0.30	-0.03	-0.04
33	1.2	-0.38	0.15	-0.06	-0.55	-0.11	-0.12	-0.73	-0.11	-0.92	0.09	0.12	0.19
34	1.741	0.16	0.03	0.23	0.05	0.05	0.30	0.05	0.38	-0.04	-0.05	-0.08	-0.08
35	3.022	1.44	2.07	0.42	0.46	2.73	0.41	3.45	-0.35	-0.44	-0.71	-0.69	
36	1.874	0.29	0.08	0.09	0.55	0.08	0.70	-0.07	-0.09	-0.14	-0.14		
37	1.903	0.32	0.10	0.61	0.09	0.77	-0.08	-0.10	-0.16	-0.15			
38	3.481	1.90	3.60	0.55	4.55	-0.47	-0.58	-0.94	-0.91				
39	1.87	0.29	0.08	0.69	-0.07	-0.09	-0.14	-0.14					
40	3.978	2.40	5.74	-0.59	-0.73	-1.19	-1.15						
41	1.337	-0.25	0.06	0.07	0.12	0.12							
42	1.278	-0.30	0.09	0.15	0.15								
43	1.086	-0.50	0.25	0.24									
44	1.104	-0.48	0.23										
	Sumatoria		19.7128	2.97	6.15	3.35	-1.42	1.56	-1.59	-0.93	-1.43	-3.78	-0.85
		rx		0.15	0.31	0.17	-0.07	0.08	-0.08	-0.05	-0.07	-0.19	-0.04
		lim sup		0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30
		lim inf		-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34	-0.34	-0.34	-0.35	-0.36	-0.36

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

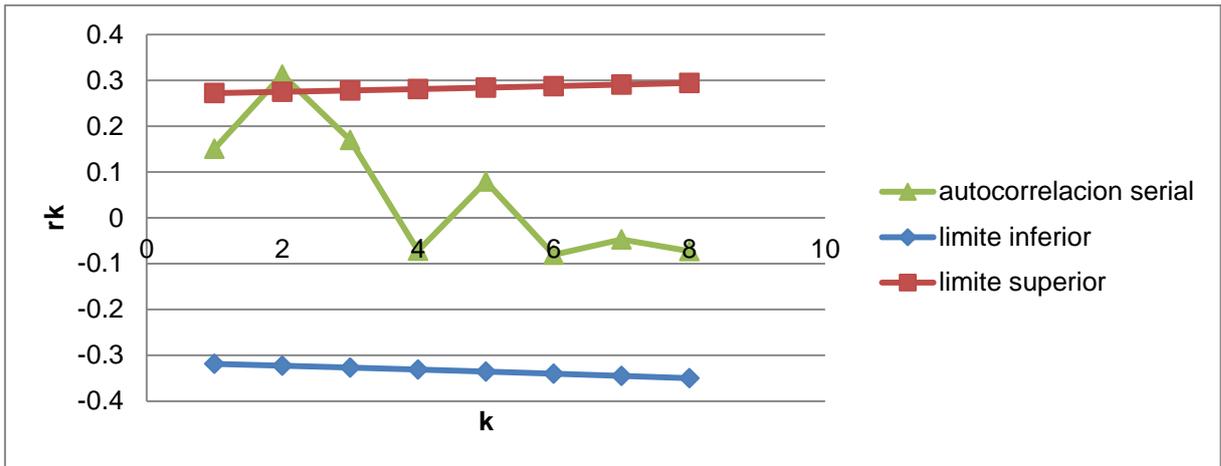


Gráfico 18. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.1.3. Catamayo en Pte Santa Rosa H0620

Tabla 105. Correlograma de la muestra.

m	Q m ³ /s	X-X	(X-X) ²	K=2	K=2	K=3	K=4	K=5
1	80.033	-23.73	562.94	529.22	496.05	604.89	519.64	-2712.74
2	81.454	-22.31	497.53	466.35	568.66	488.52	-2550.27	
3	82.852	-20.91	437.12	533.02	457.90	-2390.43		
4	78.265	-25.49	649.96	558.36	-2914.89			
5	81.858	-21.90	479.67	-2504.08				
6	218.094	114.33	13072.42					
Sumatoria			15699.63	-417.13	-1392.27	-1297.03	-2030.63	-2712.74
			rk	-0.0266	-0.0887	-0.0826	-0.1293	-0.1728
			lim sup	0.5840	0.5987	0.5906	0.4800	-1.0000
			lim inf	-0.9840	-1.0987	-1.2573	-1.4800	-1.0000

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

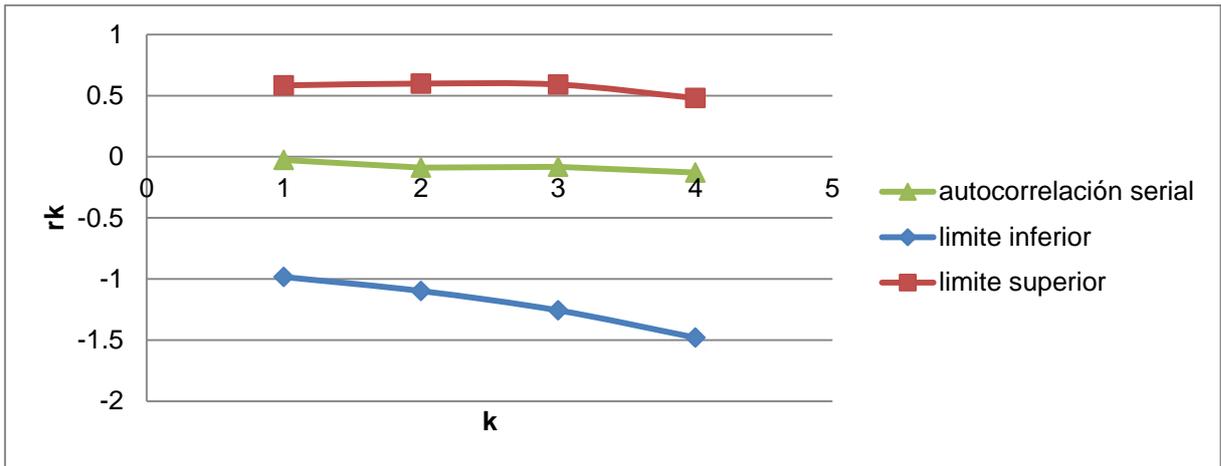


Gráfico 19. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.1.4. Jorupe en Amaluza H0621

Tabla 106. Correlograma de la muestra

m	Q(m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	15.014	-16	242	242	-296	-697	345	20	242	255	225	-197	272
2	15.014	-16	242	-296	-697	345	20	242	255	225	-197	272	138
3	49.6	19	363	854	-423	-25	-296	-313	-276	241	-333	-169	-225
4	75.4	45	2011	-996	-58	-697	-736	-649	567	-783	-398	-529	-620
5	8.346	-22	493	29	345	365	321	-281	388	197	262	307	424
6	29.261	-1	2	20	21	19	-16	23	12	15	18	25	-80
7	15.014	-16	242	255	225	-197	272	138	183	215	296	-963	216
8	14.133	-16	270	238	-208	287	146	194	227	313	-1017	228	-654
9	16.087	-14	209	-183	253	129	171	200	276	-896	201	-576	188
10	43.2	13	160	-221	-112	-149	-175	-241	783	-176	504	-164	-163
11	13.086	-17	305	155	206	242	333	-1082	243	-696	227	226	-432
12	21.673	-9	79	105	123	169	-550	123	-354	115	115	-220	126
13	18.759	-12	139	163	225	-731	164	-470	153	152	-292	167	113
14	16.728	-14	191	264	-857	192	-551	179	179	-342	195	133	69
15	11.482	-19	364	-1182	265	-760	248	246	-472	269	183	96	264
16	92.5	62	3837	-861	2468	-804	-800	1533	-875	-595	-310	-857	-1367
17	16.658	-14	193	-554	180	180	-344	196	134	70	192	307	127
18	70.4	40	1588	-517	-515	986	-563	-383	-200	-551	-879	-364	-257
19	17.575	-13	169	168	-321	183	125	65	179	286	119	84	-814
20	17.635	-13	167	-320	183	124	65	179	285	118	83	-811	-627
21	55.3	25	612	-350	-238	-124	-342	-546	-226	-160	1553	1201	1095
22	16.427	-14	200	136	71	195	312	129	91	-886	-686	-625	269
23	20.945	-10	92	48	133	212	88	62	-603	-467	-425	183	197
24	25.548	-5	25	69	111	46	32	-314	-243	-222	96	103	135
25	16.728	-14	191	305	126	89	-868	-671	-612	264	284	372	
26	8.487	-22	487	202	143	-1385	-1071	-976	421	453	594		
27	21.414	-9	84	59	-574	-444	-404	174	187	246			
28	24.098	-6	42	-405	-313	-286	123	132	174				
29	93.3	63	3937	3046	2776	-1197	-1287	-1688					
30	79.1	49	2357	2148	-926	-995	-1306						
31	74.8	44	1958	-844	-907	-1190							
32	11.484	-19	364	391	513								
33	10.05	-21	420	552									
34	3.65	-27	724										
		Sumatoria	22755.7	2720.0	1922.0	-5916.8	-6546.2	-3778.5	1118.8	-2339.1	608.6	-1772.3	-1609.0
		rk		0.12	0.08	-0.26	-0.29	-0.17	0.05	-0.10	0.03	-0.08	-0.07
		lim sup		0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35
		lim inf		-0.37	-0.37	-0.38	-0.39	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.42	-0.43

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

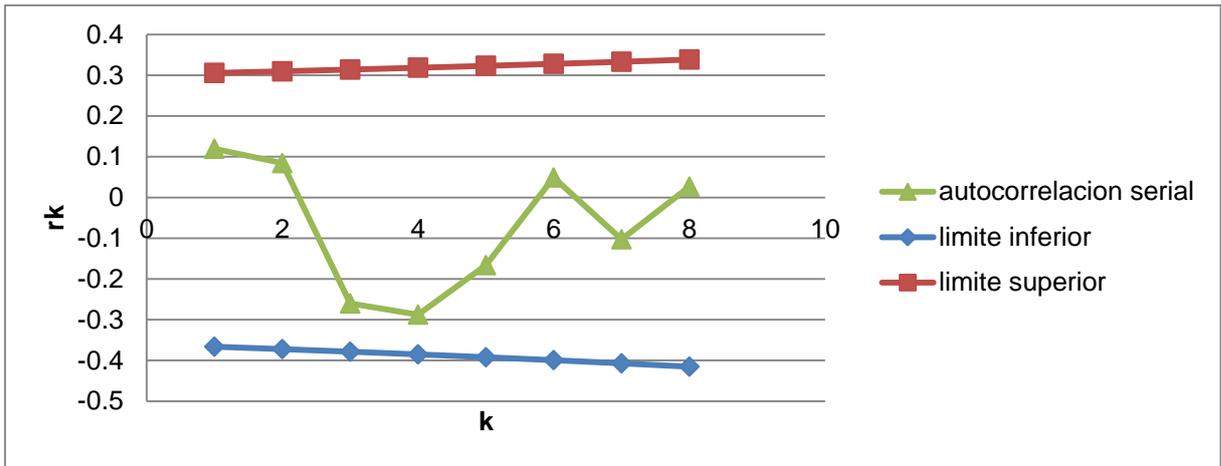


Gráfico 20. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.1.5. Uchima Aj Chamba H0627

Tabla 107. Correlograma de la muestra

m	Q(m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	5.794	-11	127	-51	-170	-293	-170	-55	-21	-117	-231	-323	-464
2	21.575	4	20	68	116	68	22	8	46	92	128	185	53
3	32.135	15	227	390	227	74	28	156	308	430	619	178	-13
4	42.996	26	672	390	127	48	268	531	741	1065	307	-23	-194
5	32.134	15	227	74	28	156	308	430	619	178	-13	-113	143
6	21.983	5	24	9	51	100	140	201	58	-4	-37	47	-25
7	18.92	2	3	19	38	53	76	22	-2	-14	17	-9	2
8	27.417	10	107	212	295	425	122	-9	-77	98	-52	12	-13
9	37.561	20	419	585	842	242	-18	-153	194	-104	24	-25	-305
10	45.664	29	817	1175	338	-25	-214	271	-145	33	-35	-425	-311
11	58.198	41	1690	486	-36	-307	390	-209	47	-51	-612	-447	-366
12	28.911	12	140	-10	-88	112	-60	14	-15	-176	-129	-105	159
13	16.2	-1	1	7	-8	4	-1	1	13	10	8	-12	3
14	9.606	-7	56	-71	38	-9	9	111	81	67	-100	25	78
15	26.574	9	90	-48	11	-12	-141	-103	-85	127	-32	-99	-36
16	12.008	-5	26	-6	6	76	55	45	-68	17	53	19	56
17	18.234	1	1	-1	-17	-13	-10	15	-4	-12	-4	-13	-14
18	15.841	-1	2	18	13	11	-17	4	13	5	14	16	14
19	2.2	-15	221	162	133	-200	51	156	57	163	187	165	79
20	6.214	-11	118	97	-146	37	114	41	119	137	120	58	107
21	8.17	-9	79	-120	30	93	34	98	112	99	47	87	63
22	30.5	13	180	-46	-140	-51	-147	-169	-149	-71	-132	-94	-83
23	13.684	-3	12	36	13	37	43	38	18	33	24	21	9
24	6.63	-10	109	40	115	131	116	55	102	74	65	28	-72
25	13.283	-4	14	42	48	42	20	37	27	24	10	-26	24
26	6.109	-11	120	138	121	58	108	77	68	29	-76	68	25
27	4.51	-13	158	139	67	123	88	78	33	-87	78	28	26
28	6.014	-11	123	59	109	78	69	29	-77	69	25	23	49
29	11.774	-5	28	52	37	33	14	-37	33	12	11	23	39
30	7.279	-10	96	69	61	26	-68	61	22	20	43	72	15
31	10.046	-7	50	44	19	-49	44	16	15	31	52	11	31
32	10.892	-6	38	16	-43	38	14	13	27	46	10	27	61
33	14.444	-3	7	-18	16	6	5	12	20	4	12	26	29
34	24	7	48	-43	-16	-14	-30	-51	-11	-30	-68	-77	-67
35	10.892	-6	38	14	13	27	46	10	27	61	69	60	48
36	14.827	-2	5	5	10	17	4	10	22	25	22	18	
37	15.017	-2	4	9	15	3	9	20	23	20	16		
38	12.684	-4	19	33	7	19	43	49	43	34			
39	9.69	-7	55	11	32	73	82	72	58				
40	15.53	-2	2	7	15	17	15	12					
41	12.703	-4	19	43	49	42	34						
42	7.249	-10	97	109	95	77							
43	5.957	-11	124	108	87								
44	7.399	-10	94	76									
45	9.266	-8	61										
	Sumatoria		6569	4326	2557	1375	1493	1907	2295	2336	438	-595	-852
	rk			0.66	0.39	0.21	0.23	0.29	0.35	0.36	0.07	-0.09	-0.13
	lim sup			0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.30
	lim inf			-0.31	-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34	-0.34	-0.34	-0.35	-0.36

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

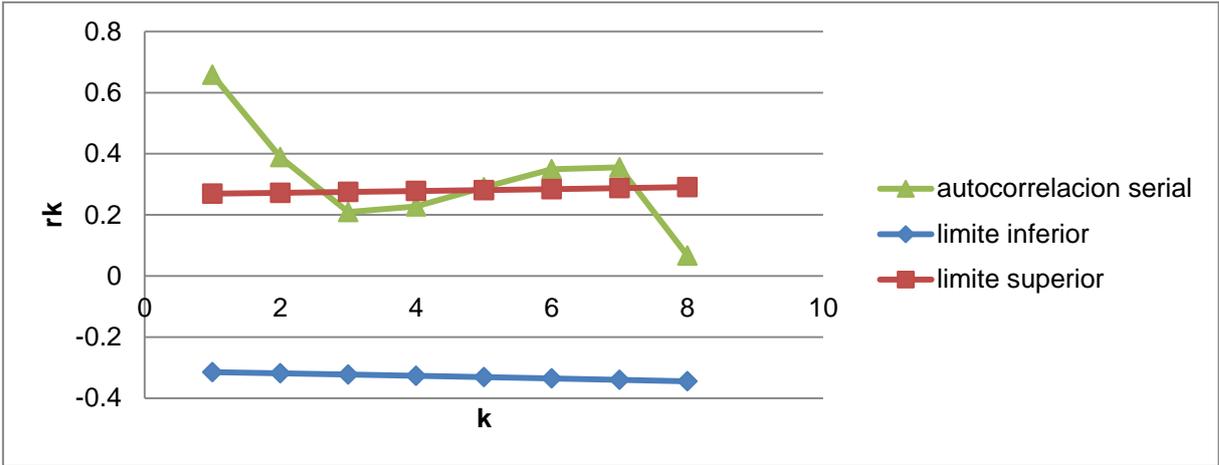


Gráfico 21. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.2. Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Jubones

4.2.1. Paquishapa en Pte Carretera H0526

Tabla 108. Correlograma de la muestra

m	Q(m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	9.846	-21	430	370	379	384	392	380	380	380	370	380	380
2	12.755	-18	318	326	330	337	326	326	326	318	326	326	326
3	12.302	-18	335	338	346	335	335	335	326	335	335	335	-307
4	12.087	-19	342	350	339	339	339	330	339	339	339	-311	-730
5	11.675	-19	358	346	346	346	337	346	346	346	-318	-747	-29
6	12.295	-18	335	335	335	326	335	335	335	-307	-722	-28	-196
7	12.295	-18	335	335	326	335	335	335	-307	-722	-28	-196	135
8	12.295	-18	335	326	335	335	335	-307	-722	-28	-196	135	-130
9	12.755	-18	318	326	326	326	-300	-704	-27	-191	131	-126	-474
10	12.295	-18	335	335	335	-307	-722	-28	-196	135	-130	-486	12
11	12.295	-18	335	335	-307	-722	-28	-196	135	-130	-486	12	-175
12	12.295	-18	335	-307	-722	-28	-196	135	-130	-486	12	-175	-15
13	47.385	17	282	663	26	180	-124	119	446	-11	160	13	108
14	70.057	39	1558	60	423	-291	280	1048	-25	376	31	253	717
15	32.124	2	2	16	-11	11	41	-1	15	1	10	28	50
16	41.312	11	115	-79	76	285	-7	102	9	69	195	351	424
17	23.23	-7	54	-52	-196	5	-70	-6	-47	-134	-241	-291	37
18	37.675	7	50	188	-5	68	6	45	129	232	280	-36	223
19	57.149	27	705	-17	253	21	170	483	870	1051	-133	836	-158
20	29.946	-1	0	-6	-1	-4	-12	-21	-26	3	-20	4	
21	40.13	10	91	8	61	173	312	377	-48	300	-57		
22	31.387	1	1	5	14	26	31	-4	25	-5			
23	37.01	6	41	117	210	254	-32	202	-38				
24	48.769	18	330	595	719	-91	572	-108					
25	63.343	33	1073	1296	-164	1031	-195						
26	70.151	40	1565	-198	1245	-235							
27	25.577	-5	25	-158	30								
28	62.076	31	991	-187									
29	24.649	-6	35										
	Sumatoria		11029	5666	5050	3438	2461	3523	2112	1871	-142	278	199
		rk		0.51	0.46	0.31	0.22	0.32	0.19	0.17	-0.01	0.03	0.02
		lim sup		0.33	0.33	0.34	0.34	0.35	0.36	0.36	0.37	0.38	0.39
		lim inf		-0.40	-0.41	-0.42	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.47	-0.48	-0.49

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

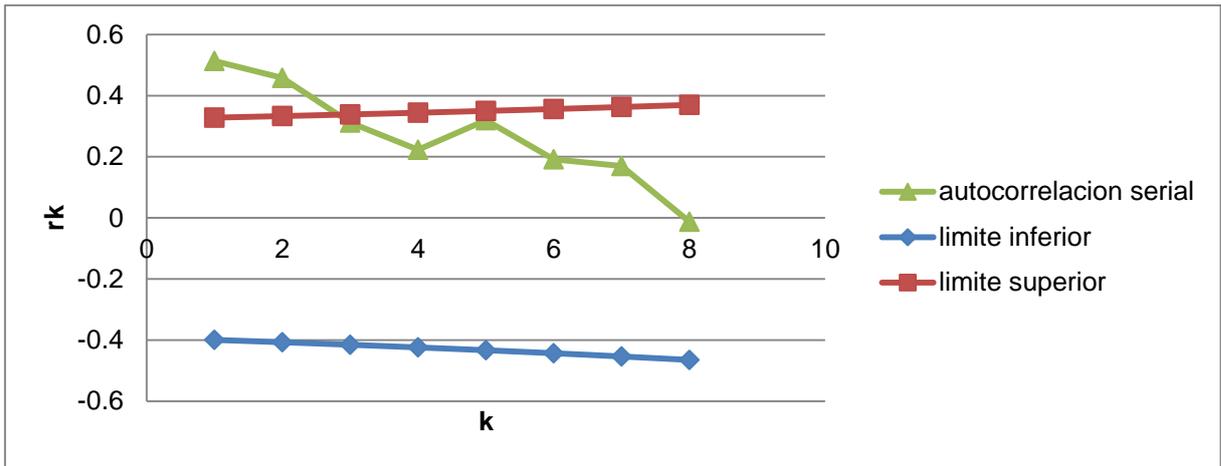


Gráfico 22. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.2.2. Jubones Dj Minas H0528

Tabla 109. Correlograma de la muestra.

m	Q(m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	248.70	85	7170	4046	6024	6621	-5630	1717	-6898	7635	8289	3471	-10267
2	211.81	48	2283	3399	3736	-3177	969	-3893	4308	4678	1959	-5794	-189
3	235.17	71	5061	5563	-4730	1443	-5795	6415	6964	2917	-8626	-281	-13
4	242.22	78	6114	-5199	1586	-6370	7051	7655	3206	-9481	-309	-15	-5733
5	97.54	-66	4421	-1348	5417	-5995	-6509	-2726	8062	263	13	4875	3601
6	184.31	20	411	-1652	1829	1985	831	-2459	-80	-4	-1487	-1098	-552
7	82.56	-81	6637	-7346	-7975	-3340	9878	322	15	5973	4412	2218	-3972
8	254.20	90	8130	8827	3697	-10933	-357	-17	-6611	-4883	-2455	4397	-508
9	261.92	98	9583	4013	-11870	-387	-19	-7177	-5302	-2665	4773	-552	-4888
10	205.02	41	1681	-4971	-162	-8	-3006	-2220	-1116	1999	-231	-2047	-3947
11	42.77	-121	14702	480	23	8890	6567	3301	-5912	684	6054	11674	
12	160.07	-4	16	1	290	214	108	-193	22	198	381		
13	163.84	0	0	14	10	5	-9	1	9	18			
14	90.71	-73	5375	3971	1996	-3575	413	3661	7058				
15	109.87	-54	2933	1474	-2641	305	2704	5214					
16	136.80	-27	741	-1327	153	1359	2621						
17	212.79	49	2377	-275	-2435	-4694							
18	158.39	-6	32	282	543								
19	114.09	-50	2493	4807									
20	67.75	-96	9269										
	Sumatoria		89429	14758	-4509	-17657	9817	9601	3727	7330	12773	16847	-26469
	rk			0.17	-0.05	-0.20	0.11	0.11	0.04	0.08	0.14	0.19	-0.30
	lim sup			0.39	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.46	0.47	0.49
	lim inf			-0.49	-0.50	-0.52	-0.54	-0.56	-0.58	-0.60	-0.63	-0.65	-0.69

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

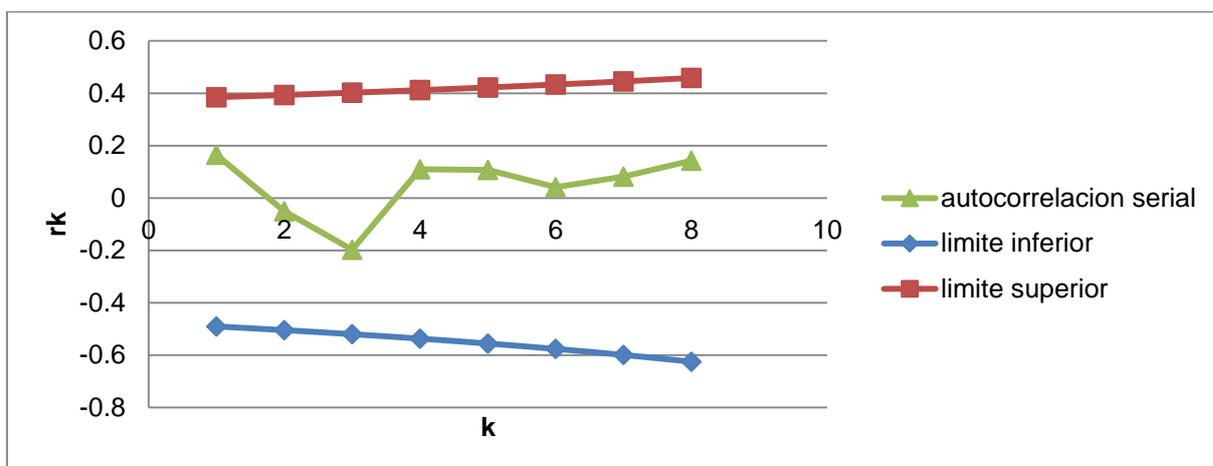


Gráfico 23. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.2.3. Jubones Dj Sn Francisco H0529

Tabla 110. Correlograma de la muestra.

m	Q(m³/s)	X-X	(X-X)²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	372	-56	3163	4592	14153	5958	11489	10449	-15343	-6233	5346	3826	1015
2	346	-82	6666	20546	8650	16678	15169	-22273	-9048	7761	5555	1473	-27092
3	176	-252	63323	26659	51402	46751	-68645	-27887	23919	17120	4541	-83498	-56732
4	322	-106	11223	21640	19682	-28900	-11740	10070	7207	1912	-35153	-23884	8969
5	224	-204	41726	37949	-55723	-22637	19416	13897	3686	-67779	-46052	17294	79155
6	242	-186	34515	-50680	-20589	17659	12639	3352	-61645	-41885	15729	71992	-5009
7	701	273	74415	30231	-25929	-18558	-4922	90516	61501	-23096	-105708	7355	-46750
8	539	111	12281	-10534	-7539	-2000	36772	24984	-9383	-42943	2988	-18992	9693
9	333	-95	9035	6466	1715	-31539	-21429	8048	36833	-2563	16289	-8313	10208
10	360	-68	4628	1228	-22574	-15338	5760	26362	-1834	11659	-5950	7306	19395
11	410	-18	326	-5987	-4068	1528	6992	-487	3092	-1578	1938	5144	7240
12	760	332	110101	74807	-28093	-128580	8946	-56865	29021	-35634	-94597	-133127	-87330
13	653	225	50828	-19088	-87363	6078	-38637	19718	-24211	-64273	-90452	-59336	-56482
14	343	-85	7168	32808	-2283	14510	-7405	9092	24137	33969	22283	21211	-30655
15	40	-388	150160	-10448	66409	-33892	41615	110473	155470	101987	97081	-140306	-131965
16	455	27	727	-4621	2358	-2895	-7686	-10817	-7096	-6755	9762	9182	23786
17	256	-171	29370	-14989	18404	48857	68757	45104	42934	-62051	-58362	-151187	-117628
18	515	87	7650	-9393	-24934	-35090	-23019	-21912	31668	29785	77159	60032	-5966
19	320	-107	11533	30616	43086	28264	26905	-38884	-36572	-94741	-73711	7325	-6056
20	143	-285	81276	114381	75032	71423	-103224	-97087	-251506	-195678	19445	-16078	-464415
21	27	-401	160969	105594	100514	-145269	-136632	-353947	-275380	27366	-22626	-653576	-339211
22	165	-263	69268	65936	-95294	-89629	-232185	-180646	17952	-14843	-428738	-222518	101866
23	177	-251	62764	-90710	-85318	-221016	-171957	17088	-14129	-408114	-211815	96966	-52947
24	790	362	131099	123305	319424	248521	-24697	20420	589828	306125	-140141	76521	-100775
25	768	341	115975	300434	233746	-23228	19206	554762	287926	-131809	71972	-94784	-1178
26	1310	882	778277	605520	-60173	49752	1437116	745875	-341453	186444	-245540	-3052	-212788
27	1114	686	471111	-46817	38709	1118115	580311	-265660	145058	-191036	-2374	-165555	-150798

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 110.

m	Q(m³/s)	X-X	(X-X)²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
28	360	-68	4652	-3847	-111112	-57668	26400	-14415	18984	236	16452	14985	13280
29	484	56	3180	91869	47681	-21828	11919	-15696	-195	-13603	-12390	-10980	-17908
30	2057	1629	2653686	1377285	-630506	344275	-453398	-5635	-392920	-357897	-317176	-517270	-171767
31	1273	845	714822	-327238	178682	-235317	-2925	-203929	-185751	-164617	-268467	-89149	-181086
32	41	-387	149806	-81798	107726	1339	93356	85035	75360	122901	40811	82899	108085
33	639	211	44664	-58821	-731	-50975	-46432	-41149	-67108	-22284	-45265	-59018	-32102
34	149	-278	77466	963	67133	61149	54191	88378	29347	59613	77724	42277	102509
35	424	-3	12	834	760	674	1098	365	741	966	525	1274	767
36	187	-241	58178	52992	46963	76590	25433	51661	67357	36638	88836	53511	
37	208	-220	48269	42777	69763	23166	47056	61353	33372	80917	48741		
38	233	-195	37910	61826	20530	41702	54372	29575	71711	43195			
39	110	-318	100829	33482	68011	88673	48233	116950	70445				
40	322	-105	11118	22584	29445	16017	38835	23392					
41	214	-214	45875	59812	32534	78885	47517						
42	149	-279	77983	42418	102851	61953							
43	276	-152	23073	55945	33699								
44	59	-368	135649	81709									
45	206	-222	49218										
	Sumatoria		6735966	2792239	536832	1304156	1384570	809631	133974	-880819	-1581340	-1870049	-1810671
	rk			0.41	0.08	0.19	0.21	0.12	0.02	-0.13	-0.23	-0.28	-0.27
	lim sup			0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.30
	lim inf			-0.31	-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34	-0.34	-0.34	-0.35	-0.36

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

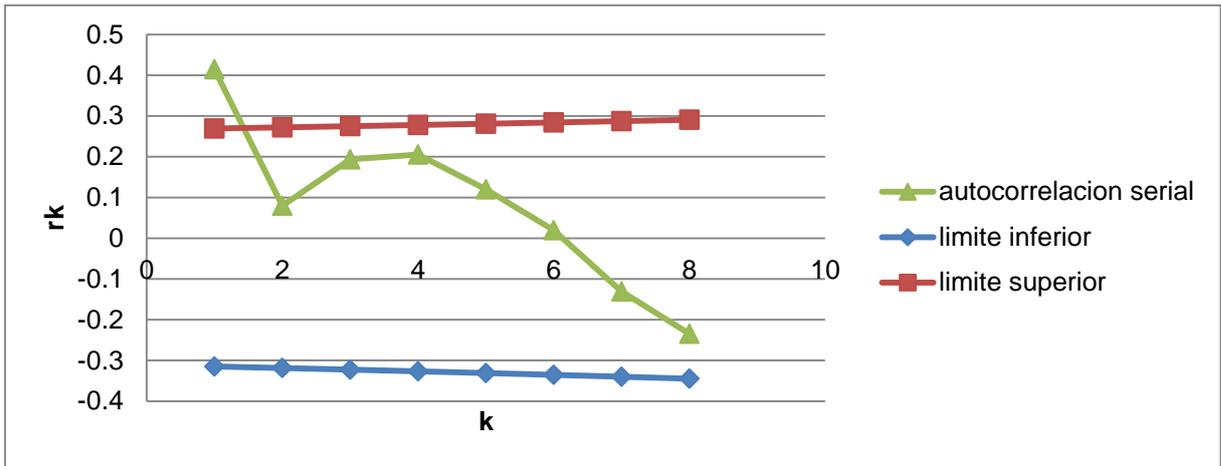


Gráfico 24. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.2.4. Jubones en Ushcurrumi H0530

Tabla 111. Correlograma de la muestra

m	Q(m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	266	-81	6614	10717	-13783	-6684	-44071	4415	-33571	-13408	-14860	-6394	5130
2	215	-132	17364	-22332	-10830	-71409	7154	-54396	-21726	-24078	-10361	8312	7294
3	517	169	28721	13929	91839	-9200	69959	27941	30966	13325	-10690	-9381	-14982
4	429	82	6755	44539	-4462	33928	13551	15018	6462	-5184	-4550	-7266	-3245
5	889	542	293663	-29418	223699	89345	99017	42608	-34183	-29997	-47907	-21395	1011
6	293	-54	2947	-22409	-8950	-9919	-4268	3424	3005	4799	2143	-101	3541
7	760	413	170403	68059	75426	32457	-26039	-22851	-36494	-16298	770	-26923	25061
8	512	165	27183	30125	12963	-10400	-9127	-14576	-6509	307	-10753	10009	11405
9	530	183	33386	14367	-11526	-10114	-16153	-7214	341	-11917	11093	12640	-35349
10	426	79	6182	-4960	-4352	-6951	-3104	147	-5128	4773	5439	-15211	-17580
11	284	-63	3979	3492	5577	2490	-118	4114	-3829	-4364	12203	14103	12425
12	292	-55	3064	4894	2185	-103	3610	-3361	-3829	10709	12376	10903	11186
13	259	-88	7815	3490	-165	5766	-5367	-6116	17103	19766	17413	17865	4651
14	308	-39	1559	-74	2575	-2397	-2731	7638	8827	7776	7978	2077	9026
15	349	2	3	-122	113	129	-361	-417	-367	-377	-98	-426	-96
16	282	-65	4254	-3960	-4512	12618	14582	12846	13180	3431	14911	3355	12018
17	408	61	3686	4200	-11745	-13573	-11958	-12268	-3194	-13879	-3123	-11186	17720
18	416	69	4785	-13383	-15466	-13625	-13979	-3640	-15815	-3558	-12746	20191	2530
19	154	-193	37428	43255	38106	39094	10179	44230	9951	35648	-56469	-7075	37011
20	124	-224	49989	44038	45181	11763	51116	11500	41197	-65260	-8176	42774	-16505
21	150	-197	38796	39803	10363	45031	10131	36293	-57491	-7203	37682	-14541	-9415
22	145	-202	40835	10632	46200	10394	37235	-58983	-7390	38659	-14918	-9660	-64753
23	295	-53	2768	12029	2706	9695	-15357	-1924	10065	-3884	-2515	-16859	-2201
24	119	-229	52269	11759	42126	-66731	-8361	43738	-16878	-10929	-73259	-9565	-34533
25	296	-51	2645	9477	-15013	-1881	9840	-3797	-2459	-16481	-2152	-7769	-11933
26	163	-184	33952	-53783	-6738	35251	-13603	-8808	-59044	-7709	-27832	-42751	17728
27	639	292	85196	10674	-55840	21548	13953	93529	12212	44088	67721	-28083	-37358
28	384	37	1337	-6996	2700	1748	11718	1530	5524	8485	-3518	-4681	-3456
29	156	-191	36600	-14123	-9145	-61302	-8004	-28897	-44386	18406	24485	18080	15761
30	421	74	5450	3529	23655	3089	11151	17128	-7103	-9448	-6977	-6082	2847
31	395	48	2285	15317	2000	7220	11091	-4599	-6118	-4518	-3938	1843	6113
32	668	320	102679	13406	48400	74345	-30830	-41012	-30283	-26398	12356	40975	61274
33	389	42	1750	6319	9707	-4025	-5355	-3954	-3447	1613	5350	8000	-7529
34	498	151	22815	35045	-14532	-19332	-14275	-12444	5824	19315	28883	-27181	-29015
35	579	232	53830	-22322	-29695	-21927	-19114	8946	29668	44366	-41751	-44568	5727

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 111.

m	Q (m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
36	251	-96	9257	12314	9093	7926	-3710	-	-18398	1731 3	18481	-2375	2663 3
37	219	-128	16381	12096	10544	-4935	-	-	23032	2458 5	-3159	35429	1422 4
38	253	-95	8931	7786	-3644	-12085	-	-	18154	-2333	26161	10503	7347
39	265	-82	6787	-3177	-10534	-15753	14825	15825	-2034	2280 5	9156	6404	
40	386	39	1487	4931	7373	-6939	-7407	952	-10674	-4285	-2998		
41	475	128	16351	24452	-23011	-24563	3157	-	-14211	-9941			
42	538	191	36565	-34410	-36732	4720	-	-	-14865				
43	167	-180	32382	34567	-4442	49814	19999	13989					
44	155	-192	36899	-4742	53174	21348	14933						
45	372	25	609	-6833	-2744	-1919							
46	70	-277	76628	30765	21520								
47	236	-111	12351	8640									
48	269	-78	6043										
Sumatoria			145366 1	34560 0	48936 3	12395 0	76538	40140	-	4872 1	-	-	2971 2
rk				0.24	0.34	0.09	0.05	0.03	-0.15	0.03	-0.03	-0.04	0.02
lim sup				0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29
lim inf				-0.30	-0.31	-0.31	-0.31	-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34	-0.34

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

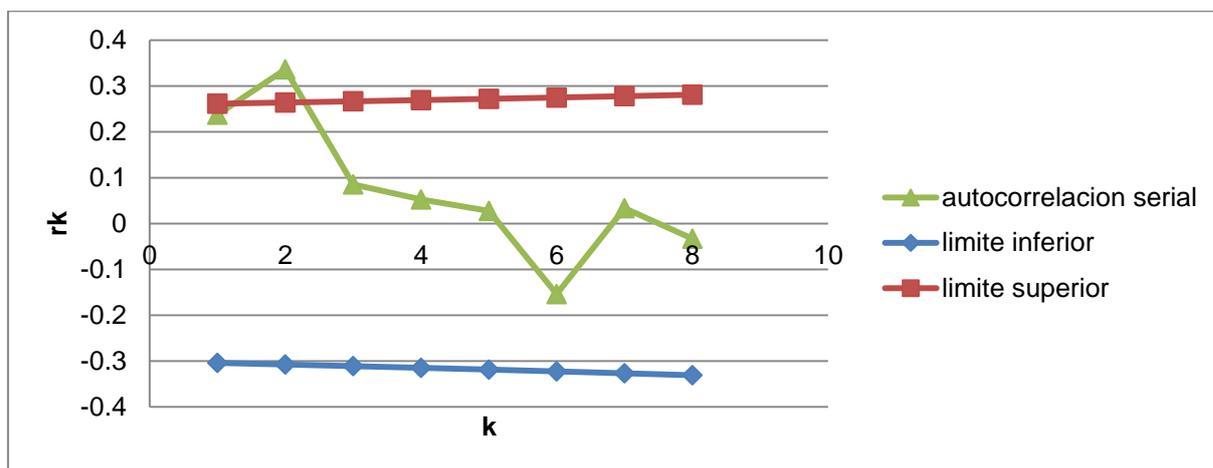


Gráfico 25. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.2.5. Casacay Aj Jubones

Tabla 112. Correlograma de la muestra.

m	Q (m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	13	-7	48	-67	55	-1	-81	-38	-28	65	11	31	-232
2	30	10	94	-77	2	114	54	39	-90	-16	-44	325	158
3	13	-8	62	-2	-92	-44	-32	74	13	36	-264	-128	132
4	21	0	0	2	1	1	-2	0	-1	7	3	-3	-3
5	32	12	137	64	47	-109	-19	-53	391	190	-195	-163	-211
6	26	6	30	22	-51	-9	-25	184	90	-92	-77	-99	-77
7	24	4	16	-38	-7	-18	135	65	-67	-56	-72	-56	-40
8	11	-9	87	15	42	-312	-152	156	130	168	130	94	-77
9	19	-2	3	7	-55	-26	27	23	29	23	16	-13	1
10	16	-5	20	-151	-74	76	63	81	63	46	-37	3	-158
11	54	33	1119	544	-559	-465	-603	-465	-337	276	-22	1168	-557
12	37	16	264	-272	-226	-293	-226	-164	134	-11	568	-271	-175
13	4	-17	279	232	301	232	168	-138	11	-583	278	180	-104
14	7	-14	193	250	193	140	-115	9	-485	232	150	-87	176
15	2	-18	324	250	181	-148	12	-629	300	194	-112	228	-17
16	7	-14	193	140	-114	9	-485	231	150	-87	176	-13	61
17	10	-10	101	-83	7	-351	168	108	-63	128	-10	44	-190
18	29	8	68	-5	288	-137	-89	51	-104	8	-36	155	76
19	20	-1	0	-23	11	7	-4	8	-1	3	-12	-6	-2
20	55	35	1218	-581	-376	218	-443	34	-154	658	322	109	-251
21	4	-17	277	179	-104	211	-16	73	-314	-153	-52	120	-259
22	10	-11	116	-67	137	-10	47	-203	-99	-34	77	-167	132
23	27	6	39	-79	6	-27	118	57	19	-45	97	-77	-65
24	8	-13	161	-12	56	-239	-117	-40	91	-197	156	132	
25	21	1	1	-4	18	9	3	-7	15	-12	-10		
26	16	-4	19	-83	-41	-14	32	-68	54	46			
27	39	19	355	174	59	-135	293	-232	-195				
28	30	9	85	29	-66	143	-113	-96					
29	24	3	10	-22	48	-38	-32						
30	13	-7	52	-111	88	74							
31	36	16	241	-191	-161								
32	8	-12	151	128									
33	10	-10	108										
		Sumatoria	5874.2756	169	-386	-1145	-1435	-936	-449	792	1040	1504	-1680
		rk		0.03	-0.07	-0.19	-0.24	-0.16	-0.08	0.13	0.18	0.26	-0.29
		lim sup		0.31	0.31	0.32	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35	0.36
		lim inf		-0.37	-0.38	-0.39	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.42	-0.43	-0.44

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

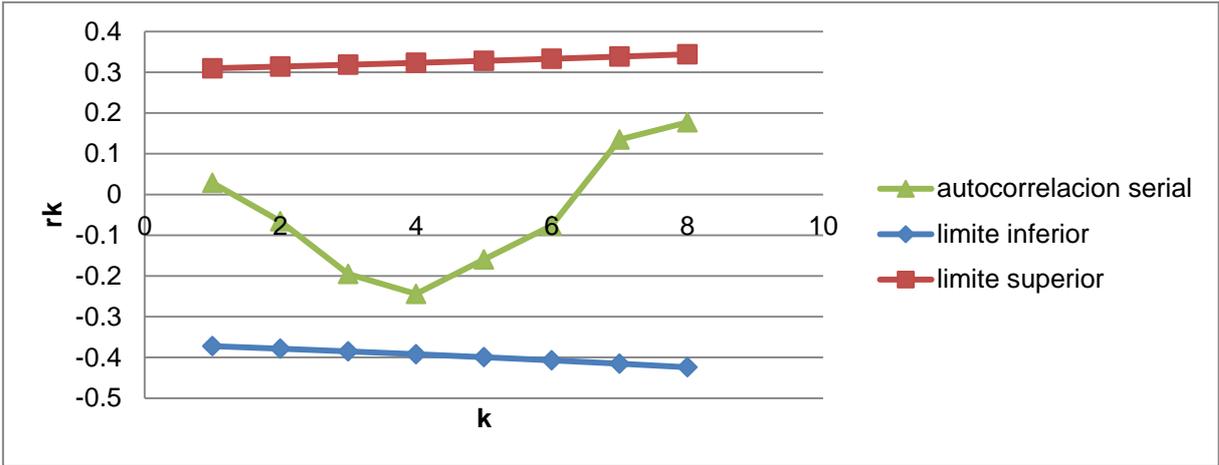


Gráfico 26. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.3. Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Puyango

4.3.1. Amarillo en Portovelo H0588

Tabla 113. Correlograma de la muestra.

m	Q m³/s	X-X	(X-X)²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	17	-186	34685	23162	27566	23436	11169 8	28344	9264	29002	3006	10769 4	17293
2	79	-124	15468	18408	15651	-74591	18928	6186	19368	2007	-71917	11548	16154
3	55	-148	21908	18626	-88772	22526	7362	23050	2389	-85590	13744	19225	14016
4	77	-126	15836	-75474	19152	6259	19597	2031	-72769	11685	16345	11917	12827
5	803	600	359711	-91279	-29833	-93399	-9681	34681 6	-55691	-77900	-56795	-61135	-86696
6	51	-152	23163	7570	23700	2457	-88007	14132	19768	14412	15513	22000	22272
7	153	-50	2474	7746	803	-28763	4619	6461	4710	5070	7190	7279	6587
8	47	-156	24251	2514	-90050	14460	20227	14747	15874	22510	22789	20621	10704 0
9	187	-16	261	-9334	1499	2096	1528	1645	2333	2362	2137	-11095	1932
10	781	578	334384	-53695	-75107	-54759	-58944	83588	-84621	-76573	39747 2	-69206	-69198
11	110	-93	8622	12061	8793	9465	13422	13588	12296	-63825	11113	11112	-62572
12	73	-130	16870	12300	13240	18775	19007	17199	-89278	15545	15543	-87524	19175
13	108	-95	8967	9653	13688	13858	12540	65090	11333	11332	-63812	13980	-32392
14	101	-102	10390	14734	14917	13498	-70064	12199	12198	-68688	15048	-34867	16832
15	58	-145	20895	21153	19141	-99358	17300	17298	-97407	21340	-49445	23870	22213
16	57	-146	21415	19378	10058 7	17514	17512	98611	21604	-50056	24165	22487	-43266
17	71	-132	17535	-91020	15848	15846	-89232	19549	-45295	21866	20349	-39151	17320
18	890	687	472463	-82263	-82254	46318 3	10147 3	23511 8	11350 3	10562 4	20322 4	-89905	-42644
19	83	-120	14323	14322	-80647	17668	-40938	19763	18391	-35384	15654	7425	19037
20	83	-120	14320	-80639	17666	-40933	19761	18389	-35381	15652	7424	19035	14172
21	877	674	454086	-99480	23050 0	11127 4	10355 0	19923 3	-88139	-41807	10718 9	-79802	13471 4
22	55	-148	21794	-50497	24378	22685	-43648	19309	9159	23483	17483	29513	
23	545	342	117004	-56484	-52563	10113 3	-44741	21222	-54410	-40509	-68382		
24	38	-165	27268	25375	-48822	21599	10245	26267	19556	33012			
25	49	-154	23613	-45433	20099	9534	24443	18198	30720				
26	499	296	87414	-38672	-18343	-47030	-35014	59106					
27	72	-131	17108	8115	20806	15490	26148						
28	141	-62	3849	9869	7347	12403							
29	44	-159	25302	18838	31800								
30	85	-118	14025	23675									
31	3	-200	39966										
	Sumatoria		2269369 .3	50677 2	14038 6	27377 8	56435 0	73190 4	52753 3	41667 8	39065 9	36036 8	37869 3
	rk			-0.22	-0.06	0.12	-0.25	0.32	-0.23	-0.18	0.17	-0.16	-0.17
	lim sup			0.32	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35	0.36	0.36	0.37
	lim inf			-0.39	-0.39	-0.40	-0.41	-0.42	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.47

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

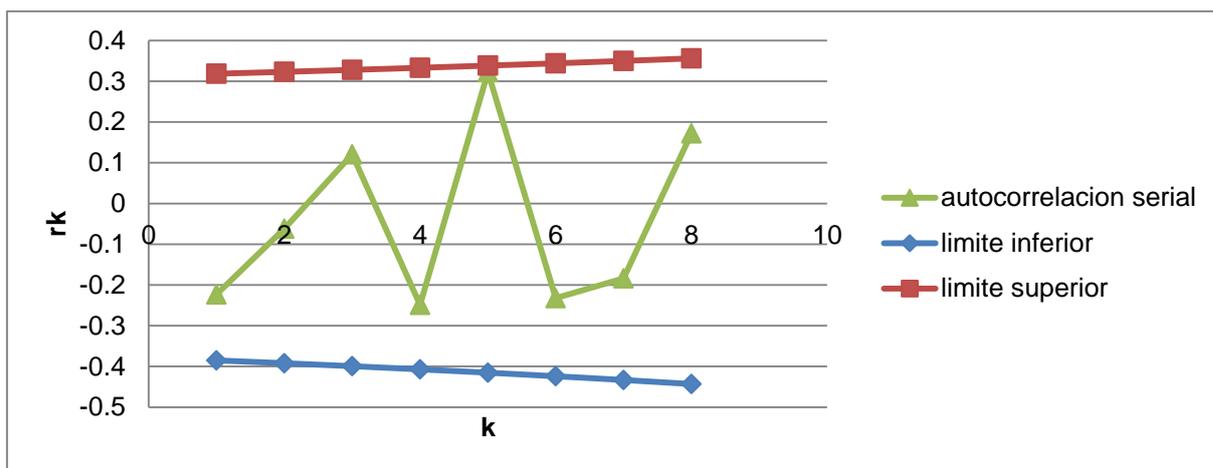


Gráfico 27. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.3.2. Marcabelí Aj Puyango H0590

Tabla 114. Correlograma de la muestra.

m	Q (m³/s)	X-X	(X-X)²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	
1	4.3	-59	3484	2758	3637	-6438	-6739	2173	2598	1577	-494	2221	-3959	
2	16.6	-47	2183	2879	-5096	-5335	1720	2057	1249	-391	1758	-3134	81	
3	1.7	-62	3797	-6722	-7036	2269	2713	1647	-516	2318	-4133	106	-960	
4	172.4	109	11898	12454	-4017	-4802	-2915	914	-4104	7317	-188	1699		
5	177.5	114	13036	-4204	-5026	-3051	956	-4296	7659	-197	1779			
6	26.5	-37	1356	1621	984	-308	1385	-2470	63	-574				
7	19.3	-44	1938	1176	-369	1656	-2953	76	-686					
8	36.6	-27	714	-224	1005	-1793	46	-416						
9	71.7	8	70	-315	562	-14	130							
10	25.7	-38	1415	-2524	65	-586								
11	130.4	67	4499	-116	1045									
12	61.6	-2	3	-27										
13	78.9	16	243											
Sumatoria				44637	6757	-14246	-18402	-5655	-315	6263	10051	-1279	892	-4838
				rk	0.15	-0.32	-0.41	-0.13	-0.01	0.14	0.23	-0.03	0.02	-0.11
				lim sup	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.59
				lim inf	-0.63	-0.65	-0.69	-0.73	-0.77	-0.83	-0.90	-0.98	-1.10	-1.26

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

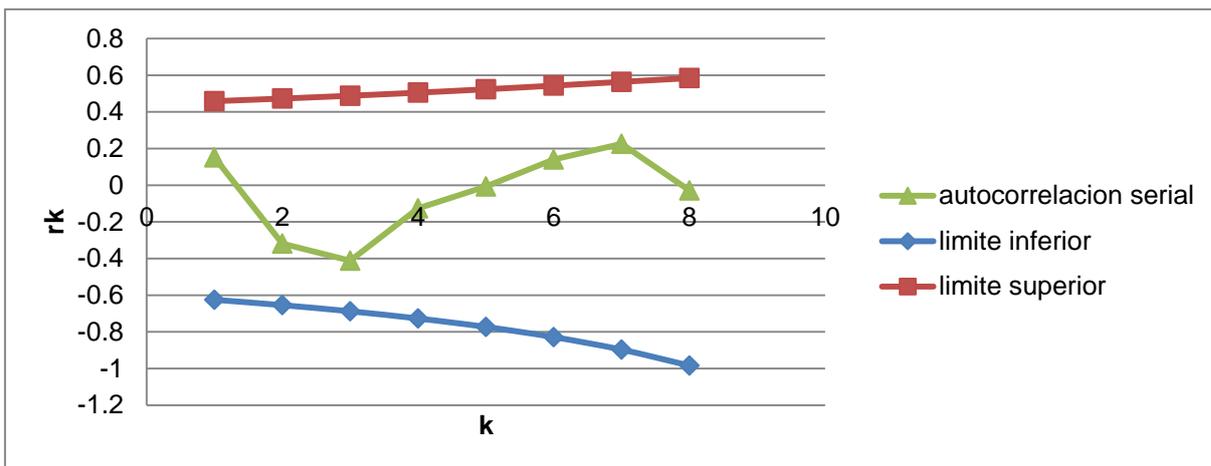


Gráfico 28. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.3.3. Moromoro en Moromoro H0592

Tabla 115. Correlograma de la muestra.

m	Q (m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7
1	12.828	-13	179	192	-71	-45	-268	265	119	-371
2	11.883	-14	205	-76	-49	-287	284	127	-397	
3	31.482	5	28	18	106	-105	-47	146		
4	29.6	3	12	68	-67	-30	94			
5	46.247	20	402	-398	-178	556				
6	6.364	-20	394	176	-550					
7	17.318	-9	79	-246						
8	53.929	28	769							
		Sumatoria	2066	-266	-809	88	63	539	-278	-371
		rk		-0.13	-0.39	0.04	0.03	0.26	-0.13	-0.18
		lim sup		0.54	0.56	0.58	0.60	0.59	0.48	-1.00
		lim inf		-0.83	-0.90	-0.98	-1.10	-1.26	-1.48	-1.00

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

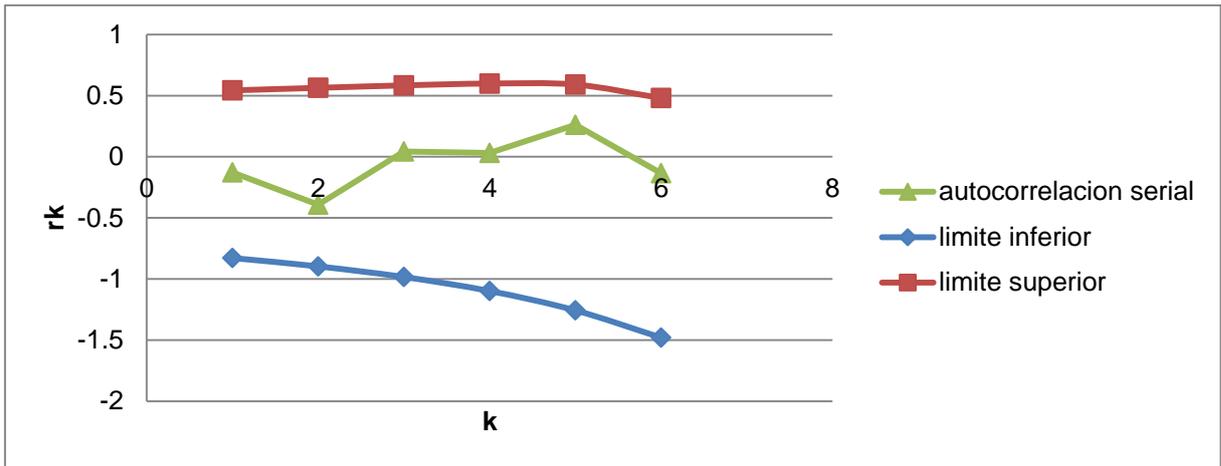


Gráfico 29. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.3.4. Pindo Aj Amarillo H0587

Tabla 116. Correlograma de la muestra.

m	Q (m ³ /s)	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	47	-87	7511	4269	-570	1089	4745	1562	-5886	2758	-3274	601	-461
2	84	-49	2427	-324	619	2697	888	-3346	1568	-1861	342	-262	-3910
3	140	7	43	-83	-360	-118	446	-209	248	-46	35	522	149
4	121	-13	158	688	226	-853	400	-475	87	-67	-997	-285	-1438
5	78	-55	2998	987	-3719	1742	-2068	380	-292	-4346	-1240	-6267	3894
6	115	-18	325	-1224	574	-681	125	-96	-1431	-408	-2063	1282	779
7	201	68	4613	-2162	2566	-471	362	5391	1538	7774	-4831	-2937	-1247
8	101	-32	1013	-1202	221	-169	-2526	-721	-3642	2264	1376	584	747
9	171	38	1427	-262	201	2998	855	4324	-2687	-1633	-693	-887	675
10	126	-7	48	-37	-551	-157	-794	493	300	127	163	-124	-299
11	138	5	28	423	121	609	-379	-230	-98	-125	95	230	-11
12	213	79	6300	1797	9085	-5646	-3432	-1457	-1864	1419	3426	-160	-3019
13	156	23	513	2592	-1611	-979	-416	-532	405	977	-46	-861	-1540
14	248	114	13101	-8141	-4949	-2101	-2688	2047	4940	-231	-4353	-7787	-7740
15	62	-71	5059	3076	1306	1671	-1272	-3070	143	2705	4839	4810	4665
16	90	-43	1870	794	1016	-773	-1866	87	1644	2942	2924	2836	1085
17	115	-18	337	431	-328	-792	37	698	1249	1241	1204	461	1587
18	110	-23	552	-420	-1014	47	893	1598	1588	1540	589	2031	-504
19	151	18	320	772	-36	-680	-1217	-1209	-1173	-449	-1546	384	1792
20	176	43	1863	-87	-1641	-2937	-2919	-2831	-1083	-3732	927	4326	-389
21	131	-2	4	77	137	136	132	51	174	-43	-202	18	-103
22	95	-38	1446	2587	2572	2494	954	3288	-817	-3811	342	-1945	-638
23	65	-68	4629	4601	4462	1707	5883	-1461	-6819	612	-3479	-1141	788
24	66	-68	4573	4435	1697	5847	-1452	-6778	609	-3458	-1134	783	-548
25	68	-66	4301	1646	5670	-1408	-6573	590	-3353	-1100	759	-532	-2449
26	108	-25	630	2170	-539	-2515	226	-1283	-421	291	-203	-937	-2983
27	47	-86	7476	-1857	-8666	778	-4421	-1450	1001	-701	-3229	-10280	-1408
28	155	21	461	2153	-193	1098	360	-249	174	802	2553	350	-1513
29	233	100	10045	-902	5125	1681	-1160	813	3743	11916	1632	-7060	-5720
30	124	-9	81	-460	-151	104	-73	-336	-1070	-147	634	514	322
31	184	51	2615	857	-592	415	1910	6080	832	-3602	-2918	-1829	-2689
32	150	17	281	-194	136	626	1994	273	-1181	-957	-600	-882	-37
33	122	-12	134	-94	-432	-1376	-188	816	661	414	609	26	-258
34	141	8	66	303	964	132	-571	-463	-290	-426	-18	181	1009
35	171	37	1395	4440	608	-2631	-2131	-1336	-1964	-83	833	4645	-512
36	252	119	14135	1935	-8375	-6785	-4253	-6251	-265	2651	14787	-1629	-3594
37	149	16	265	-1147	-929	-582	-856	-36	363	2025	-223	-492	127
38	63	-70	4962	4020	2520	3704	157	-1571	-8761	965	2129	-550	-792
39	76	-57	3257	2042	3001	127	-1273	-7098	782	1725	-446	-642	-6883
40	97	-36	1280	1881	80	-798	-4449	490	1081	-279	-402	-4315	
41	81	-53	2764	117	-1172	-6539	720	1589	-411	-591	-6341		
42	131	-2	5	-50	-277	31	67	-17	-25	-269			
43	155	22	497	2773	-306	-674	174	251	2689				
44	258	124	15469	-1704	-3760	972	1399	15000					
45	119	-14	188	414	-107	-154	-1653						
46	103	-30	914	-236	-340	-3646							
47	141	8	61	88	942								
48	144	11	126	1356									
49	254	121	14546										
	Sumatoria		147111	33137	3230	-12761	-25904	3316	-17711	16784	1960	-27221	-33066
			rk	0.23	0.02	-0.09	-0.18	0.02	-0.12	0.11	0.01	-0.19	-0.22
			lim sup	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28
			lim inf	-0.30	-0.30	-0.31	-0.31	-0.31	-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

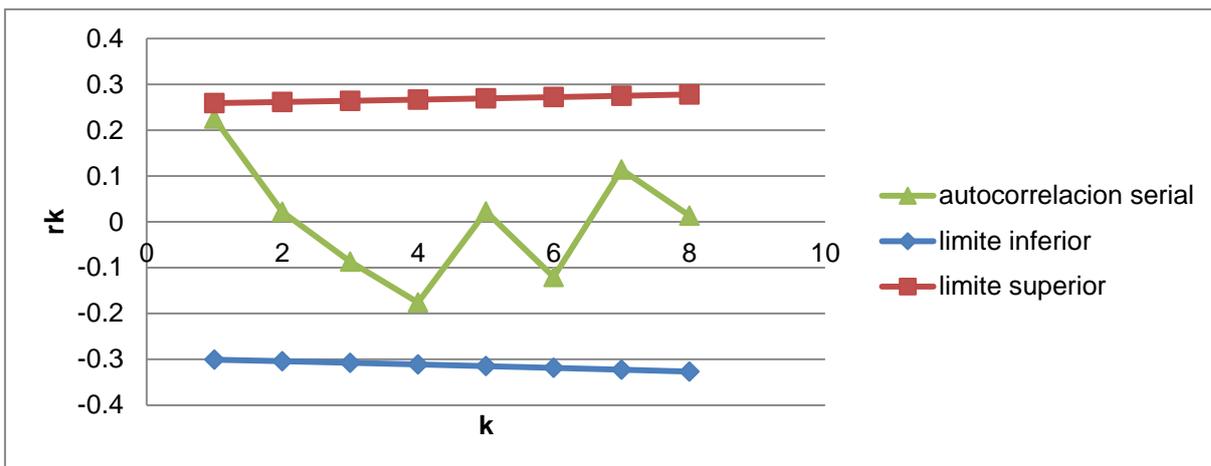


Gráfico 30. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.3.5. Puyango Aj Marcabelí H0589

Tabla 117. Correlograma de la muestra.

m	Q m ³ /s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	363	-58	3382	1157	-1013	-8424	-5549	-693	14234	-2362	3297	-6072	-7854
2	401	-20	396	-346	-2882	-1899	-237	4870	-808	1128	-2078	-2687	4088
3	438	17	303	2522	1661	207	-4261	707	-987	1818	2351	-3577	-4282
4	566	145	20980	13819	1725	-35448	5882	-8211	15123	19559	-29759	-35623	-4431
5	516	95	9103	1136	-23350	3875	-5409	9961	12884	-19602	-23465	-2919	16228
6	433	12	142	-2915	484	-675	1243	1608	-2447	-2929	-364	2026	10
7	176	-245	59895	-9939	13874	-25552	-33048	50282	60191	7486	-41626	-201	-10330
8	461	41	1649	-2302	4240	5484	-8343	-9988	-1242	6907	33	1714	904
9	364	-57	3214	-5919	-7655	11647	13942	1734	-9642	-46	-2393	-1262	-4335
10	525	104	10901	14099	-21451	-25678	-3194	17758	86	4407	2325	7983	
11	556	135	18235	-27744	-33211	-4131	22968	111	5700	3007	10325		
12	215	-205	42211	50530	6285	-34944	-168	-8672	-4574	-15709			
13	175	-246	60487	7523	-41831	-202	-10381	-5476	-18805				
14	390	-31	936	-5203	-25	-1291	-681	-2339					
15	591	170	28929	139	7179	3787	13005						
16	422	1	1	35	18	63							
17	463	42	1782	940	3227								
18	443	22	496	1702									
19	497	76	5846										
	Sumatoria		268888	39235	-92725	-113181	-14231	51653	69710	3663	-81353	-40618	-10001
		rk		0.15	-0.34	-0.42	-0.05	0.19	0.26	0.01	-0.30	-0.15	-0.04
		lim sup		0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.46	0.47	0.49	0.50
		lim inf		-0.50	-0.52	-0.54	-0.56	-0.58	-0.60	-0.63	-0.65	-0.69	-0.73

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

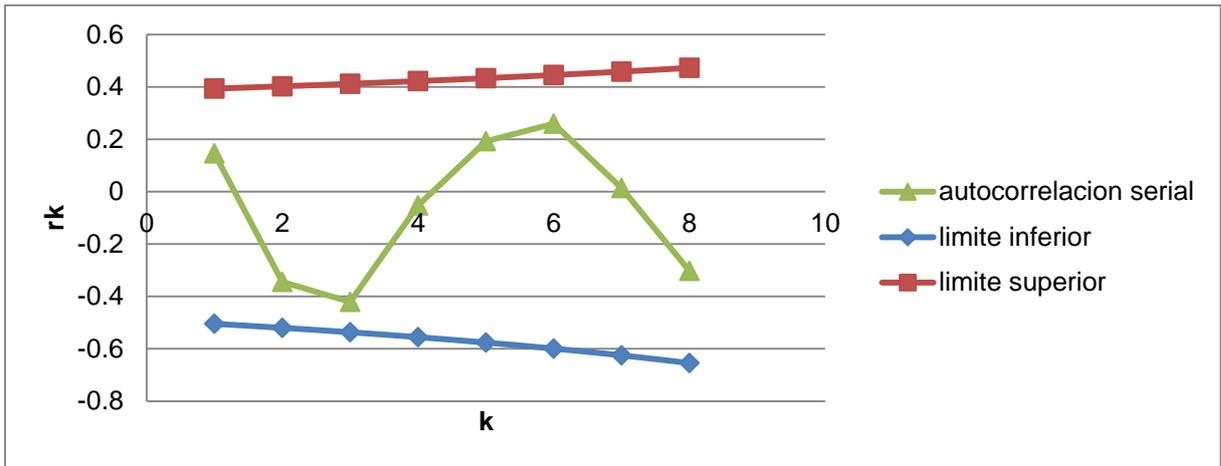


Gráfico 31. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.3.6. Puyango en Cpto Militar H0591

Tabla 118. Correlograma de la muestra.

m	Q m3/s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	483	-107	11486	33149	7754	35278	9978	32891	-1899	-25323	-14403	15525	-17663
2	281	-309	95665	22376	101809	28795	94920	-5481	-73079	-41566	44804	-50973	-122909
3	518	-72	5234	23813	6735	22202	-1282	-17093	-9722	10480	-11923	-28749	16830
4	261	-329	108349	30644	101017	-5833	-77773	-44236	47682	-54247	-130804	76575	42397
5	497	-93	8667	28570	-1650	-21997	-12511	13486	-15343	-36995	21658	11991	15996
6	283	-307	94180	-5438	-72510	-41242	44456	-50576	-121951	71393	39528	52730	53386
7	608	18	314	4187	2381	-2567	2920	7042	-4122	-2283	-3045	-3083	5007
8	827	236	55826	31753	-34227	38939	93891	-54966	-30433	-40597	-41102	66756	17733
9	725	134	18060	-19467	22148	53404	-31263	-17310	-23091	-23378	37970	10086	39872
10	445	-145	20984	-23873	-57564	33699	18658	24890	25200	-40928	-10872	-42978	-39009
11	755	165	27160	65489	-38339	-21227	-28316	-28669	46562	12369	48895	44380	-17394
12	988	397	157912	-92444	-51184	-68278	-69128	112274	29824	117899	107011	-41942	-75885
13	358	-233	54119	29964	39971	40469	-65727	-17459	-69020	-62646	24553	44424	27916
14	462	-129	16590	22131	22407	-36391	-9667	-38214	-34686	13595	24597	15457	23373
15	419	-172	29522	29890	-48545	-12895	-50977	-46270	18135	32811	20619	31180	-26495
16	416	-174	30262	-49150	-13056	-51612	-46846	18361	33220	20875	31568	-26825	58269
17	873	283	79827	21205	83825	76085	-29820	-53954	-33905	-51271	43567	-94638	-55528
18	665	75	5633	22267	20211	-7921	-14332	-9006	-13619	11573	-25139	-14750	-16564
19	887	297	88024	79896	-31314	-56656	-35603	-53839	45749	-99378	-58309	-65479	186574
20	860	269	72518	-28422	-51425	-32315	-48867	41525	-90202	-52925	-59432	169346	-7275
21	485	-106	11140	20155	12666	19153	-16275	35353	20743	23294	-66373	2851	51157
22	399	-191	36467	22916	34653	-29446	63964	37531	42145	-120087	5159	92557	-189178
23	470	-120	14400	21776	-18504	40195	23584	26484	-75463	3242	58163	-118880	-24907
24	409	-181	32930	-27982	60784	35664	40049	-114116	4902	87955	-179770	-37664	-61207
25	745	154	23778	-51651	-30306	-34032	96969	-4166	-74739	152759	32005	52011	32587
26	255	-335	112197	65831	73925	-210640	9049	162351	-331828	-69522	-112979	-70787	-85074
27	394	-197	38626	43375	-123591	5309	95258	-194697	-40792	-66290	-41534	-49916	2086
28	370	-221	48708	-138787	5962	106970	-218636	-45807	-74440	-46641	-56054	2343	-11244
29	1219	629	395459	-16988	-304799	622978	130522	212108	132897	159718	-6676	32039	-177928
30	563	-27	730	13093	-26762	-5607	-9112	-5709	-6861	287	-1376	7643	5751
31	106	-485	234924	-480160	-100600	-163482	-102430	-123103	5145	-24694	137138	103178	78909

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 118.

m	Q m3/s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
32	1581	991	981397	205615	334141	209357	251609	-10517	50472	-280296	-210885	-161283	29294
33	798	208	43079	70007	43863	52715	-2203	10574	-58726	-44183	-33791	6137	-3836
34	928	337	113767	71281	85667	-3581	17184	-95434	-71801	-54913	9974	-6234	92301
35	802	211	44661	53675	-2244	10767	-59794	-44987	-34406	6249	-3906	57832	-1576
36	844	254	64507	-2696	12940	-71862	-54066	-41349	7510	-4694	69503	-1894	-25865
37	580	-11	113	-541	3004	2260	1728	-314	196	-2905	79	1081	856
38	641	51	2596	-14415	-10845	-8295	1507	-942	13942	-380	-5188	-4108	-2652
39	307	-283	80055	60231	46064	-8367	5229	-77427	2110	28814	22813	14726	42606
40	377	-213	45315	34657	-6295	3934	-58254	1587	21679	17163	11079	32055	
41	428	-163	26505	-4814	3009	-44552	1214	16580	13126	8473	24516		
42	620	30	874	-546	8092	-220	-3011	-2384	-1539	-4453			
43	572	-18	342	-5057	138	1882	1490	962	2783				
44	864	274	74886	-2040	-27869	-22064	-14243	-41207					
45	583	-7	56	759	601	388	1123						
46	489	-102	10371	8211	5300	15335							
47	510	-81	6501	4196	12141								
48	538	-52	2709	7837									
49	440	-151	22675										
	Sumatoria		3450097	184475	99579	494696	-54836	-485234	-727642	-471646	-258362	122722	-139286
	rk			0.05	0.03	0.14	-0.02	-0.14	-0.21	-0.14	-0.07	0.04	-0.04
	lim sup			0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28
	lim inf			-0.30	-0.30	-0.31	-0.31	-0.31	-0.32	-0.32	-0.33	-0.33	-0.34

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

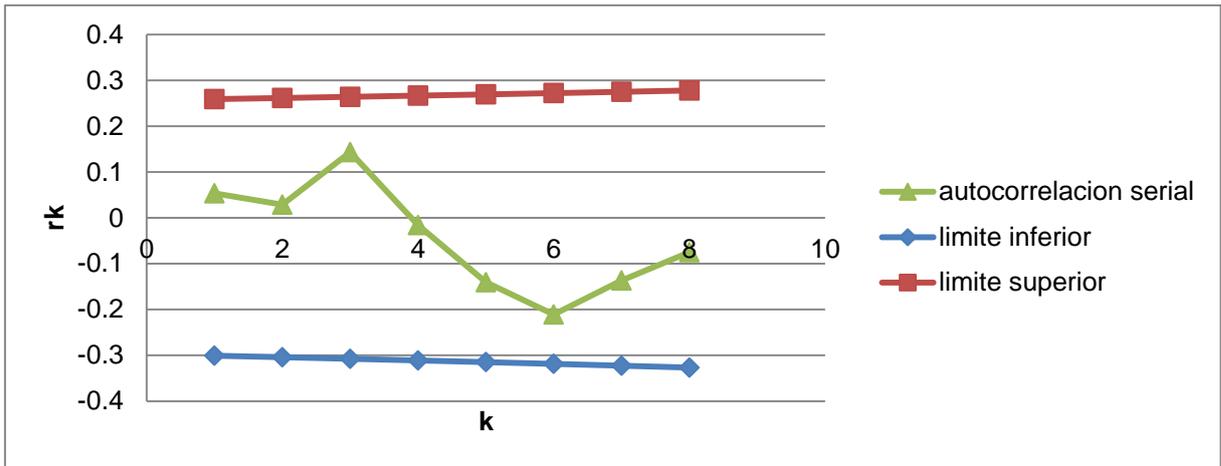


Gráfico 32. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.4. Análisis de Independencia de eventos-Cuenca Santiago

4.4.1. Yacuambi Aj Zamora H0887

Tabla 119. Correlograma de la muestra.

m	Q m ³ /s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	811	-79	6295	-6356	-10790	-20617	20320	-13190	18068	27458	25891	-8434	-499
2	971	80	6417	10894	20815	-20516	13317	-18242	-27722	-26140	8515	503	21042
3	1027	136	18494	35336	-34828	22607	-30968	-47061	-44376	14455	855	35722	-36608
4	1150	260	67516	-66546	43195	-59170	-89920	-84790	27619	1633	68253	-69947	-5953
5	634	-256	65590	-42574	58320	88628	83571	-27222	-1610	-67272	68941	5867	-30977
6	1057	166	27635	-37855	-57528	-54246	17670	1045	43666	-44750	-3808	20107	-49697
7	663	-228	51855	78804	74308	-24204	-1431	-59816	61300	5217	-27543	68077	-25178
8	544	-346	119757	112925	-36783	-2175	-90901	93156	7928	-41857	103456	-38262	-13641
9	564	-326	106482	-34685	-2051	-85715	87842	7476	-39469	97553	-36079	-12863	-69155
10	997	106	11298	668	27920	-28613	-2435	12856	-31776	11752	41901	22526	-74534
11	897	6	40	1651	-1692	-144	760	-1879	695	2478	1332	-4407	-4116
12	1153	263	68998	-70710	-6018	31771	-78527	29043	103548	55668	-18419	-17202	-30831
13	621	-269	72464	6167	-32560	80476	-29763	-10611	-57049	188763	176295	31596	-17889
14	868	-23	525	-2771	6849	-2533	-9031	-4855	16065	15004	2689	-15225	-3765
15	1011	121	14630	-36159	13373	47681	25633	-84815	-79213	-14197	80383	19877	23912
16	592	-299	89373	-33054	-11784	-63356	209633	195785	35089	-19867	-49130	-59101	-48044
17	1001	111	12225	43586	23432	-77531	-72410	-12977	73479	18170	21858	17769	25390
18	1285	394	155399	83542	-27642	-25816	-46270	261982	64784	77932	63352	90526	11061
19	1102	212	44912	-14860	13879	-24874	140841	34828	41896	34058	48667	5946	
20	189	-701	491713	459233	82305	-46601	-11523	-13862	-11269	-16102	-19675		
21	236	-655	428899	76869	-43523	10762	12947	10524	15039	-18375			
22	773	-117	13777	-78004	-19289	-23204	-18863	-26954	-3293				
23	1555	665	441666	109217	131383	106803	152614	18647					
24	1055	164	27008	32489	26411	37739	4611						
25	1088	198	39083	31771	45399	5547							
26	1051	161	25827	36905	4509								
27	1120	230	52735	6443									
28	919	28	787										
	Sumatoria		2461399	569179	-61162	-89745	41582	-76975	-53453	-22157	391957	-17752	-61327
	rk		0.23	-0.25	-0.36	0.02	-0.03	-0.02	-0.01	0.16	-0.07	-0.25	
	lim sup		0.33	0.34	0.34	0.35	0.36	0.36	0.37	0.38	0.39	0.39	
	lim inf		-0.41	-0.42	-0.42	-0.43	-0.44	-0.45	-0.47	-0.48	-0.49	-0.50	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

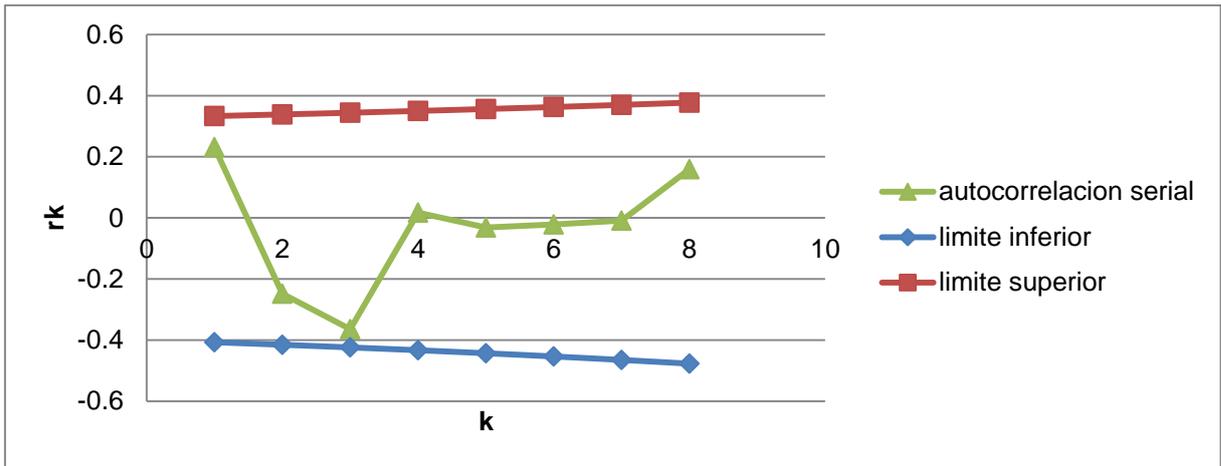


Gráfico 33. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.4.2. Zamora Dj Sabanilla H0889

Tabla 120. Correlograma de la muestra.

m	Q m3/s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
1	80	-403	162264	-66193	99388	-1509	86470	87699	53100	10097 2	37503	59871	18249
2	647	164	27002	-40543	616	-35274	-35775	-21661	-41190	-15299	-24423	-7444	36932
3	236	-247	60876	-924	52964	53716	32524	61846	22971	36671	11178	55453	16064
4	487	4	14	-804	-816	-494	-939	-349	-557	-170	-842	-244	201
5	268	-215	46080	46735	28297	53808	19985	31905	9725	48246	13977	-11505	81550
6	265	-218	47398	28699	54572	20269	32358	9863	48931	14175	-11668	-82708	33781
7	351	-132	17377	33043	12273	19592	5972	29627	8583	-7065	-50078	20454	22015
8	232	-251	62832	23337	37256	11356	56337	16321	-13434	-95226	38893	-41863	3174
9	390	-93	8668	13837	4218	20925	6062	-4990	-35369	14446	-15548	1179	14446
10	334	-149	22090	6733	33405	9677	-7966	-56464	23061	-24822	1882	23061	15019
11	438	-45	2052	10182	2950	-2428	-17210	7029	-7566	574	7029	4578	-1235
12	258	-225	50513	14634	-12046	-85383	34873	-37535	2846	34873	22711	-6127	18141
13	418	-65	4239	-3490	-24735	10103	-10874	824	10103	6579	-1775	5256	-5814
14	537	54	2872	20361	-8316	8951	-679	-8316	-5416	1461	-4326	4786	11209
15	863	380	144322	-58946	63446	-4810	-58946	-38388	10356	-30664	33924	-79449	23540 2
16	328	-155	24075	-25913	1965	24075	15679	-4230	12524	-13856	32450	-96145	54392
17	650	167	27891	-2115	-25913	-16876	4553	-13480	14913	-34927	10348 5	-58544	55213
18	470	-13	160	1965	1279	-345	1022	-1131	2648	-7846	4439	-4186	-1783
19	328	-155	24075	15679	-4230	12524	-13856	32450	-96145	54392	-51297	-21848	20153
20	382	-101	10211	-2755	8156	-9023	21132	-62614	35422	-33407	-14228	13125	6860
21	510	27	743	-2200	2434	-5701	16892	-9556	9013	3839	-3541	-1851	8915
22	402	-81	6515	-7208	16881	-50016	28296	-26685	-11366	10484	5480	-26395	12031
23	572	89	7974	-18675	55333	-31303	29522	12574	-11598	-6062	29201	-13309	-5693
24	274	-209	43737	129589	73312	-69140	-29448	27163	14197	-68388	31170	13333	26887
25	1103	620	383962	217217	20485 6	87251	-80483	-42066	20262 7	-92356	-39505	79665	90417
26	132	-351	122885	115893	-49360	45531	23798	114631	52248	22349	-45069	-51151	48024
27	814	331	109298	46551	-42941	-22443	10810 8	-49275	-21077	42504	48240	45291	28127
28	624	141	19827	-18289	-9559	46045	-20987	-8977	18103	20546	19290	11980	29725
29	353	-130	16870	8818	-42473	19359	8281	-16699	-18952	-17794	-11050	-27419	65652
30	415	-68	4609	-22199	10118	4328	-8728	-9906	-9300	-5776	-14331	-34314	
31	810	327	106932	-48739	-20848	42041	47715	44798	27821	69031	16528 8		
32	334	-149	22215	9502	-19162	-21748	-20419	-12681	-31464	-75337			

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 120.

m	Q m ³ /s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
33	419	-64	4065	-8197	-9303	-8734	-5424	-13458	32225				
34	611	129	16529	18760	17613	10938	27140	64985					
35	629	146	21292	19990	12414	30803	73755						
36	620	137	18768	11655	28920	69246							
37	568	85	7238	17960	43004								
38	694	211	44564	106704									
39	988	505	255491										
Sumatoria		1958525	1958525	-334744	595968	235310	368743	-126008	243533	-47852	318457	-226473	353514
rk				-0.17	0.30	0.12	0.19	-0.06	0.12	-0.02	0.16	-0.12	0.18
lim sup				0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32
lim inf				-0.34	-0.34	-0.35	-0.36	-0.36	-0.37	-0.37	-0.38	-0.39	-0.39

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

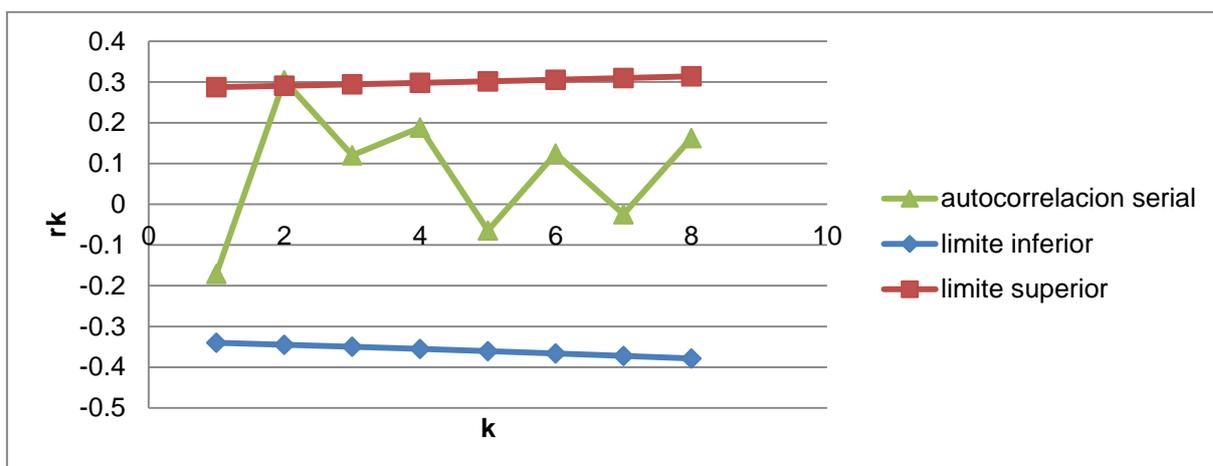


Gráfico 34. Autocorrelación serial (rk), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

4.4.3. Yacuambi en la Paz H0912

Tabla 121. Correlograma de la muestra.

m	Q m ³ /s	X-X	(X-X) ²	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	
1	703	165	27275	64855	-43837	-45762	-	49686	-7051	-70638	-19465	-13809	7333	8193
2	930	393	15421	-10423	-10881	-11814	16766	-16796	-46286	-32837	17438	19483	60076	
3	272	-265	70456	73551	79857	11332	11353	31285	22195	-11786	-13169	-	40606	-7636
4	261	-277	76782	83366	11830	11852	32660	23170	-12304	-13747	-42390	-7972	-30987	
5	237	-301	90514	12844	12868 2	35460	25156	-13359	-14926	-46025	-8655	33644	96	
6	495	-43	1823	18261	5032	3570	-1896	-2118	-6531	-1228	-4774	14	-163	
7	110	-428	18294	50413	35765	-18993	21220	-65433	-12305	-47832	136	-1628	-24223	
8	420	-118	13892	9855	-5234	-5847	18031	-3391	-13181	38	-449	66751		
9	454	-84	6992	-3713	-4148	-12792	-2406	-9351	27	-318	-47355			
10	582	44	1972	2203	6793	1277	4966	-14	169	25148				
11	587	50	2461	7590	1427	5548	-16	189	28097					
12	691	153	23403	4401	17108	-49	582	86639						
13	566	29	828	3217	-9	110	16293							
14	649	112	12506	-36	426	63333								
15	537	0	0	-1	-180									
16	541	4	14	2156										
17	1104	566	32074 0											
	Sumatoria		98681 9	22472 4	12469 4	37559	83169	- 12740 2	- 12568 3	- 148053	- 113028	- 12377 2	- 21265 6	
	rk			0.23	0.13	0.04	0.08	-0.13	-0.13	-0.15	-0.11	-0.13	-0.22	
	lim sup			0.41	0.42	0.43	0.45	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	
	lim inf			-0.54	-0.56	-0.58	-0.60	-0.63	-0.65	-0.69	-0.73	-0.77	-0.83	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

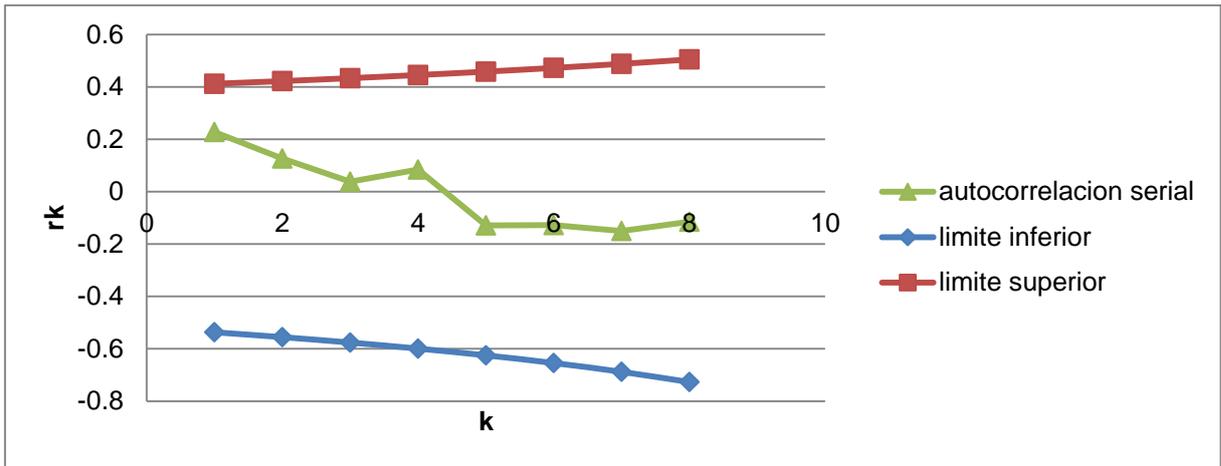


Gráfico 35. Autocorrelación serial (r_k), límite inferior y superior.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5. MÉTODO DE TRAZOS MULTIDIMENSIONALES

5.1. Tr= 5 años

Tabla 122. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	-11.65	-21.88	-12.10	-9.69	-2.87	1.43	-18.66
-3	-3.73	-15.61	-9.39	-0.06	18.04	28.09	-15.74
-2.5	16.86	-22.90	-0.64	24.32	67.30	89.46	-5.47
-2	14.77	-8.59	2.40	20.19	50.51	65.24	-0.14
-1.5	-6.02	10.36	-2.00	-7.34	-16.89	-22.87	-1.40
-1	-22.54	-9.21	-6.66	-29.81	-71.07	-92.58	-2.56
0	16.77	-4.49	14.88	15.85	16.73	18.07	21.16
1	36.44	6.15	20.65	41.69	76.49	93.97	23.77
1.5	3.92	14.22	1.95	3.95	5.40	5.47	2.78
2	-29.14	14.13	-14.79	-34.09	-67.02	-84.30	-17.20
2.5	-37.83	14.76	-19.90	-42.71	-78.76	-96.99	-25.34
3.14	-11.65	-21.88	-12.10	-9.69	-2.87	1.43	-18.66

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 122.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	-15.40	4.61	5.17	0.16	6.10	6.67	8.25
-3	-11.86	29.39	26.55	17.18	33.31	37.27	42.91
-2.5	-0.96	85.66	74.35	56.47	94.62	106.40	121.12
-2	2.01	61.24	51.98	40.99	66.94	75.56	85.99
-1.5	-2.58	-22.02	-20.30	-14.95	-24.55	-27.02	-30.38
-1	-5.64	-87.04	-75.45	-58.76	-95.09	-106.25	-120.33
0	18.18	12.85	12.19	11.56	13.74	14.61	15.73
1	23.35	84.70	72.61	60.63	91.50	102.25	114.97
1.5	3.21	5.99	4.43	4.98	6.20	7.30	8.00
2	-16.97	-75.52	-65.56	-52.71	-82.46	-92.11	-104.09
2.5	-24.78	-87.07	-74.76	-61.99	-94.84	-106.44	-120.02
3.14	-15.40	4.61	5.17	0.16	6.10	6.67	8.25

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

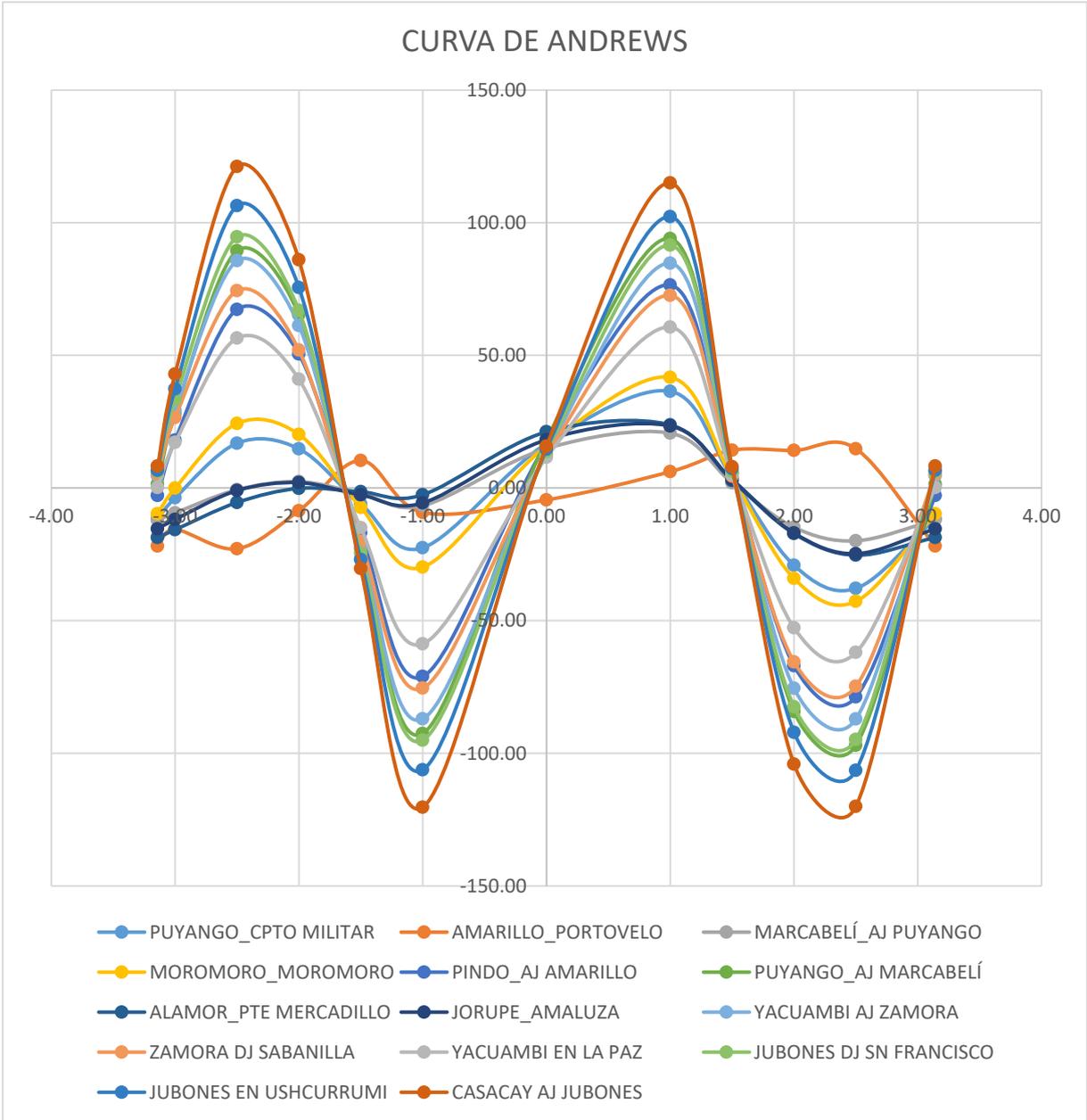


Gráfico 36. Curvas de Andrews $T_r=5$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5.2. Tr = 10años

Tabla 123. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	0.84	0.86	-0.51	1.31	5.10	7.77	-12.77
-3	-13.57	-6.96	-7.29	-15.63	-28.62	-34.59	-1.75
-2.5	-36.70	-19.38	-19.52	-41.78	-77.64	-95.93	0.62
-2	-5.51	-1.81	-8.66	-2.43	9.69	15.13	-5.56
-1.5	13.72	8.31	-1.87	21.21	61.02	80.44	-13.61
-1	-17.08	-9.81	-14.08	-17.34	-22.73	-25.74	-29.61
0	4.28	4.20	3.29	4.85	8.76	11.73	-4.75
1	17.49	10.23	15.54	17.34	19.54	20.28	7.10
1.5	-17.59	-12.08	0.17	-26.15	-73.64	-98.74	9.41
2	1.53	-2.05	5.91	-2.32	-19.58	-28.92	27.87
2.5	35.74	18.51	17.55	41.02	78.95	98.56	14.35
3.14	0.84	0.86	-0.51	1.31	5.10	7.77	-12.77

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 123.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	-0.29	6.70	6.84	4.01	8.01	8.75	10.13
-3	-8.33	-31.98	-26.58	-23.05	-34.19	-38.51	-43.23
-2.5	-23.42	-87.12	-74.94	-62.07	-94.61	-105.90	-119.18
-2	-11.86	16.62	13.50	9.07	18.28	21.00	24.49
-1.5	-3.68	77.89	66.16	51.30	85.23	96.21	109.54
-1	-16.19	-19.78	-17.17	-15.76	-20.95	-22.98	-25.46
0	3.07	10.76	10.52	7.71	11.83	12.53	13.85
1	17.57	15.19	12.52	13.47	15.29	16.73	18.07
1.5	2.17	-94.21	-82.26	-61.81	-103.85	-116.22	-132.19
2	9.48	-29.16	-25.69	-17.58	-32.21	-35.82	-41.02
2.5	21.88	89.06	77.21	62.72	97.45	109.19	123.29
3.14	-0.29	6.70	6.84	4.01	8.01	8.75	10.13

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

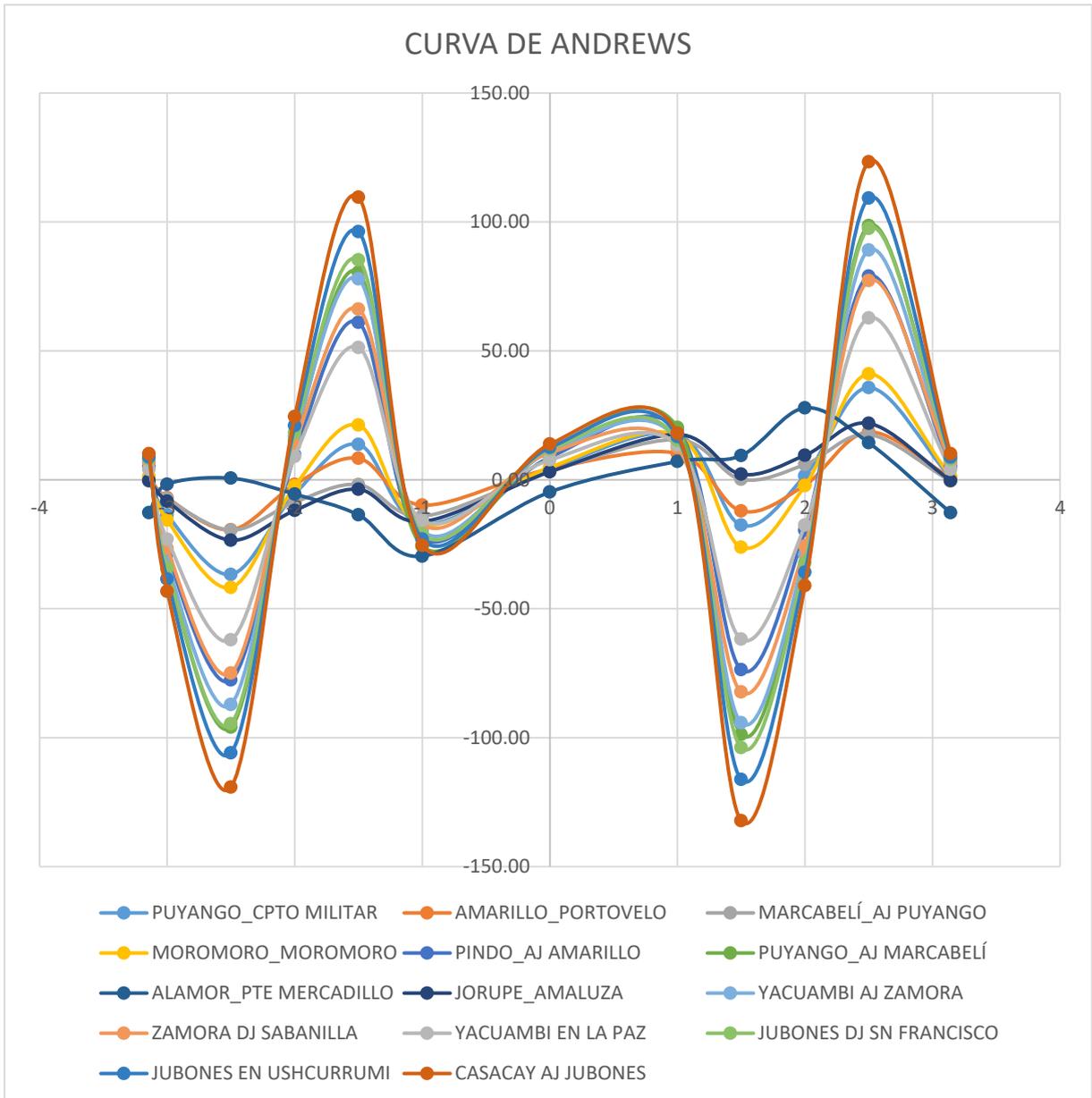


Gráfico 37. Curvas de Andrews $Tr= 10$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5.3. Tr = 20 años

Tabla 124. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	10.16	4.51	9.01	8.79	6.32	5.10	13.89
-3	-92.68	-28.42	-6.75	-201.28	-853.82	-1109.33	-10.94
-2.5	-224.01	-70.63	-26.79	-469.34	-1951.36	-2531.26	-42.69
-2	79.79	26.60	20.15	151.40	589.89	761.41	30.72
-1.5	253.22	81.90	46.34	506.63	2046.50	2648.82	72.17
-1	-27.06	-7.97	2.47	-64.64	-289.18	-377.34	3.89
0	12.36	8.29	12.59	11.67	10.10	9.14	16.65
1	47.34	18.48	17.50	83.26	304.02	390.26	24.77
1.5	-235.36	-74.92	-29.50	-490.74	-2034.91	-2639.22	-46.18
2	-62.19	-20.43	-4.21	-136.11	-579.28	-752.95	-5.27
2.5	243.03	78.22	43.72	485.78	1962.92	2540.49	69.31
3.14	10.16	4.51	9.01	8.79	6.32	5.10	13.89

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 124.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	12.59	3.31	4.92	4.67	3.70	3.81	3.55
-3	-12.62	-617.52	-582.60	-408.52	-1386.20	-1489.08	-1620.69
-2.5	-45.16	-1409.89	-1333.64	-936.07	-3160.19	-3394.45	-3693.66
-2	28.82	424.07	399.82	284.22	945.08	1015.09	1103.99
-1.5	70.48	1474.75	1393.27	983.11	3298.29	3542.74	3854.23
-1	1.08	-211.92	-201.66	-139.68	-475.67	-510.83	-555.91
0	14.21	5.47	6.36	6.47	5.22	5.13	4.91
1	22.26	217.69	204.78	147.44	480.43	515.78	560.61
1.5	-49.65	-1471.70	-1394.46	-977.97	-3296.26	-3540.32	-3851.99
2	-7.75	-421.08	-399.59	-278.92	-942.61	-1012.19	-1101.34
2.5	68.47	1414.82	1339.24	943.56	3165.38	3399.95	3698.76
3.14	12.59	3.31	4.92	4.67	3.70	3.81	3.55

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

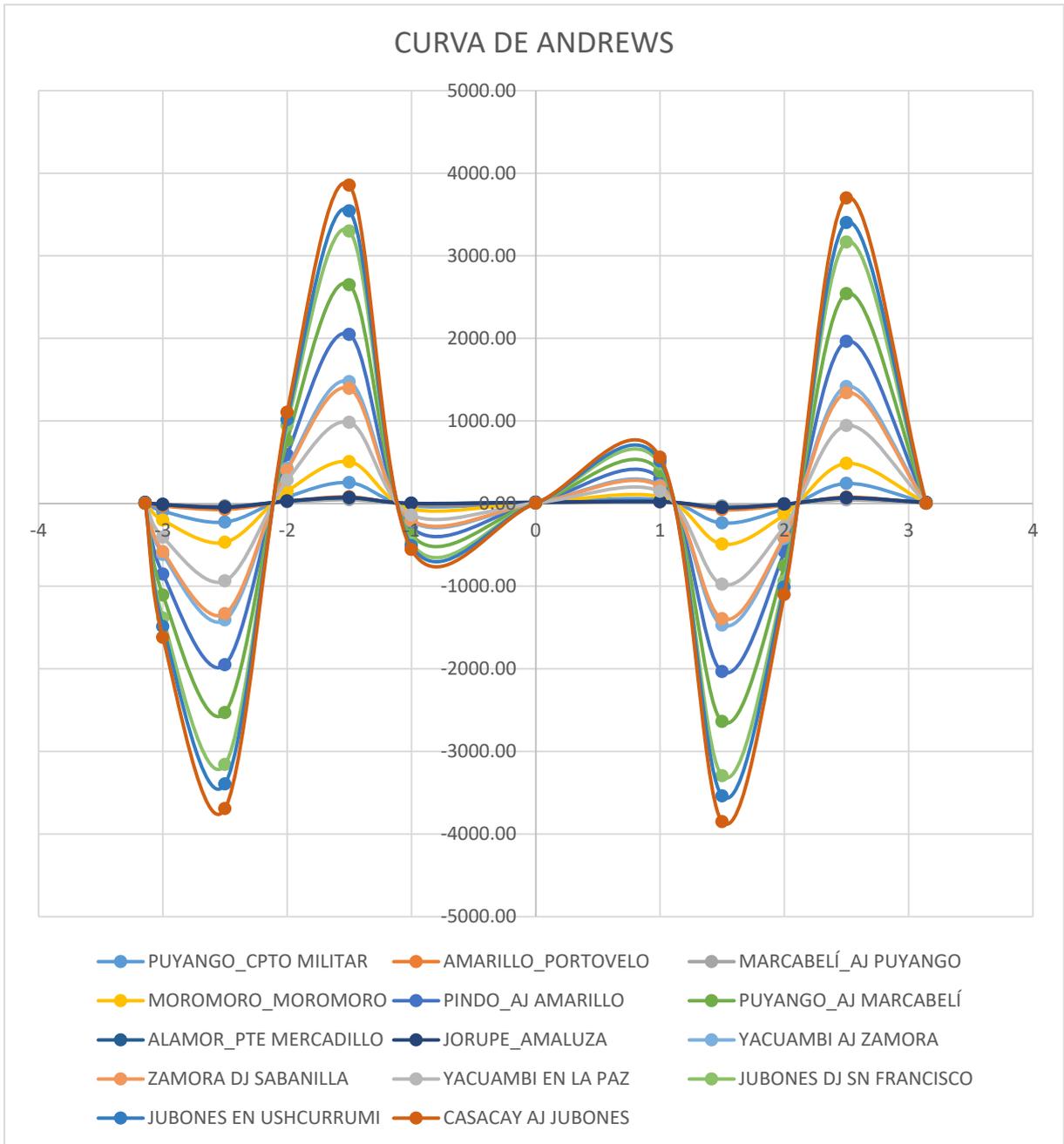


Gráfico 38. Curvas de Andrews $T_r= 20$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5.4. Tr =50 años

Tabla 125. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	11.43	6.18	11.16	10.48	8.46	7.60	15.36
-3	-91.69	-27.03	-5.03	-199.94	-852.10	-1107.34	-9.77
-2.5	-224.20	-70.42	-26.92	-469.50	-1951.41	-2531.40	-42.79
-2	78.69	25.65	18.50	150.04	588.33	759.50	29.58
-1.5	251.97	80.15	44.18	504.95	2044.33	2646.31	70.70
-1	-27.86	-10.02	0.69	-65.91	-291.11	-379.41	2.72
0	12.11	6.90	11.72	11.12	9.06	8.12	16.10
1	46.89	18.76	17.10	82.84	303.77	389.81	24.46
1.5	-235.23	-73.66	-28.82	-490.35	-2034.05	-2638.43	-45.76
2	-61.13	-18.39	-2.14	-134.57	-577.11	-750.54	-3.89
2.5	244.73	80.53	46.63	488.05	1965.82	2543.87	71.29
3.14	11.43	6.18	11.16	10.48	8.46	7.60	15.36

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 125.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	13.19	4.70	4.03	5.59	4.34	4.42	4.21
-3	-12.13	-616.44	-583.13	-407.80	-1385.68	-1488.60	-1620.18
-2.5	-45.17	-1410.09	-1332.66	-936.15	-3160.20	-3394.53	-3693.76
-2	28.39	422.88	401.47	283.48	944.62	1014.57	1103.42
-1.5	69.88	1473.39	1393.93	982.19	3297.64	3542.14	3853.58
-1	0.54	-212.81	-202.91	-140.37	-476.27	-511.24	-556.32
0	13.91	5.18	4.61	6.17	4.88	4.98	4.79
1	22.20	217.21	206.66	147.21	480.38	515.59	560.37
1.5	-49.41	-1471.55	-1392.57	-977.75	-3295.98	-3540.23	-3851.93
2	-7.14	-419.91	-399.16	-278.08	-941.94	-1011.66	-1100.80
2.5	69.29	1416.68	1338.20	944.80	3166.25	3400.77	3699.64
3.14	13.19	4.70	4.03	5.59	4.34	4.42	4.21

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

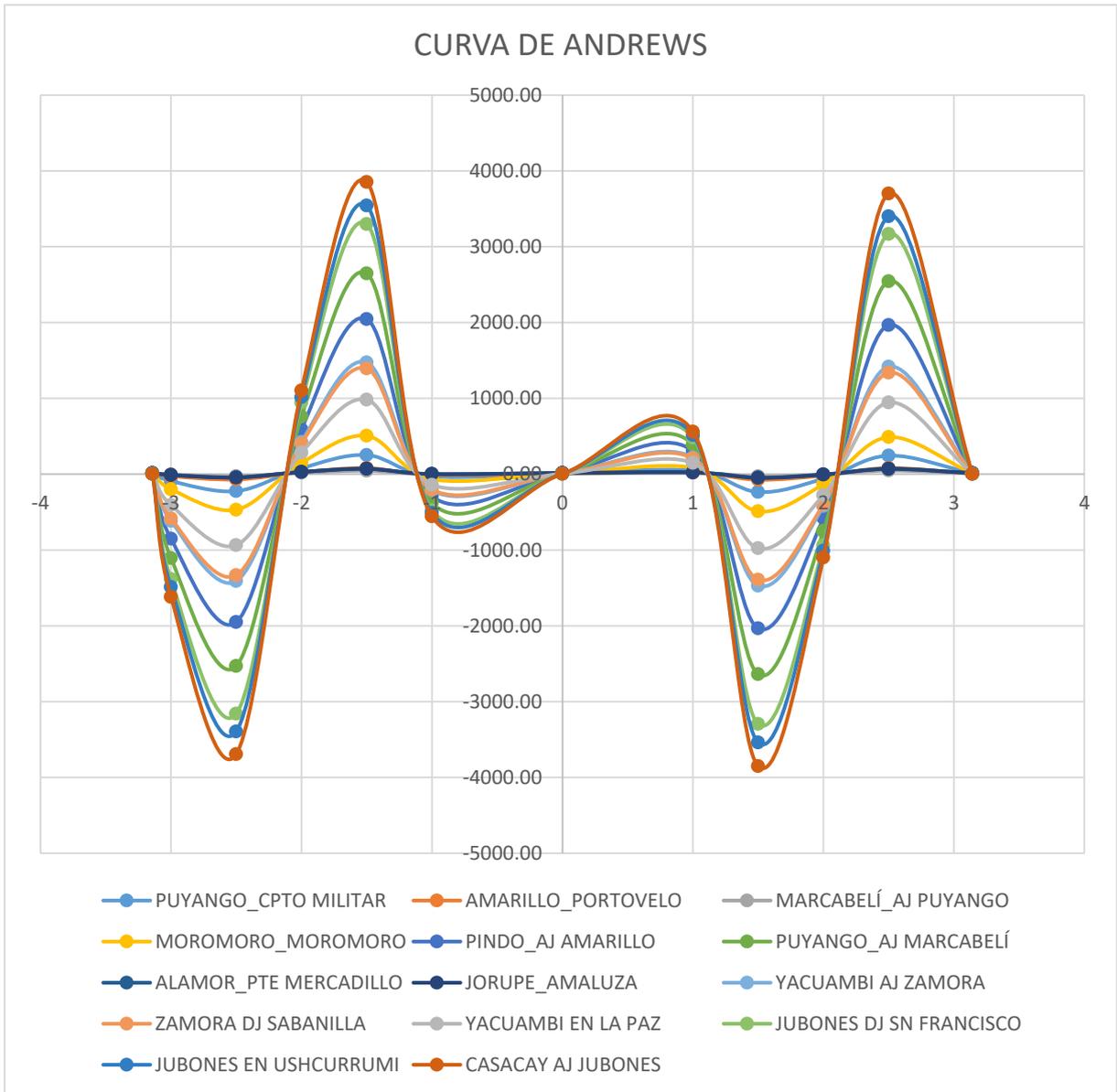


Gráfico 39. Curvas de Andrews $T_r = 50$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5.5. Tr = 100 años

Tabla 126. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	1.89	2.09	1.20	2.67	6.78	9.76	0.78
-3	-103.34	-32.17	-16.88	-209.63	-855.36	-1106.64	-27.16
-2.5	-242.68	-78.83	-44.12	-485.54	-1962.07	-2539.20	-68.62
-2	56.09	15.80	-1.10	129.99	571.20	743.21	-0.90
-1.5	229.22	71.27	25.15	484.75	2026.22	2628.27	39.94
-1	-47.15	-16.32	-15.71	-82.63	-303.97	-390.90	-24.51
0	4.31	5.15	3.72	5.07	9.34	12.24	3.16
1	48.08	18.74	18.61	83.59	302.43	387.13	26.93
1.5	-232.08	-72.89	-24.79	-488.19	-2036.67	-2644.18	-39.78
2	-58.57	-17.38	1.02	-132.68	-578.37	-753.89	0.57
2.5	243.61	80.34	45.31	487.27	1966.51	2545.50	69.22
3.14	1.89	2.09	1.20	2.67	6.78	9.76	0.78

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 126.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	0.18	7.84	5.82	4.75	8.51	9.25	10.67
-3	-27.69	-614.32	-582.78	-409.81	-1382.66	-1484.95	-1614.90
-2.5	-68.25	-1414.39	-1339.47	-943.54	-3164.60	-3398.85	-3697.23
-2	1.54	412.24	389.26	271.77	932.82	1002.02	1090.46
-1.5	43.42	1462.00	1383.22	970.51	3285.00	3528.33	3838.82
-1	-22.29	-218.44	-205.83	-147.58	-482.11	-517.92	-563.30
0	3.24	10.80	12.14	7.83	12.03	12.57	13.85
1	24.14	214.44	203.21	145.81	476.98	511.96	556.18
1.5	-44.31	-1477.22	-1398.53	-980.21	-3302.94	-3547.83	-3860.96
2	-3.15	-423.14	-401.95	-279.17	-945.93	-1016.11	-1106.22
2.5	67.59	1418.40	1340.23	945.55	3168.37	3403.05	3702.33
3.14	0.18	7.84	5.82	4.75	8.51	9.25	10.67

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

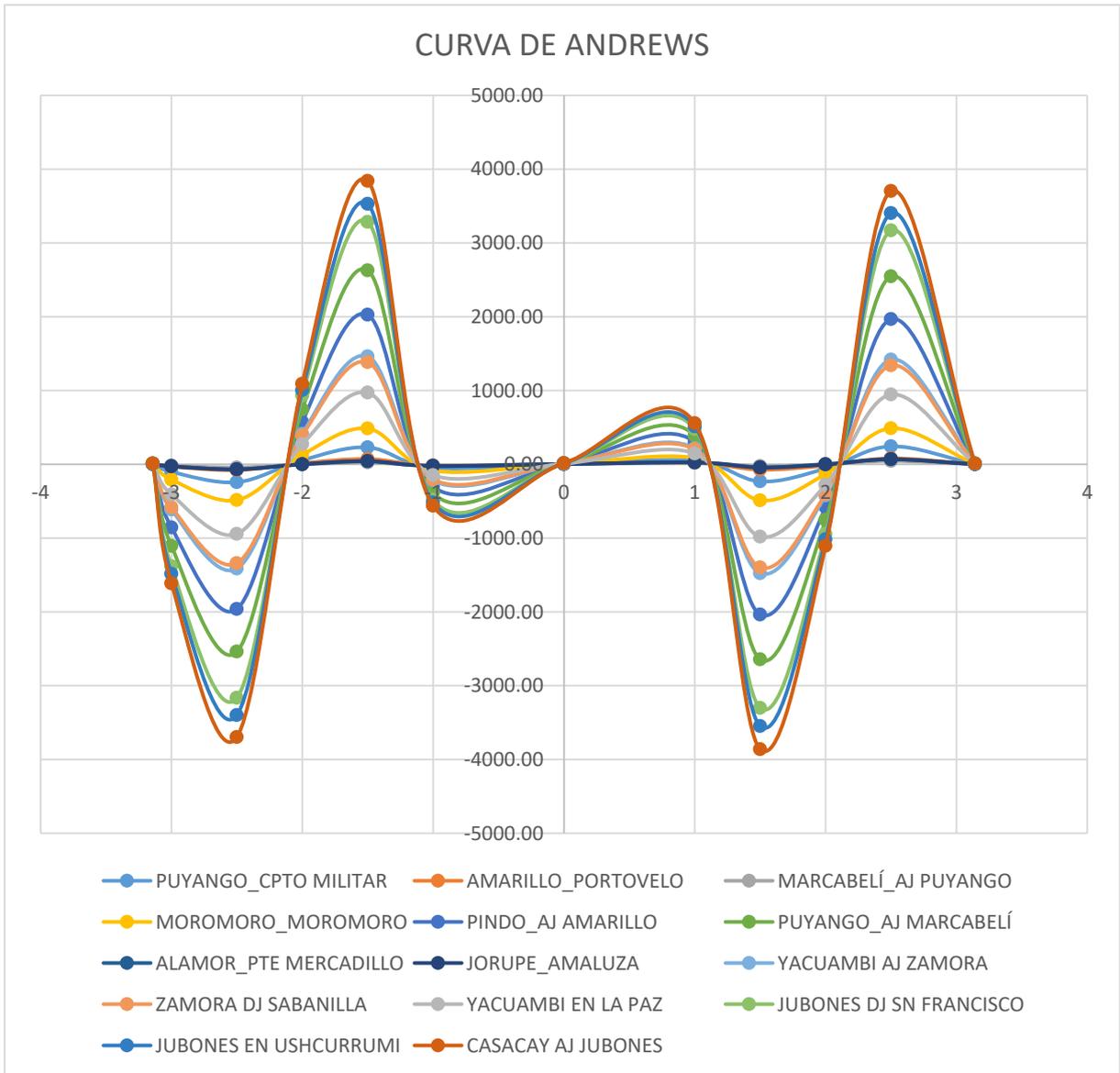


Gráfico 40. Curvas de Andrews $Tr= 100$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5.6. Tr = 500 años

Tabla 127. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	250.07	80.63	39.36	510.55	2088.24	2705.54	60.94
-3	237.04	74.94	36.98	486.82	1999.44	2590.81	58.84
-2.5	56.56	12.78	5.85	129.93	571.97	744.09	15.07
-2	-191.20	-68.65	-40.86	-360.19	-1390.94	-1793.01	-55.23
-1.5	-289.80	-101.85	-67.33	-544.49	-2100.29	-2706.49	-95.42
-1	-152.28	-58.76	-51.32	-257.44	-910.24	-1164.62	-70.84
0	252.49	83.69	41.88	512.95	2090.80	2708.02	63.32
1	-53.35	-4.18	22.46	-164.31	-823.68	-1082.82	23.19
1.5	-204.46	-55.28	-7.87	-464.54	-2031.42	-2647.03	-23.53
2	-135.73	-35.61	-9.10	-306.44	-1337.30	-1741.83	-23.75
2.5	85.17	33.29	16.99	159.93	613.33	791.59	19.67
3.14	250.07	80.63	39.36	510.55	2088.24	2705.54	60.94

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 127.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	60.53	1506.91	1423.82	1002.74	3372.40	3622.31	3941.13
-3	56.73	1439.00	1358.77	956.85	3230.62	3470.24	3775.67
-2.5	7.81	399.80	373.63	262.23	931.61	1001.65	1090.29
-2	-64.04	-1015.28	-965.26	-683.62	-2228.63	-2392.19	-2600.84
-1.5	-101.93	-1522.81	-1444.35	-1024.86	-3361.92	-3609.27	-3924.07
-1	-73.62	-663.62	-630.10	-453.16	-1434.02	-1538.84	-1672.00
0	63.59	1509.87	1430.14	1005.82	3375.92	3625.63	3944.31
1	23.62	-588.04	-552.71	-379.23	-1370.84	-1474.25	-1606.42
1.5	-20.73	-1460.54	-1378.58	-960.84	-3316.47	-3564.04	-3880.31
2	-18.36	-955.33	-901.16	-628.44	-2182.05	-2345.22	-2553.16
2.5	24.95	454.67	431.59	305.97	980.58	1052.33	1144.65
3.14	60.53	1506.91	1423.82	1002.74	3372.40	3622.31	3941.13

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

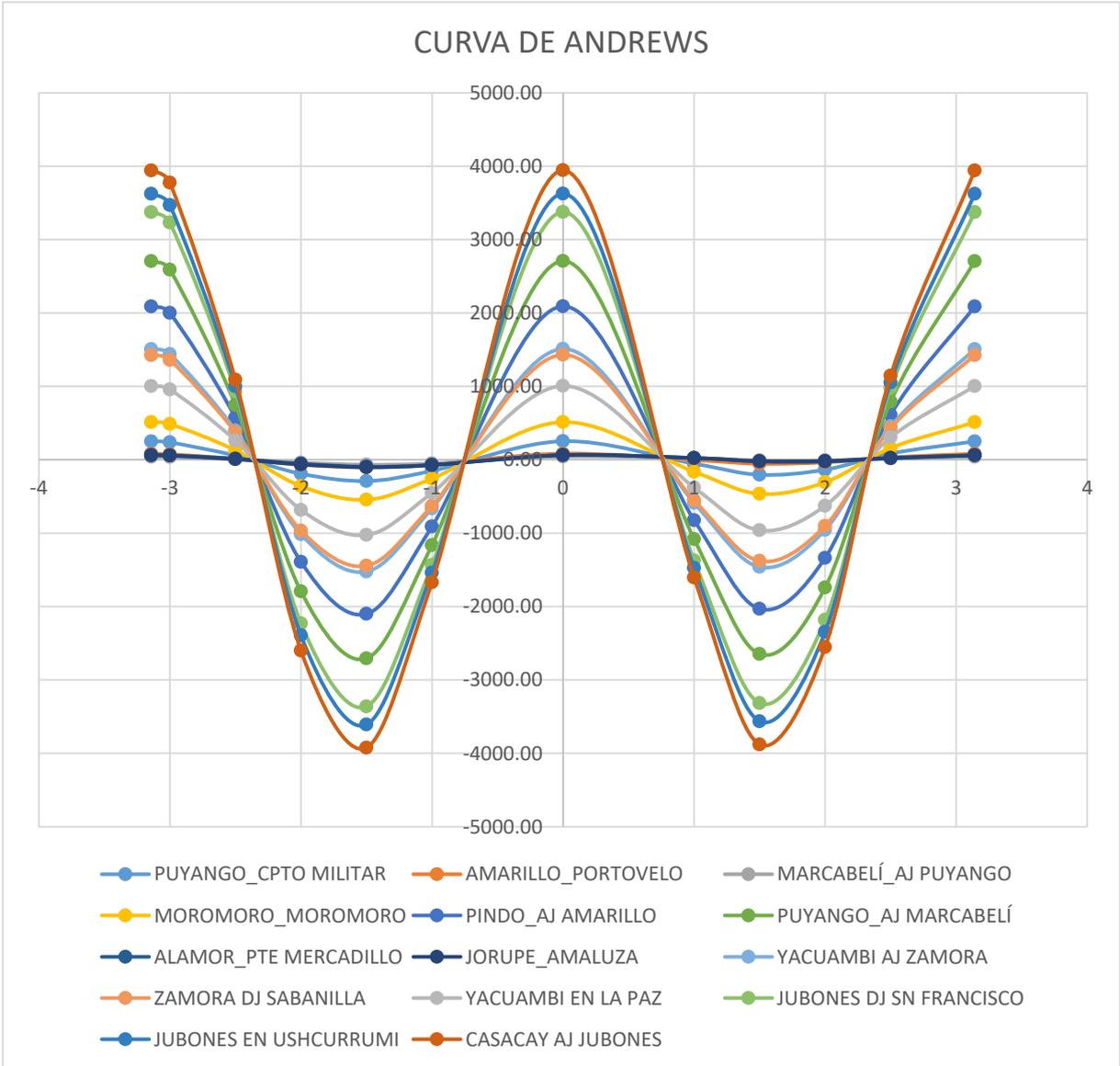


Gráfico 41. Curvas de Andrews $T_r = 500$ años.
Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.
Elaboración: Propia.

5.7. Tr= 1000 años

Tabla 128. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	13.78	6.70	13.50	12.59	9.86	8.51	19.70
-3	-1334.36	-399.35	-813.85	-1309.48	-801.08	-375.41	-1173.03
-2.5	-2994.36	-902.24	-1873.15	-2850.72	-1178.40	-7.10	-2696.99
-2	1098.43	323.07	560.54	1330.21	2479.97	2777.28	819.11
-1.5	3256.55	966.51	1931.00	3334.91	2950.72	2263.75	2794.96
-1	-751.81	-240.39	-349.39	-1002.03	-2409.68	-2881.68	-503.39
0	16.20	9.76	16.02	14.99	12.42	10.99	22.08
1	742.85	238.98	342.05	994.73	2405.58	2878.95	490.06
1.5	-3282.96	-977.27	-1955.00	-3357.99	-2967.27	-2277.19	-2832.26
2	-1116.45	-330.68	-576.69	-1345.87	-2491.18	-2786.33	-844.18
2.5	3002.04	906.37	1881.31	2858.08	1184.58	12.69	2708.33
3.14	13.78	6.70	13.50	12.59	9.86	8.51	19.70

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 128.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	15.83	3.40	0.86	4.80	2.60	2.78	2.63
-3	-1391.56	-983.44	-671.75	-1135.81	-320.05	-250.14	-151.82
-2.5	-3188.58	-1768.92	-1082.28	-2280.63	346.90	586.23	913.09
-2	961.81	2053.80	1761.67	1682.14	3376.31	3564.78	3799.22
-1.5	3300.62	3071.65	2282.20	3174.56	2479.36	2443.31	2375.48
-1	-580.94	-1884.10	-1695.43	-1429.24	-3526.15	-3754.03	-4041.05
0	18.89	6.36	7.18	7.88	6.12	6.10	5.81
1	569.77	1883.80	1696.94	1427.43	3525.95	3753.45	4040.62
1.5	-3332.50	-3078.07	-2287.69	-3184.35	-2485.60	-2450.00	-2381.69
2	-983.89	-2058.89	-1767.87	-1689.60	-3381.69	-3570.42	-3804.47
2.5	3196.80	1770.41	1080.23	2282.67	-346.47	-585.70	-912.55
3.14	15.83	3.40	0.86	4.80	2.60	2.78	2.63

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

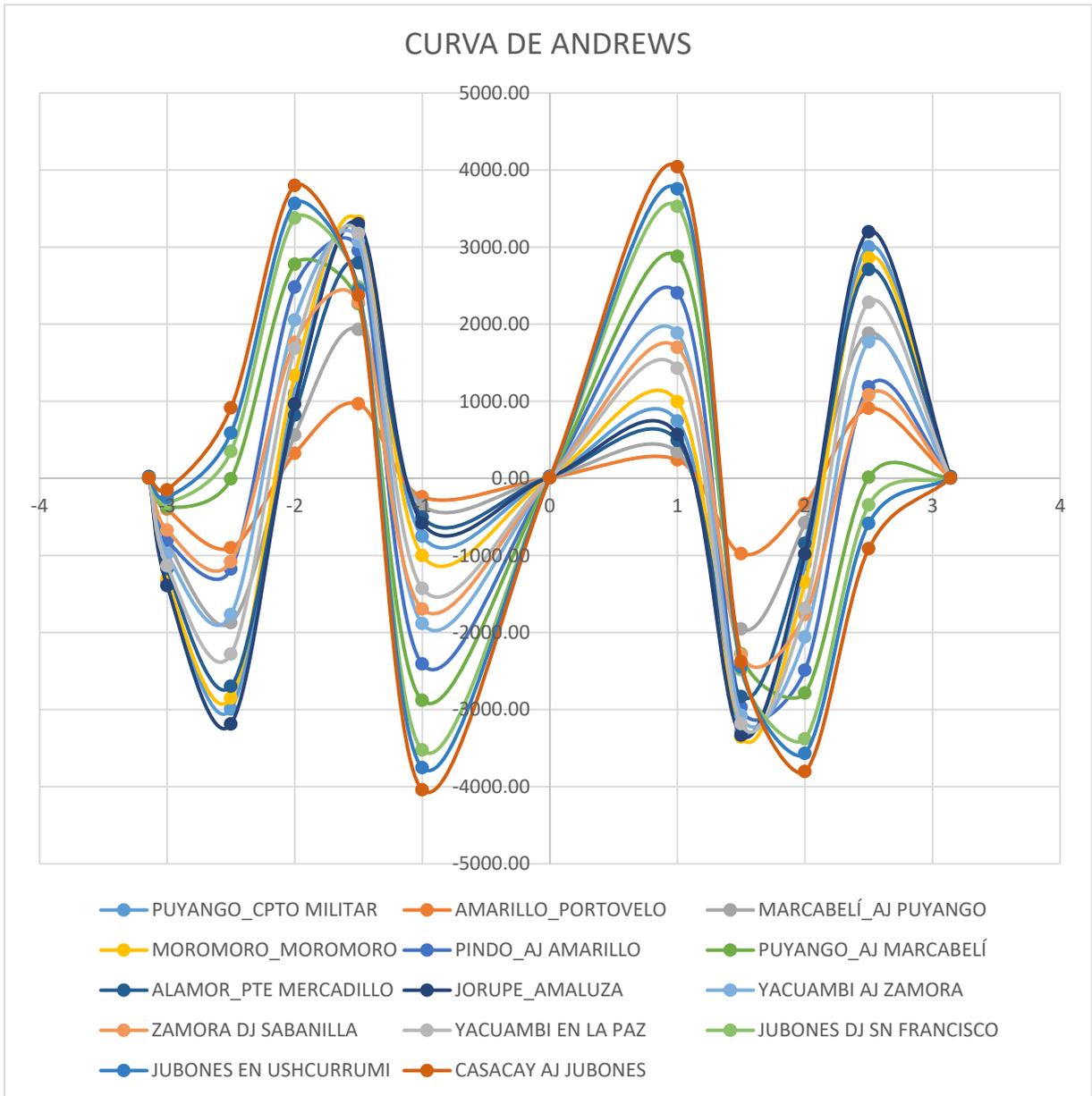


Gráfico 42. Curvas de Andrews $T_r = 1000$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5.8. Tr = 5000 años

Tabla 129. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	42.92	22.61	32.14	40.03	36.06	33.22	42.44
-3	29.68	14.88	26.10	23.99	2.88	-8.70	36.32
-2.5	3.99	0.59	9.87	-4.45	-45.69	-67.51	16.08
-2	28.26	15.70	13.15	29.35	41.54	47.04	13.06
-1.5	45.32	26.09	18.19	51.65	93.96	114.90	15.61
-1	19.89	11.01	12.37	17.89	11.96	8.38	13.49
0	46.36	25.95	35.94	43.57	39.72	37.18	45.74
1	31.01	19.85	19.55	31.46	38.03	40.59	20.08
1.5	-12.35	-4.70	-3.54	-18.62	-56.93	-77.34	-6.44
2	12.60	8.69	8.73	10.55	0.29	-5.81	7.89
2.5	62.19	35.43	35.83	66.93	104.49	122.81	40.92
3.14	42.92	22.61	32.14	40.03	36.06	33.22	42.44

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 129.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	43.00	29.68	30.50	29.89	24.38	24.95	25.18
-3	36.46	-8.62	-2.45	3.34	-17.29	-21.69	-27.54
-2.5	17.79	-59.94	-46.47	-33.93	-72.65	-83.45	-96.91
-2	19.73	49.07	47.57	38.77	46.84	50.62	55.32
-1.5	24.47	112.86	102.54	81.95	116.49	128.64	143.70
-1	18.79	12.81	16.26	14.64	6.82	5.51	3.91
0	46.36	33.74	34.18	33.59	28.20	28.73	28.90
1	24.83	41.14	40.46	34.69	37.01	38.97	41.58
1.5	-1.70	-65.55	-51.57	-40.90	-78.84	-90.50	-104.25
2	12.69	-0.96	3.96	4.31	-8.48	-11.64	-15.16
2.5	44.82	114.21	103.17	86.28	116.70	128.41	142.65
3.14	43.00	29.68	30.50	29.89	24.38	24.95	25.18

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

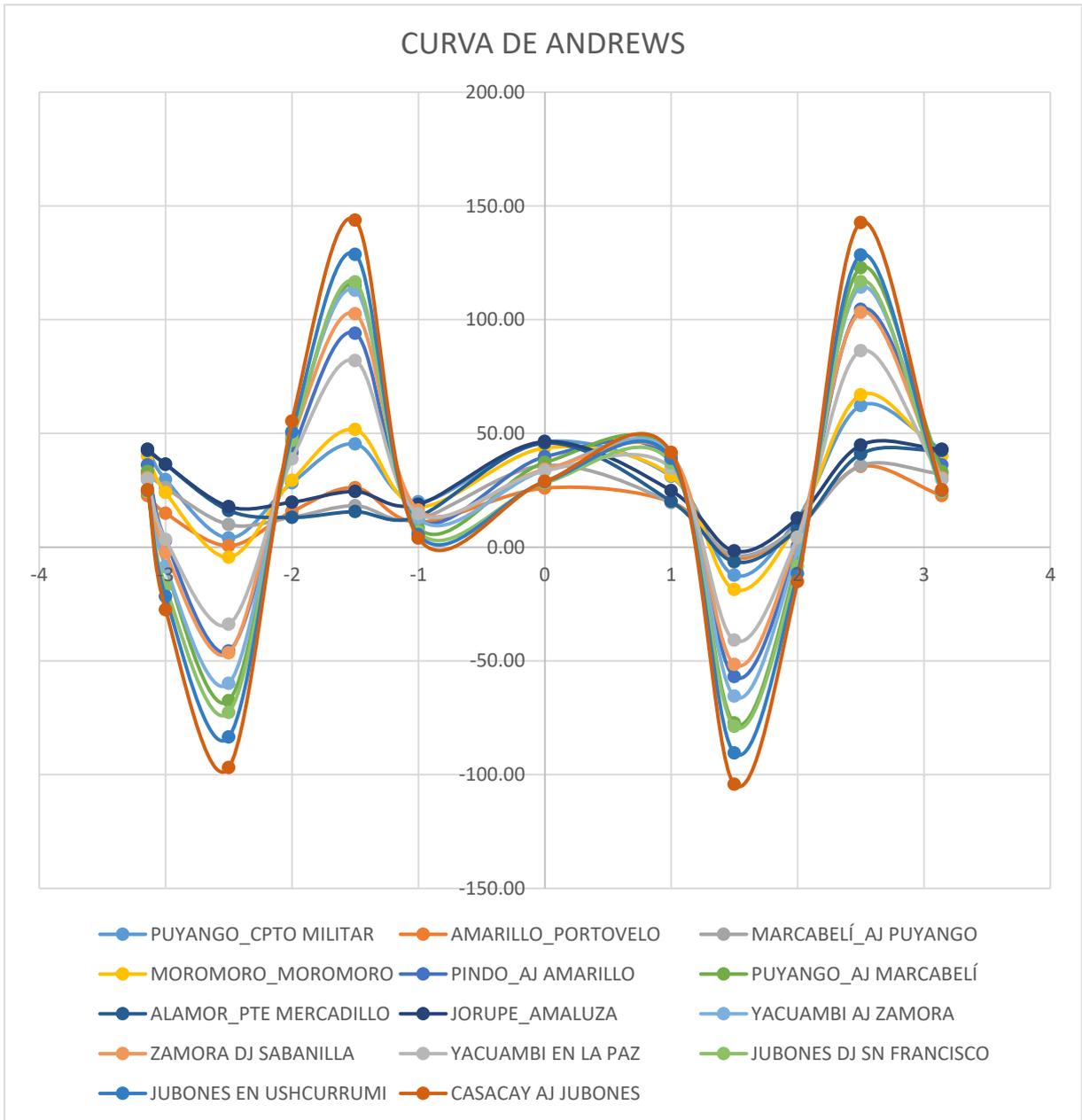


Gráfico 43. Curvas de Andrews $Tr= 5000$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

5.9. Tr = 10000 años

Tabla 130. Función Trazos Multidimensionales.

t	H0591	H0588	H0590	H0592	H0587	H0589	H0625
-3.14	31.19	18.92	22.06	30.15	29.68	28.64	25.19
-3	22.24	13.24	20.14	-7.97	-0.54	-10.78	25.21
-2.5	14.30	6.62	20.46	-53.83	-37.56	-60.17	30.43
-2	47.33	24.66	31.37	64.08	54.59	58.01	40.25
-1.5	55.63	30.24	27.69	122.24	100.40	119.92	30.83
-1	11.46	6.63	4.26	1.33	5.84	2.77	2.51
0	31.87	19.64	22.62	30.79	30.28	29.16	25.93
1	48.86	26.98	35.65	55.88	49.08	49.58	45.09
1.5	3.11	0.86	9.91	-66.97	-47.93	-70.13	14.84
2	11.81	7.36	7.15	-8.16	-1.14	-7.11	5.99
2.5	46.65	28.67	21.21	112.20	94.32	114.65	18.12
3.14	31.19	18.92	22.06	30.15	29.68	28.64	25.19

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

Continuación tabla 103.

t	H0621	H0887	H0889	H0912	H0529	H0530	H0531
-3.14	28.34	28.43	29.26	26.65	22.96	23.25	23.69
-3	26.89	-8.82	-2.85	1.65	-17.78	-22.42	-28.12
-2.5	29.55	-56.22	-43.60	-29.43	-69.48	-80.30	-93.92
-2	42.37	53.87	51.46	45.78	51.16	55.12	59.52
-1.5	37.01	114.25	103.62	84.88	117.75	130.05	144.96
-1	9.05	8.78	12.71	10.07	3.01	1.63	0.21
0	29.06	28.91	29.84	27.23	23.50	23.81	24.27
1	46.44	45.76	44.66	41.56	41.60	43.86	46.14
1.5	17.22	-61.17	-47.34	-34.55	-74.27	-85.59	-99.66
2	12.05	-0.30	5.01	4.87	-7.43	-10.48	-14.05
2.5	26.11	111.63	101.20	81.54	114.43	125.96	140.44
3.14	28.34	28.43	29.26	26.65	22.96	23.25	23.69

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

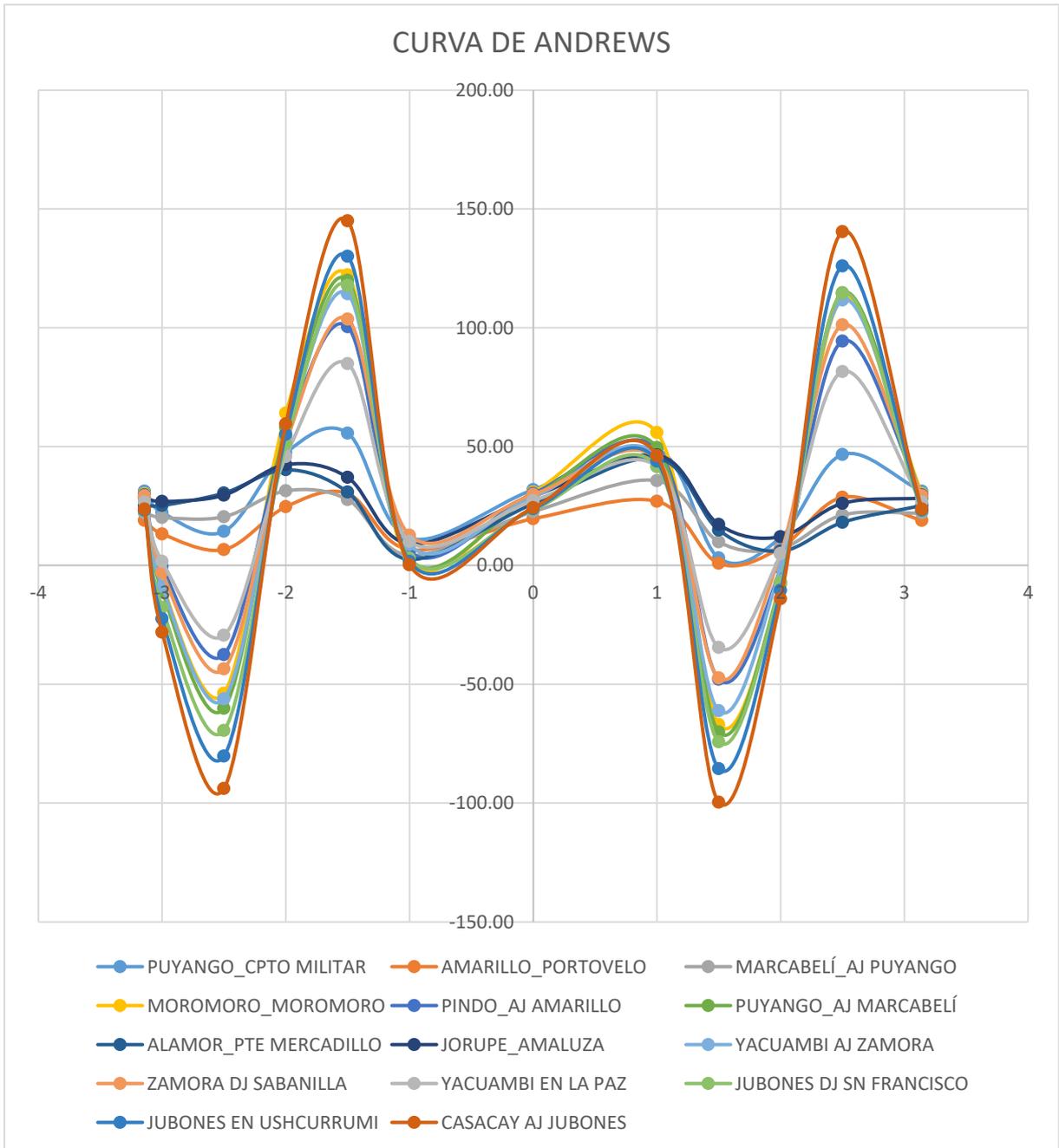


Gráfico 44. Curvas de Andrews $T_r = 10000$ años.

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6. MÉTODO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN

6.1. Amarillo en Portovelo H0588

Tabla 131. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	Amarillo en Portovelo	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.01	1.08	250.5
1963	16.803	2.86	-1.94	
1964	78.672	4.46	0.23	
1965	55.028	4.09	-0.60	
1966	77.2	4.44	0.25	
1967	802.8	6.91	-2.33	
1968	50.848	4.00	-0.69	
1969	153.3	5.16	0.42	
1970	47.314	3.93	-0.77	
1971	186.9	5.36	-0.63	
1972	781.3	6.88	2.30	
1973	110.185	4.81	0.08	
1974	73.156	4.38	0.30	
1975	108.345	4.79	0.07	
1976	101.108	4.72	0.01	
1977	58.49	4.15	-0.54	
1978	56.703	4.12	-0.57	
1979	70.621	4.35	0.34	
1980	890.4	7.02	-2.46	
1981	83.361	4.52	0.17	
1982	83.374	4.52	0.17	
1983	876.9	7.00	2.44	
1984	55.413	4.09	-0.60	
1985	545.1	6.50	1.87	
1986	37.911	3.70	-1.01	
1987	49.374	3.97	-0.72	
1988	498.7	6.40	1.76	
1989	72.243	4.37	0.32	
1990	141	5.07	-0.33	
1991	43.974	3.85	-0.85	
1992	84.615	4.53	0.16	
2000	3.127	1.15	-3.94	
MEDIA	203.04	4.71	-0.23	
DESVIACIÓN ESTANDAR	275.04	1.27	1.33	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	1.35	0.27	-5.78	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	1.78	0.00	-0.37	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	1.67	1.29	1.53	
		4.29	4.53	
(MEDIA/ÁREAC)		0.02	0.00	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.2. Marcabelí Aj Puyango H0590

Tabla 132. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	MARCABELI AJ PUYANGO 5	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.28	0.88	80.82
1978	4.3	1.80	-3.98	
1979	16.6	4.26	-2.12	
1981	1.7	0.57	-4.87	
1982	172.4	11.45	4.02	
1983	177.5	11.57	4.11	
1984	26.5	5.35	1.22	
1985	19.3	4.59	1.85	
1986	36.6	6.18	-0.46	
1987	71.7	8.19	1.51	
1988	25.7	5.27	1.28	
1989	130.4	10.33	-3.19	
1990	61.6	7.71	1.10	
1991	78.9	8.51	1.77	
MEDIA	63.32	6.60	0.17	
DESVIACIÓN ESTANDAR	60.99	3.44	2.89	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.96	0.52	16.75	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	1.02	-0.13	-0.48	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	-0.23	-0.69	-0.81	
		2.31	2.19	
(MEDIA/ÁREAC)		0.08		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.3. Moromoro en Moromoro H0592

Tabla 133. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	MOROMORO EN MOROMORO	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.21	0.86	39.35
1985	12.828	3.39	-1.00	
1986	11.883	3.26	-1.11	
1987	31.482	5.09	0.74	
1988	29.6	4.96	0.62	
1989	46.247	5.92	1.45	
1990	6.364	2.27	-1.91	
1991	17.318	3.92	-0.52	
1992	53.929	6.28	1.73	
MEDIA	26.21	4.39	0.00	
DESVIACIÓN ESTANDAR	17.18	1.40	1.32	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.66	0.32	1371.91	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	0.59	-0.08	-0.05	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	-1.01	-1.20	-1.54	
		1.80	1.46	
(MEDIA/ÁREAC)		0.11		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.4. Pindo Aj Amarillo H0587

Tabla 134. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	PINDO AJ AMARILLO	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.27	0.98	510.73
1963	46.5	6.73	-3.11	
1964	83.903	8.53	-1.38	
1965	139.736	10.33	0.42	
1966	120.599	9.78	-0.14	
1967	78.413	8.30	-1.59	
1968	115.14	9.61	-0.31	
1969	201.086	11.77	1.84	
1970	101.341	9.16	-0.75	
1971	170.94	11.11	1.19	
1972	126.229	9.95	0.04	
1973	138.489	10.29	0.39	
1974	212.54	12.01	2.06	
1975	155.807	10.74	0.83	
1976	247.623	12.67	2.69	
1977	62.037	7.57	-2.30	
1978	89.924	8.76	-1.15	
1979	114.808	9.60	-0.32	
1980	109.676	9.44	-0.48	
1981	151.046	10.62	0.72	
1982	176.328	11.23	1.31	
1983	131.15	10.09	0.18	
1984	95.136	8.95	-0.97	
1985	65.13	7.72	-2.16	
1986	65.539	7.74	-2.14	
1987	67.585	7.83	-2.05	
1988	108.071	9.39	-0.53	
1991	46.7	6.74	-3.10	
1992	154.642	10.72	0.81	
1993	233.391	12.41	2.45	
1994	124.163	9.89	-0.03	
1995	184.3	11.41	1.49	
1996	149.933	10.60	0.69	
1997	121.587	9.81	-0.11	
1998	141.274	10.37	0.46	
1999	170.511	11.10	1.18	
2000	252.055	12.74	2.77	
2001	149.443	10.58	0.68	
2002	62.723	7.60	-2.27	
2003	76.093	8.21	-1.69	
2004	97.391	9.03	-0.89	
2005	80.588	8.39	-1.51	
2006	130.936	10.08	0.18	
2007	155.463	10.74	0.83	
2008	257.537	12.84	2.86	
2009	119.463	9.75	-0.17	
2010	102.936	9.22	-0.70	
2011	140.976	10.36	0.46	
2012	144.41	10.45	0.55	
2013	253.773	12.77	2.80	
MEDIA	133.16	9.91	0.00	
DESVIACIÓN ESTANDAR	55.36	1.56	1.54	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.42	0.16	2063.74	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	0.67	-0.02	-0.02	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	-0.01	-0.42	-0.46	
(MEDIA/ÁREAC)		2.58	2.54	
		0.02		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.5. Puyango Aj Marcabelí H0589

Tabla 135. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	PAQUISHAPA EN PTE. CARRETERA	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		1.95	1.00	2088.18
1979	362.531	51399.23	-22495.86	
1980	400.791	62533.96	-11361.58	
1981	438.1	74415.64	519.68	
1982	565.533	122568.26	48670.30	
1983	516.1	102504.06	28606.98	
1984	432.6	72600.72	-1295.20	
1985	175.955	12513.34	-61380.02	
1986	461.3	82311.96	8415.72	
1987	364	51807.07	-22088.03	
1988	525.097	106025.47	32128.24	
1989	555.727	118449.02	44551.24	
1990	215.236	18553.02	-55340.62	
1991	174.748	12346.12	-61547.23	
1992	390.1	59315.36	-14580.05	
1993	590.774	133487.37	59588.92	
1994	421.51	69007.75	-4888.05	
1995	462.9	82870.86	8974.59	
1996	442.955	76035.91	2139.90	
1997	497.152	95277.94	21381.18	
MEDIA	420.69	73895.95	0.01	
DESVIACIÓN ESTANDAR	122.22	35236.96	35235.51	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.29	0.48	6263833.95	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	-0.87	-0.25	-0.25	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	0.22	-0.42	-0.42	
		2.58	2.58	
(MEDIA/ÁREAC)	0.20			

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.6. Alamor en Pte. Mercadillo H0625

Tabla 136. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	ALAMOR PUENTE MERCADILLO	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.00	61.15
1967	202.3	5.31	
1968	2.029	0.71	
1969	11.294	2.42	
1970	8.593	2.15	
1971	14.551	2.68	
1972	14.682	2.69	
1973	17.551	2.87	
1974	7.399	2.00	
1975	205	5.32	
1976	33.034	3.50	
1977	13.615	2.61	
1978	7.1	1.96	
1979	6.356	1.85	
1980	15.909	2.77	
1981	32.797	3.49	
1982	953.268	6.86	
1983	20.628	3.03	
1984	0.961	-0.04	
1985	6.132	1.81	
1986	6.119	1.81	
1987	3.2	1.16	
1988	73.49	4.30	
1989	2.104	0.74	
1990	73.382	4.30	
1991	74.335	4.31	
1992	581.14	6.36	
1993	78.127	4.36	
1994	75.57	4.33	
1995	9.096	2.21	
1996	159.1	5.07	
1997	253.76	5.54	
1998	329.032	5.80	
1999	578.265	6.36	
2000	73.57	4.30	
2001	0.486	-0.72	
2002	74.633	4.31	
2003	5.989	1.79	
2004	16.446	2.80	
2005	128.898	4.86	
2006	7.041	1.95	
2007	127.862	4.85	
2008	20.31	3.01	
2009	54.775	4.00	
2010	6.117	1.81	
2011	32.763	3.49	
2012	32.763	3.49	
MEDIA	96.77	3.27	
DESVIACIÓN ESTANDAR	183.38	1.72	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	1.89	0.53	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	3.22	0.01	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	11.44	-0.34	
(MEDIA/ÁREAC)		2.66	
		0.05	

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.7. Jorupe en Amaluza H0621

Tabla 137. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	JORUPE EN AMALUZA	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		-0.54	0.09	62.06
1978	15.014	1.42	0.78	
1979	15.014	1.42	0.78	
1980	49.6	1.62	-0.85	
1981	75.4	1.66	-0.87	
1982	8.346	1.26	-0.87	
1983	29.261	1.54	0.80	
1984	15.014	1.42	0.78	
1985	14.133	1.40	-0.79	
1986	16.087	1.43	0.75	
1987	43.2	1.60	-0.84	
1988	13.086	1.38	-0.81	
1989	21.673	1.49	0.72	
1990	18.759	1.46	0.63	
1991	16.728	1.44	0.74	
1992	11.482	1.35	-0.83	
1993	92.5	1.68	0.87	
1994	16.658	1.44	0.74	
1995	70.4	1.65	-0.87	
1996	17.575	1.45	0.71	
1997	17.635	1.45	0.71	
1998	55.3	1.63	-0.85	
1999	16.427	1.44	0.75	
2000	20.945	1.49	0.70	
2001	25.548	1.52	0.78	
2002	16.728	1.44	0.74	
2006	8.487	1.26	-0.87	
2007	21.414	1.49	0.72	
2008	24.098	1.51	0.76	
2009	93.3	1.68	0.88	
2010	79.1	1.67	-0.87	
2011	74.8	1.66	-0.87	
2012	11.484	1.35	-0.83	
2013	10.05	1.31	-0.85	
2014	3.65	0.93	-0.95	
MEDIA	30.56	1.47	0.04	
DESVIACIÓN ESTANDAR	26.26	0.15	0.81	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.86	0.10	18.45	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	1.34	-1.15	-0.24	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	0.44	3.44	-2.05	
		6.44	0.95	
(MEDIA/ÁREAC)		0.02		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.8. Yacuambi Aj Zamora H0887

Tabla 138. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	YACUAMBI DJ ZAMORA	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		1.33	1.00	1507.63
1976	811.18	5436.12	875.84	
1977	970.63	6896.96	584.61	
1978	1026.516	7428.52	1116.01	
1979	1150.363	8639.97	2327.05	
1980	634.419	3923.83	-2387.62	
1981	1056.761	7720.19	1407.58	
1982	662.806	4158.39	2153.14	
1983	544.464	3203.50	-3107.69	
1984	564.208	3358.50	-2952.75	
1985	996.815	7144.81	-832.38	
1986	896.809	6210.03	102.15	
1987	1153.199	8668.23	-2355.30	
1988	621.332	3816.83	-2494.58	
1989	867.614	5943.33	-368.78	
1990	1011.477	7284.52	972.06	
1991	591.571	3576.25	2735.08	
1992	1001.089	7185.47	-873.03	
1993	1284.731	10003.29	-3689.87	
1994	1102.449	8165.97	1853.20	
1996	189.301	788.59	-5521.69	
1997	235.62	1054.43	-5255.95	
1998	773.15	5100.70	-1211.15	
2002	1555.103	12886.97	6572.44	
2003	1054.864	7701.82	1389.21	
2004	1088.218	8026.46	1713.74	
2005	1051.231	7666.66	1354.07	
2006	1120.164	8340.45	2027.63	
2014	918.582	6410.79	98.57	
MEDIA	890.52	6312.20	-134.59	
DESVIACIÓN ESTANDAR	301.93	2659.97	2655.55	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.34	0.42	-19.73	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	-0.49	-0.09	-0.06	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	0.59	0.50	0.49	
		3.50	3.49	
(MEDIA/ÁREAC)	0.59			

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.9. Zamora Dj Sabanilla H0889

Tabla 139. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	ZAMORA DJ SABANILLA	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.46	1.00	1426.47
1974	80.106	13.98	-19.50	
1975	647.249	39.73	6.25	
1979	236.196	24.29	9.20	
1980	486.672	34.62	1.14	
1981	268.263	25.87	-7.61	
1982	265.214	25.72	-7.76	
1983	351.105	29.53	-3.95	
1984	232.262	24.08	9.40	
1985	389.825	31.08	-2.40	
1986	334.297	28.83	-4.65	
1987	437.623	32.88	-0.60	
1988	258.174	25.38	-8.10	
1989	417.816	32.15	-1.33	
1990	536.521	36.29	-2.81	
1991	862.823	45.60	12.12	
1992	327.764	28.55	-4.93	
1993	649.933	39.81	-6.33	
1994	470.264	34.05	0.57	
1995	327.764	28.55	-4.93	
1996	381.878	30.77	-2.71	
1997	510.187	35.42	-1.94	
1998	402.208	31.56	1.92	
1999	572.223	37.44	-3.96	
2000	273.792	26.13	-7.35	
2001	1102.572	51.25	17.77	
2002	132.376	18.14	-15.34	
2003	813.528	44.33	10.86	
2004	623.733	39.03	-5.55	
2005	353.04	29.61	3.87	
2006	415.039	32.04	-1.44	
2007	809.93	44.24	10.76	
2008	333.88	28.81	4.67	
2009	419.172	32.20	1.28	
2010	611.491	38.66	-5.18	
2011	628.842	39.18	5.70	
2012	619.922	38.91	-5.43	
2013	568.004	37.31	-3.83	
2014	694.027	41.08	7.60	
2015	988.387	48.65	15.17	
MEDIA	482.93	33.48	-0.24	
DESVIACIÓN ESTANDAR	227.02	7.94	7.94	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.47	0.24	-33.10	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	0.76	0.00	0.20	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	0.49	0.18	0.21	
		3.18	3.21	
(MEDIA/ÁREAC)		0.02		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.10. Yacuambi en la Paz H0912

Tabla 140. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	YACUAMBI EN LA PAZ	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.66	1.00	1003.64
1980	702.788	114.56	21.15	
1981	930.343	138.27	44.70	
1982	272.203	60.41	-32.74	
1983	260.542	58.64	-34.50	
1984	236.783	54.95	-38.17	
1986	494.945	90.51	2.81	
1987	109.917	32.45	-60.51	
1988	419.774	80.99	-12.28	
1989	454.021	85.39	-7.91	
1990	582.042	100.94	7.59	
1991	587.25	101.54	8.20	
1992	690.618	113.23	-19.82	
1994	566.406	99.10	5.77	
2002	649.467	108.65	15.27	
2003	537.319	95.65	2.33	
2004	541.445	96.15	2.82	
2014	1103.977	155.04	61.36	
MEDIA	537.64	93.32	-2.00	
DESVIACIÓN ESTANDAR	248.35	30.38	30.15	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.46	0.33	-15.09	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	0.48	-0.03	0.15	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	0.67	0.36	0.40	
		3.36	3.40	
(MEDIA/ÁREAC)		0.09		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.11. Jubones en Ushcurrumi H0530

Tabla 141. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	JUBONES EN USHCURRUMI	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.28	0.99	3623.5
1967	265.819	13.28	-0.83	
1968	215.371	12.33	1.77	
1969	516.619	16.68	2.54	
1970	429.335	15.67	1.55	
1971	889.052	19.96	-5.74	
1972	292.859	13.74	-0.38	
1973	759.944	18.96	-4.77	
1974	512.017	16.63	2.49	
1975	529.864	16.82	2.68	
1976	425.772	15.63	1.51	
1977	284.066	13.59	0.52	
1978	291.79	13.72	0.40	
1979	258.74	13.15	0.96	
1980	307.664	13.98	0.14	
1981	349.01	14.60	0.49	
1982	281.924	13.56	-0.56	
1983	407.854	15.40	-1.28	
1984	416.321	15.51	1.39	
1985	153.682	10.91	3.16	
1986	123.563	10.06	3.99	
1987	150.178	10.82	3.25	
1988	145.068	10.68	3.39	
1989	294.532	13.77	0.35	
1990	118.522	9.90	-4.14	
1991	295.711	13.78	-0.33	
1992	162.884	11.14	-2.93	
1993	639.028	17.91	-3.74	
1994	383.715	15.08	0.97	
1995	155.835	10.97	-3.11	
1996	420.968	15.57	-1.45	
1997	394.947	15.23	-1.12	
1998	667.58	18.17	3.99	
1999	388.983	15.15	-1.04	
2000	498.191	16.48	-2.34	
2001	579.158	17.33	3.18	
2002	250.933	13.01	-1.10	
2003	219.157	12.40	1.70	
2004	252.639	13.04	1.07	
2005	264.762	13.26	0.85	
2006	385.705	15.11	1.00	
2007	475.017	16.22	-2.09	
2008	538.366	16.91	-2.77	
2009	167.194	11.25	-2.83	
2010	155.054	10.94	3.13	
2011	371.831	14.92	0.81	
2012	70.328	8.09	-5.91	
2013	236.008	12.73	1.37	
2014	269.406	13.34	-0.77	
MEDIA	347.15	14.11	-0.01	
DESVIACIÓN ESTANDAR	175.87	2.56	2.52	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.51	0.18	-213.18	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	0.92	-0.02	-0.52	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	0.91	-0.25	-0.30	
(MEDIA/ÁREAC)		2.75	2.70	
		0.0039		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

6.12. Casacay Aj Jubones H0531

Tabla 142. Estadísticos muestrales-Método del Coeficiente de Variación.

AÑO	CASACAY AJ JUBONES	Serie Normalizada $\zeta=$	Serie Normalizada $\zeta=$	ÁREA CUENCA (KM ²)
		0.32	0.94	3942.24
1972	13.491	4.08	11.48	
1973	30.142	6.21	24.39	
1974	12.54	3.92	10.72	
1975	20.639	5.14	17.10	
1976	32.132	6.41	25.90	
1977	25.949	5.77	21.20	
1978	24.459	5.61	20.05	
1979	11.112	3.65	9.57	
1980	18.806	4.90	15.67	
1981	15.911	4.48	13.40	
1982	53.89	8.14	42.07	
1983	36.697	6.83	29.34	
1985	3.732	1.64	3.44	
1988	6.531	2.58	5.81	
1989	2.424	1.03	2.29	
1990	6.537	2.58	5.82	
1991	10.374	3.50	8.97	
1992	28.673	6.07	23.28	
1993	19.778	5.03	16.43	
1994	55.338	8.24	43.13	
2002	3.783	1.66	3.48	
2003	9.668	3.35	8.40	
2004	26.673	5.85	21.75	
2005	7.754	2.91	6.83	
2006	21.401	5.24	17.69	
2007	16.037	4.50	13.50	
2008	39.285	7.05	31.28	
2009	29.652	6.17	24.02	
2010	23.552	5.50	19.36	
2011	13.255	4.04	11.29	
2012	35.96	6.76	28.79	
2013	8.13	3.00	7.14	
2014	10.066	3.43	8.72	
MEDIA	20.44	4.70	16.74	
DESVIACIÓN ESTANDAR	13.55	1.83	10.47	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.66	0.39	0.63	
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	0.92	-0.06	0.84	
COEFICIENTE DE CURTOSIS	0.58	-0.56	0.38	
		2.44		
(MEDIA/ÁREAC)		0.0012		

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7. MÉTODO DEL PARÁMETRO B

7.1. Amarillo en Portovelo H0588

Tabla 143. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	AMARILLO EN PORTOVELO	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1963	16.803	890.4	26712	774648	21690144
1964	78.672	876.9	25430.1	712042.8	19225155.6
1965	55.028	802.8	22478.4	606916.8	15779836.8
1966	77.2	781.3	21095.1	548472.6	13711815
1967	802.8	545.1	14172.6	354315	8503560
1968	50.848	498.7	12467.5	299220	6882060
1969	153.3	186.9	4485.6	103168.8	2269713.6
1970	47.314	153.3	3525.9	77569.8	1628965.8
1971	186.9	141	3102	65142	1302840
1972	781.3	110.185	2313.885	46277.7	879276.3
1973	110.185	108.345	2166.9	41171.1	741079.8
1974	73.156	101.108	1921.052	34578.936	587841.912
1975	108.345	84.615	1523.07	25892.19	414275.04
1976	101.108	83.374	1417.358	22677.728	340165.92
1977	58.49	83.361	1333.776	20006.64	280092.96
1978	56.703	78.672	1180.08	16521.12	214774.56
1979	70.621	77.2	1080.8	14050.4	168604.8
1980	890.4	73.156	951.028	11412.336	125535.696
1981	83.361	72.243	866.916	9536.076	95360.76
1982	83.374	70.621	776.831	7768.31	69914.79
1983	876.9	58.49	584.9	5264.1	42112.8
1984	55.413	56.703	510.327	4082.616	28578.312
1985	545.1	55.413	443.304	3103.128	18618.768
1986	37.911	55.028	385.196	2311.176	11555.88
1987	49.374	50.848	305.088	1525.44	6101.76
1988	498.7	49.374	246.87	987.48	2962.44
1989	72.243	47.314	189.256	567.768	1135.536
1990	141	43.974	131.922	263.844	263.844
1991	43.974	37.911	75.822	75.822	0
1992	84.615	16.803	16.803	0	0
2000	3.127	3.127	0	0	0
n=	31		151890.38	3809569.71	95022342.68
Mo=	203.04				
M1=	163.32				
M2=	141.25				
M3=	125.83				
E=	-0.07				
β=	-0.54				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.2. Marcabelí Aj Puyango H0590

Tabla 144. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	MARCABELÍ AJ PUYANGO	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1978	4.3	177.5	2130	23430	234300
1979	16.6	172.4	1896.4	18964	170676
1981	1.7	130.4	1304	11736	93888
1982	172.4	78.9	710.1	5680.8	39765.6
1983	177.5	71.7	573.6	4015.2	24091.2
1984	26.5	61.6	431.2	2587.2	12936
1985	19.3	36.6	219.6	1098	4392
1986	36.6	26.5	132.5	530	1590
1987	71.7	25.7	102.8	308.4	616.8
1988	25.7	19.3	57.9	115.8	115.8
1989	130.4	16.6	33.2	33.2	0
1990	61.6	4.3	4.3	0	0
1991	78.9	1.7	0	0	0
n=	13		7595.6	68498.6	582371.4
Mo=	63.32				
M1=	48.69				
M2=	39.92				
M3=	33.94				
E=	-0.03				
β=	-0.21				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.3. Moromoro en Moromoro H0592

Tabla 145. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	MOROMORO EN MOROMOR	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1985	12.828	53.929	377.503	2265.018	11325.09
1986	11.883	46.247	277.482	1387.41	5549.64
1987	31.482	31.482	157.41	629.64	1888.92
1988	29.6	29.6	118.4	355.2	710.4
1989	46.247	17.318	51.954	103.908	103.908
1990	6.364	12.828	25.656	25.656	0
1991	17.318	11.883	11.883	0	0
1992	53.929	6.364	0	0	0
n=	8		1020.288	4766.832	19577.958
Mo=	26.21				
M1=	18.22				
M2=	14.19				
M3=	11.65				
E=	-0.01				
β=	-0.04				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.4. Pindo Aj Amarillo H0587

Tabla 146. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	PINDO AJ AMARILLO	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1963	46.5	257.537	12361.776	581003.472	26726159.71
1964	83.903	253.773	11927.331	548657.226	24689575.17
1965	139.736	252.055	11594.53	521753.85	22957169.4
1966	120.599	247.623	11143.035	490293.54	21082622.22
1967	78.413	233.391	10269.204	441575.772	18546182.42
1968	115.14	212.54	9139.22	383847.24	15737736.84
1969	201.086	201.086	8445.612	346270.092	13850803.68
1970	101.341	184.3	7556.3	302252	11787828
1971	170.94	176.328	7053.12	275071.68	10452723.84
1972	126.229	170.94	6666.66	253333.08	9373323.96
1973	138.489	170.511	6479.418	239738.466	8630584.776
1974	212.54	155.807	5764.859	207534.924	7263722.34
1975	155.807	155.463	5596.668	195883.38	6660034.92
1976	247.623	154.642	5412.47	184023.98	6072791.34
1977	62.037	151.046	5135.564	169473.612	5423155.584
1978	89.924	149.933	4947.789	158329.248	4908206.688
1979	114.808	149.443	4782.176	148247.456	4447423.68
1980	109.676	144.41	4476.71	134301.3	3894737.7
1981	151.046	141.274	4238.22	122908.38	3441434.64
1982	176.328	140.976	4088.304	114472.512	3090757.824
1983	131.15	139.736	3912.608	105640.416	2746650.816
1984	95.136	138.489	3739.203	97219.278	2430481.95
1985	65.13	131.15	3409.9	85247.5	2045940
1986	65.539	130.936	3273.4	78561.6	1806916.8
1987	67.585	126.229	3029.496	69678.408	1532924.976
1988	108.071	124.163	2855.749	62826.478	1319356.038
1991	46.7	121.587	2674.914	56173.194	1123463.88
1992	154.642	120.599	2532.579	50651.58	962380.02
1993	233.391	119.463	2389.26	45395.94	817126.92
1994	124.163	115.14	2187.66	39377.88	669423.96
1995	184.3	114.808	2066.544	35131.248	562099.968
1996	149.933	109.676	1864.492	29831.872	447478.08
1997	121.587	108.071	1729.136	25937.04	363118.56
1998	141.274	102.936	1544.04	21616.56	281015.28
1999	170.511	101.341	1418.774	18444.062	221328.744
2000	252.055	97.391	1266.083	15192.996	167122.956
2001	149.443	95.136	1141.632	12557.952	125579.52
2002	62.723	89.924	989.164	9891.64	89024.76
2003	76.093	83.903	839.03	7551.27	60410.16
2004	97.391	80.588	725.292	5802.336	40616.352
2005	80.588	78.413	627.304	4391.128	26346.768
2006	130.936	76.093	532.651	3195.906	15979.53
2007	155.463	67.585	405.51	2027.55	8110.2
2008	257.537	65.539	327.695	1310.78	3932.34
2009	119.463	65.13	260.52	781.56	1563.12
2010	102.936	62.723	188.169	376.338	376.338
2011	140.976	62.037	124.074	124.074	0
2012	144.41	46.7	46.7	0	0
2013	253.773	46.5	0	0	0
n=	49		193180.55	6703907.796	246905742.8
Mo=	133.16				
M1=	82.13				
M2=	60.64				
M3=	48.56				
E=	0.01				
β=	0.05				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.5. Puyango Aj Marcabelí H0589

Tabla 147. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	PUYANGO AJ MARCABELÍ	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1979	362.531	590.774	10633.932	180776.844	2892429.504
1980	400.791	565.533	9614.061	153824.976	2307374.64
1981	438.1	555.727	8891.632	133374.48	1867242.72
1982	565.533	525.097	7876.455	110270.37	1433514.81
1983	516.1	516.1	7225.4	93930.2	1127162.4
1984	432.6	497.152	6462.976	77555.712	853112.832
1985	175.955	462.9	5554.8	61102.8	611028
1986	461.3	461.3	5074.3	50743	456687
1987	364	442.955	4429.55	39865.95	318927.6
1988	525.097	438.1	3942.9	31543.2	220802.4
1989	555.727	432.6	3460.8	24225.6	145353.6
1990	215.236	421.51	2950.57	17703.42	88517.1
1991	174.748	400.791	2404.746	12023.73	48094.92
1992	390.1	390.1	1950.5	7802	23406
1993	590.774	364	1456	4368	8736
1994	421.51	362.531	1087.593	2175.186	2175.186
1995	462.9	215.236	430.472	430.472	0
1996	442.955	175.955	175.955	0	0
1997	497.152	174.748	0	0	0
n=	19		83622.64	1001715.94	12404564.71
Mo=	420.69				
M1=	244.51				
M2=	172.29				
M3=	133.35				
E=	0.08				
β=	0.64				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.6. Alamor en Pte. Mercadillo H0625

Tabla 148. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	ALAMOR PUENTE MERCADILLO	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1967	202.3	953.268	42897.06	1887470.64	81161237.52
1968	2.029	581.14	25570.16	1099516.88	46179708.96
1969	11.294	578.265	24865.395	1044346.59	42818210.19
1970	8.593	329.032	13819.344	566593.104	22663724.16
1971	14.551	253.76	10404.16	416166.4	16230489.6
1972	14.682	205	8200	319800	12152400
1973	17.551	202.3	7889.7	299808.6	11092918.2
1974	7.399	159.1	6045.8	223694.6	8053005.6
1975	205	128.898	4769.226	171692.136	6009224.76
1976	33.034	127.862	4603.032	161106.12	5477608.08
1977	13.615	78.127	2734.445	92971.13	3068047.29
1978	7.1	75.57	2569.38	84789.54	2713265.28
1979	6.356	74.633	2462.889	78812.448	2443185.888
1980	15.909	74.335	2378.72	73740.32	2212209.6
1981	32.797	73.57	2280.67	68420.1	1984182.9
1982	953.268	73.49	2204.7	63936.3	1790216.4
1983	20.628	73.382	2128.078	59586.184	1608826.968
1984	0.961	54.775	1533.7	41409.9	1076657.4
1985	6.132	33.034	891.918	23189.868	579746.7
1986	6.119	32.797	852.722	21318.05	511633.2
1987	3.2	32.763	819.075	19657.8	452129.4
1988	73.49	32.763	786.312	18085.176	397873.872
1989	2.104	20.628	474.444	10437.768	219193.128
1990	73.382	20.31	446.82	9383.22	187664.4
1991	74.335	17.551	368.571	7371.42	140056.98
1992	581.14	16.446	328.92	6249.48	112490.64
1993	78.127	15.909	302.271	5440.878	92494.926
1994	75.57	14.682	264.276	4492.692	71883.072
1995	9.096	14.551	247.367	3957.872	59368.08
1996	159.1	13.615	217.84	3267.6	45746.4
1997	253.76	11.294	169.41	2371.74	30832.62
1998	329.032	9.096	127.344	1655.472	19865.664
1999	578.265	8.593	111.709	1340.508	14745.588
2000	73.57	7.399	88.788	976.668	9766.68
2001	0.486	7.1	78.1	781	7029
2002	74.633	7.041	70.41	633.69	5069.52
2003	5.989	6.356	57.204	457.632	3203.424
2004	16.446	6.132	49.056	343.392	2060.352
2005	128.898	6.119	42.833	256.998	1284.99
2006	7.041	6.117	36.702	183.51	734.04
2007	127.862	5.989	29.945	119.78	359.34
2008	20.31	3.2	12.8	38.4	76.8
2009	54.775	2.104	6.312	12.624	12.624
2010	6.117	2.029	4.058	4.058	0
2011	32.763	0.961	0.961	0	0
2012	32.763	0.486	0	0	0
n=	46		174242.63	6895888.29	271700440.2
Mo=	96.77				
M1=	84.18				
M2=	75.71				
M3=	69.37				
E=	-0.08				
β=	-0.62				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.7. Jorupe en Amaluza H0621

Tabla 149. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	JORUPE EN AMALUZA	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1978	15.014	93.3	3078.9	98524.8	3054268.8
1979	15.014	92.5	2960	91760	2752800
1980	49.6	79.1	2452.1	73563	2133327
1981	75.4	75.4	2262	65598	1836744
1982	8.346	74.8	2169.2	60737.6	1639915.2
1983	29.261	70.4	1971.2	53222.4	1383782.4
1984	15.014	55.3	1493.1	38820.6	970515
1985	14.133	49.6	1289.6	32240	773760
1986	16.087	43.2	1080	25920	596160
1987	43.2	29.261	702.264	16152.072	355345.584
1988	13.086	25.548	587.604	12927.288	271473.048
1989	21.673	24.098	530.156	11133.276	222665.52
1990	18.759	21.673	455.133	9102.66	172950.54
1991	16.728	21.414	428.28	8137.32	146471.76
1992	11.482	20.945	397.955	7163.19	121774.23
1993	92.5	18.759	337.662	5740.254	91844.064
1994	16.658	17.635	299.795	4796.72	71950.8
1995	70.4	17.575	281.2	4218	59052
1996	17.575	16.728	250.92	3512.88	45667.44
1997	17.635	16.728	234.192	3044.496	36533.952
1998	55.3	16.658	216.554	2598.648	28585.128
1999	16.427	16.427	197.124	2168.364	21683.64
2000	20.945	16.087	176.957	1769.57	15926.13
2001	25.548	15.014	150.14	1351.26	10810.08
2002	16.728	15.014	135.126	1081.008	7567.056
2006	8.487	15.014	120.112	840.784	5044.704
2007	21.414	14.133	98.931	593.586	2967.93
2008	24.098	13.086	78.516	392.58	1570.32
2009	93.3	11.484	57.42	229.68	689.04
2010	79.1	11.482	45.928	137.784	275.568
2011	74.8	10.05	30.15	60.3	60.3
2012	11.484	8.487	16.974	16.974	0
2013	10.05	8.346	8.346	0	0
2014	3.65	3.65	0	0	0
n=	34		24593.539000	637555.094000	16832181.23
Mo=	30.555765				
M1=	23.289336				
M2=	17.757216				
M3=	15.122927				
E=	0.074432				
β=	0.601331				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.8. Yacuambi Aj Zamora H0887

Tabla 150. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	YACUAMBI AJ ZAMORA	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1976	811.18	1555.103	41987.781	1091682.31	27292057.7
1977	970.63	1284.731	33403.006	835075.15	20041803.6
1978	1026.516	1153.199	28829.975	691919.4	15914146.2
1979	1150.363	1150.363	27608.712	635000.376	13970008.3
1980	634.419	1120.164	25763.772	566802.984	11902862.7
1981	1056.761	1102.449	24253.878	509331.438	10186628.8
1982	662.806	1088.218	22852.578	457051.56	8683979.64
1983	544.464	1056.761	21135.22	401569.18	7228245.24
1984	564.208	1054.864	20042.416	360763.488	6132979.3
1985	996.815	1051.231	18922.158	321676.686	5146826.98
1986	896.809	1026.516	17450.772	279212.352	4188185.28
1987	1153.199	1011.477	16183.632	242754.48	3398562.72
1988	621.332	1001.089	15016.335	210228.69	2732972.97
1989	867.614	996.815	13955.41	181420.33	2177043.96
1990	1011.477	970.63	12618.19	151418.28	1665601.08
1991	591.571	918.582	11022.984	121252.824	1212528.24
1992	1001.089	896.809	9864.899	98648.99	887840.91
1993	1284.731	867.614	8676.14	78085.26	624682.08
1994	1102.449	811.18	7300.62	58404.96	408834.72
1996	189.301	773.15	6185.2	43296.4	259778.4
1997	235.62	662.806	4639.642	27837.852	139189.26
1998	773.15	634.419	3806.514	19032.57	76130.28
2002	1555.103	621.332	3106.66	12426.64	37279.92
2003	1054.864	591.571	2366.284	7098.852	14197.704
2004	1088.218	564.208	1692.624	3385.248	3385.248
2005	1051.231	544.464	1088.928	1088.928	0
2006	1120.164	235.62	235.62	0	0
2014	918.582	189.301	0	0	0
n=	28		400009.95	7406465.22	144325751
Mo=	890.52				
M1=	529.11				
M2=	376.80				
M3=	293.70				
E=	0.07				
β=	0.55				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.9. Zamora Dj Sabanilla H0889

Tabla 151. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	ZAMORA DJ SABANILLA	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1974	80.106	1102.572	41897.736	1550216.23	55807784.4
1975	647.249	988.387	36570.319	1316531.48	46078601.9
1979	236.196	862.823	31061.628	1087156.98	36963337.3
1980	486.672	813.528	28473.48	968098.32	31947244.6
1981	268.263	809.93	27537.62	908741.46	29079726.7
1982	265.214	694.027	22902.891	732892.512	22719667.9
1983	351.105	649.933	20797.856	644733.536	19342006.1
1984	232.262	647.249	20064.719	601941.57	17456305.5
1985	389.825	628.842	18865.26	547092.54	15318591.1
1986	334.297	623.733	18088.257	506471.196	13674722.3
1987	437.623	619.922	17357.816	468661.032	12185186.8
1988	258.174	611.491	16510.257	429266.682	10731667.1
1989	417.816	572.223	14877.798	371944.95	8926678.8
1990	536.521	568.004	14200.1	340802.4	7838455.2
1991	862.823	536.521	12876.504	296159.592	6515511.02
1992	327.764	510.187	11734.301	258154.622	5421247.06
1993	649.933	486.672	10706.784	224842.464	4496849.28
1994	470.264	470.264	9875.544	197510.88	3752706.72
1995	327.764	437.623	8752.46	166296.74	2993341.32
1996	381.878	419.172	7964.268	143356.824	2437066.01
1997	510.187	417.816	7520.688	127851.696	2045627.14
1998	402.208	415.039	7055.663	112890.608	1693359.12
1999	572.223	402.208	6435.328	96529.92	1351418.88
2000	273.792	389.825	5847.375	81863.25	1064222.25
2001	1102.572	381.878	5346.292	69501.796	834021.552
2002	132.376	353.04	4589.52	55074.24	605816.64
2003	813.528	351.105	4213.26	46345.86	463458.6
2004	623.733	334.297	3677.267	36772.67	330954.03
2005	353.04	333.88	3338.8	30049.2	240393.6
2006	415.039	327.764	2949.876	23599.008	165193.056
2007	809.93	327.764	2622.112	18354.784	110128.704
2008	333.88	273.792	1916.544	11499.264	57496.32
2009	419.172	268.263	1609.578	8047.89	32191.56
2010	611.491	265.214	1326.07	5304.28	15912.84
2011	628.842	258.174	1032.696	3098.088	6196.176
2012	619.922	236.196	708.588	1417.176	1417.176
2013	568.004	232.262	464.524	464.524	0
2014	694.027	132.376	132.376	0	0
2015	988.387	80.106	0	0	0
n=	39		451902.16	12489536.3	362704505
Mo=	482.93				
M1=	304.93				
M2=	227.77				
M3=	183.74				
E=	0.00				
β=	0.02				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.10. Yacuambi en la Paz H0912

Tabla 152. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	YACUAMBI EN LA PAZ	ORDENADOS	M1= β^1	M2	M3
1980	702.788	1103.977	17663.632	264954.48	3709362.72
1981	930.343	930.343	13955.145	195372.03	2539836.39
1982	272.203	702.788	9839.032	127907.416	1534888.99
1983	260.542	690.618	8978.034	107736.408	1185100.49
1984	236.783	649.467	7793.604	85729.644	857296.44
1986	494.945	587.25	6459.75	64597.5	581377.5
1987	109.917	582.042	5820.42	52383.78	419070.24
1988	419.774	566.406	5097.654	40781.232	285468.624
1989	454.021	541.445	4331.56	30320.92	181925.52
1990	582.042	537.319	3761.233	22567.398	112836.99
1991	587.25	494.945	2969.67	14848.35	59393.4
1992	690.618	454.021	2270.105	9080.42	27241.26
1994	566.406	419.774	1679.096	5037.288	10074.576
2002	649.467	272.203	816.609	1633.218	1633.218
2003	537.319	260.542	521.084	521.084	0
2004	541.445	236.783	236.783	0	0
2014	1103.977	109.917	0	0	0
n=	17		92193.41	1023471.17	11505506.4
Mo=	537.64				
M1=	338.95				
M2=	250.85				
M3=	201.43				
E=	0.02				
β=	0.17				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.11. Jubones Dj Sn Francisco H0529

Tabla 153. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	JUBONES DJ SN FRANCISCO	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1964	371.547	2056.8041	90499.3804	3891473.36	163441881
1965	346.143	1309.9903	56329.5829	2365842.48	96999541.8
1966	176.149	1273.262	53477.004	2192557.16	87702286.6
1967	321.85	1114.166	45680.806	1827232.24	71262057.4
1968	223.522	789.867	31594.68	1232192.52	46823315.8
1969	242.008	768.341	29965.299	1138681.36	42131210.4
1970	700.581	759.605	28864.99	1068004.63	38448166.7
1971	538.611	700.581	25921.497	933173.892	32661086.2
1972	332.739	653.24	23516.64	823082.4	27984801.6
1973	359.759	639.13	22369.55	760564.7	25098635.1
1974	409.746	538.611	18312.774	604321.542	19338289.3
1975	759.605	515.252	17003.316	544106.112	16867289.5
1976	653.24	484.186	15493.952	480312.512	14409375.4
1977	343.125	454.752	14097.312	422919.36	12264661.4
1980	40.286	424.331	12729.93	369167.97	10336703.2
1981	454.752	409.746	11882.634	332713.752	8983271.3
1982	256.415	371.547	10403.316	280889.532	7303127.83
1983	515.252	359.759	9713.493	252550.818	6313770.45
1984	320.399	359.582	9349.132	233728.3	5609479.2
1985	142.701	346.143	8653.575	207685.8	4776773.4
1987	26.581	343.125	8235	189405	4166910
1989	164.602	332.739	7652.997	168365.934	3535684.61
1990	177.262	322.348	7091.656	148924.776	2978495.52
1991	789.867	321.85	6758.85	135177	2568363
1992	768.341	320.399	6407.98	121751.62	2191529.16
1993	1309.9903	275.892	5241.948	94355.064	1604036.09
1994	1114.166	256.415	4615.47	78462.99	1255407.84
1995	359.582	242.008	4114.136	65826.176	987392.64
1996	484.186	233.086	3729.376	55940.64	783168.96
1997	2056.8041	223.522	3352.83	46939.62	610215.06
1998	1273.262	213.607	2990.498	38876.474	466517.688
2000	40.743	208.089	2705.157	32461.884	357080.724
2001	639.13	205.94	2471.28	27184.08	271840.8
2002	149.464	186.589	2052.479	20524.79	184723.11
2003	424.331	177.262	1772.62	15953.58	127628.64
2004	186.589	176.149	1585.341	12682.728	88779.096
2005	208.089	164.602	1316.816	9217.712	55306.272
2006	233.086	149.464	1046.248	6277.488	31387.44
2007	110.255	148.536	891.216	4456.08	17824.32
2008	322.348	142.701	713.505	2854.02	8562.06
2009	213.607	110.255	441.02	1323.06	2646.12
2010	148.536	59.485	178.455	356.91	356.91
2011	275.892	40.743	81.486	81.486	0
2012	59.485	40.286	40.286	0	0
2013	205.94	26.581	0	0	0
n=	45		611345.51	21238599.6	761049579
Mo=	427.79				
M1=	308.76				
M2=	249.46				
M3=	212.83				
E=	-0.04				
β=	-0.30				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.12. Jubones en Ushcurrumi H0530

Tabla 154. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	JUBONES EN USHCURRUMI	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1967	265.819	889.052	41785.444	1922130.42	86495869.1
1968	215.371	759.944	34957.424	1573084.08	69215699.5
1969	516.619	667.58	30041.1	1321808.4	56837761.2
1970	429.335	639.028	28117.232	1209040.98	50779721
1971	889.052	579.158	24903.794	1045959.35	42884333.3
1972	292.859	538.366	22611.372	927066.252	37082650.1
1973	759.944	529.864	21724.424	868976.96	33890101.4
1974	512.017	516.619	20664.76	805925.64	30625174.3
1975	529.864	512.017	19968.663	758809.194	28075940.2
1976	425.772	498.191	18931.258	700456.546	25216435.7
1977	284.066	475.017	17575.629	632722.644	22145292.5
1978	291.79	429.335	15456.06	540962.1	18392711.4
1979	258.74	425.772	14902.02	506668.68	16720066.4
1980	307.664	420.968	14312.912	472326.096	15114435.1
1981	349.01	416.321	13738.593	439634.976	13628684.3
1982	281.924	407.854	13051.328	404591.168	12137735
1983	407.854	394.947	12243.357	367300.71	10651720.6
1984	416.321	388.983	11669.49	338415.21	9475625.88
1985	153.682	385.705	11185.445	313192.46	8456196.42
1986	123.563	383.715	10744.02	290088.54	7542302.04
1987	150.178	371.831	10039.437	261025.362	6525634.05
1988	145.068	349.01	9074.26	226856.5	5444556
1989	294.532	307.664	7691.6	184598.4	4245763.2
1990	118.522	295.711	7097.064	163232.472	3591114.38
1991	295.711	294.532	6774.236	149033.192	3129697.03
1992	162.884	292.859	6442.898	135300.858	2706017.16
1993	639.028	291.79	6127.59	122551.8	2328484.2
1994	383.715	284.066	5681.32	107945.08	1943011.44
1995	155.835	281.924	5356.556	96418.008	1639106.14
1996	420.968	269.406	4849.308	82438.236	1319011.78
1997	394.947	265.819	4518.923	72302.768	1084541.52
1998	667.58	264.762	4236.192	63542.88	889600.32
1999	388.983	258.74	3881.1	54335.4	706360.2
2000	498.191	252.639	3536.946	45980.298	551763.576
2001	579.158	250.933	3262.129	39145.548	430601.028
2002	250.933	236.008	2832.096	31153.056	311530.56
2003	219.157	219.157	2410.727	24107.27	216965.43
2004	252.639	215.371	2153.71	19383.39	155067.12
2005	264.762	167.194	1504.746	12037.968	84265.776
2006	385.705	162.884	1303.072	9121.504	54729.024
2007	475.017	155.835	1090.845	6545.07	32725.35
2008	538.366	155.054	930.324	4651.62	18606.48
2009	167.194	153.682	768.41	3073.64	9220.92
2010	155.054	150.178	600.712	1802.136	3604.272
2011	371.831	145.068	435.204	870.408	870.408
2012	70.328	123.563	247.126	247.126	0
2013	236.008	118.522	118.522	0	0
2014	269.406	70.328	0	0	0
n=	48		501549.38	17356860.4	632791303
M0=	347.15				
M1=	222.32				
M2=	167.25				
M3=	135.50				
E=	0.00				
β=	0.00				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

7.13. Casacay Aj Jubones H0531

Tabla 155. Calculo del parámetro β -Momentos L.

AÑO	CASACAY AJ JUBONES	ORDENADOS	M1= β 1	M2	M3
1972	13.491	55.338	1770.816	54895.296	1646858.88
1973	30.142	53.89	1670.59	50117.7	1453413.3
1974	12.54	39.285	1178.55	34177.95	956982.6
1975	20.639	36.697	1064.213	29797.964	804545.028
1976	32.132	35.96	1006.88	27185.76	706829.76
1977	25.949	32.132	867.564	22556.664	563916.6
1978	24.459	30.142	783.692	19592.3	470215.2
1979	11.112	29.652	741.3	17791.2	409197.6
1980	18.806	28.673	688.152	15827.496	348204.912
1981	15.911	26.673	613.479	13496.538	283427.298
1982	53.89	25.949	570.878	11988.438	239768.76
1983	36.697	24.459	513.639	10272.78	195182.82
1985	3.732	23.552	471.04	8949.76	161095.68
1988	6.531	21.401	406.619	7319.142	124425.414
1989	2.424	20.639	371.502	6315.534	101048.544
1990	6.537	19.778	336.226	5379.616	80694.24
1991	10.374	18.806	300.896	4513.44	63188.16
1992	28.673	16.037	240.555	3367.77	43781.01
1993	19.778	15.911	222.754	2895.802	34749.624
1994	55.338	13.491	175.383	2104.596	23150.556
2002	3.783	13.255	159.06	1749.66	17496.6
2003	9.668	12.54	137.94	1379.4	12414.6
2004	26.673	11.112	111.12	1000.08	8000.64
2005	7.754	10.374	93.366	746.928	5228.496
2006	21.401	10.066	80.528	563.696	3382.176
2007	16.037	9.668	67.676	406.056	2030.28
2008	39.285	8.13	48.78	243.9	975.6
2009	29.652	7.754	38.77	155.08	465.24
2010	23.552	6.537	26.148	78.444	156.888
2011	13.255	6.531	19.593	39.186	39.186
2012	35.96	3.783	7.566	7.566	0
2013	8.13	3.732	3.732	0	0
2014	10.066	2.424	0	0	0
n=	33		14789.01	354915.74	8760865.69
Mo=	20.44				
M1=	14.00				
M2=	10.84				
M3=	8.92				
E=	0.00				
β=	-0.03				

Fuente: Estimación de la lluvia "R" para la determinación de las curvas intensidad duración-frecuencia en la provincia de Loja-Ecuador con escasa o nula información pluviográfica, 2011.

Elaboración: Propia.

8. MANUAL BÁSICO DE HEC-GEORAS 10 (3ª EDICIÓN)

A continuación se presenta el link de descarga del Curso de Especialización: *Modelación de ríos con HEC-RAS y SIG: Régimen permanente 1-D*, para la simulación de llanuras o valles de inundación:

http://www.urbanismogranada.com/administrador/archivos/17_04_13_manualHecGeo_RASv3_2013.pdf

9. ANEXO FOTOGRÁFICO

9.1. Calidad de agua por contenido de sólidos

9.1.1. Toma de muestras



Figura 50: Toma de muestras de agua, río Calera.
Fuente y elaboración: Propia.



Figura 51: Toma de muestras de agua, río Amarillo.
Fuente y elaboración: Propia.



Figura 52: Toma de muestras de agua, Convergencia de los ríos Calera y Amarillo.
Fuente y elaboración: Propia.

9.1.2. Ensayos de calidad de agua por contenido de sólidos



Figura 53: Ensayo de calidad de agua por contenido de sólidos, río Amarillo.
Fuente y elaboración: Propia.



Figura 54: Ensayo de calidad de agua por contenido de sólidos, río Calera.
Fuente y elaboración: Propia.



Figura 55: Ensayo de calidad de agua por contenido de sólidos, Convergencia de los ríos Calera y Amarillo.
Fuente y elaboración: Propia.