



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Modelo de predicción del caudal de ingreso principal y lateral al reservorio Poechos en épocas de avenidas**

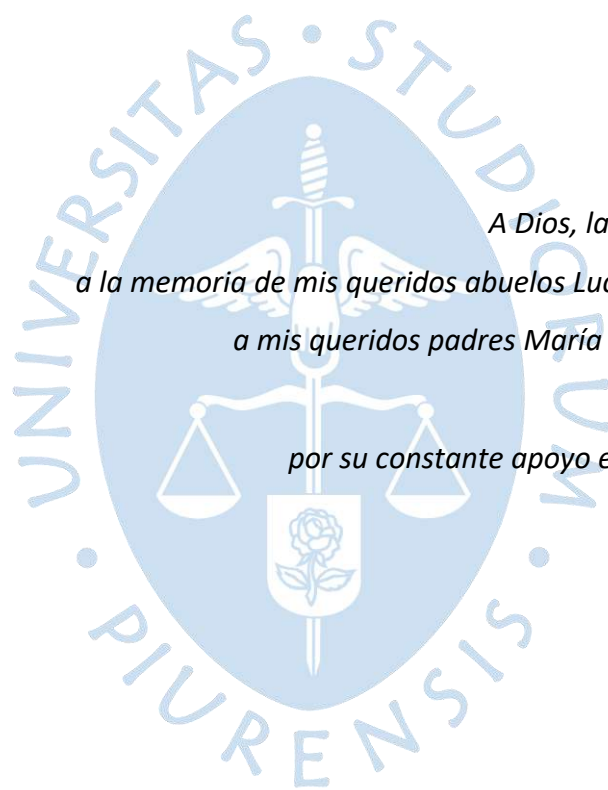
Tesis para optar el Grado de  
Máster en Recursos Hídricos

**Luis Angel Noblecilla Palomino**

**Asesora:**  
**Mgtr. Ing. Clara Marina Farías Zegada de Reyes**

**Piura, septiembre de 2021**





*A Dios, la Virgen y San Josemaría;  
a la memoria de mis queridos abuelos Lucho, Orlando y Emeteria;  
a mis queridos padres María Esther y Angel Gregorio;  
y a mi abuela Nery,  
por su constante apoyo en cada logro de mi vida.*



Esta tesis ha sido financiada por el Proyecto Concytec - Banco Mundial “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia. [contrato número 060-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV], con el objetivo de desarrollar modelos estadísticos para la predicción a corto plazo (24, 48, 72 horas) de los caudales de avenida de los ríos Chira y Piura, partiendo de un estudio exhaustivo de la red hidrometeorológica actual que garantice la calidad de la información empleada en la predicción.

Forma parte del subproyecto “Modelación hidrológica de los caudales de los ríos Chira y Piura: evaluación de la red hidrometeorológica actual y elaboración de una herramienta de predicción”, a cargo de la Universidad de Piura e IRAGER.

Se agradece a ProCiencia por el financiamiento brindado; asimismo, al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y al Proyecto Especial Chira Piura, por la información y las facilidades para la conformación de la base de datos hidrometeorológica.



## Resumen

El presente trabajo de investigación forma parte del proyecto “Modelación hidrológica de los caudales de los ríos Chira y Piura: Evaluación de la red hidrometereológica actual y elaboración de una herramienta de predicción”, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y el Banco Mundial. Tiene como objetivo principal determinar la influencia directa del aporte lateral ( $A_L$ ) al volumen total de ingreso ( $A_T$ ) del río Chira al reservorio Poechos, el cual es la estructura hidráulica más importante de la región Piura, y que ha perdido más de la mitad de su capacidad de almacenamiento por el problema de colmatación de manera acelerada por la ocurrencia de los Fenómenos El Niño.

Utilizando el método de hidrograma unitario, se ha calculado los distintos aportes laterales al reservorio Poechos a partir de la base de datos confiables de precipitaciones de las estaciones pluviométricas de la zona: Alamor ( $P_{ALA}$ ), Lancones ( $P_{LAN}$ ), Ardilla ( $P_{ARD}$ ) y Ciruelo ( $P_{CIR}$ ); y las características geomorfológicas de las cuencas que abarca. Entre los principales resultados destaca la presencia de aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 45 mm y la influencia tardía de un día entre la lluvia y el aporte al reservorio.

El modelo matemático de predicción para la relación porcentual [%] entre el volumen de agua de ingreso lateral ( $A_L$ ) y el volumen total de ingreso al reservorio ( $A_T$ ), se obtuvo mediante el uso de la herramienta software Minitab 19 a partir del análisis de regresión múltiple. Este modelo final, luego de un detallado análisis de variables independientes y de una mejora significativa de las gráficas de residuos y de los valores de  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y  $R^2$  de predicción; quedó expresado en función a las precipitaciones diarias en Lancones y Ardilla:  $LN\% = -4.297 + 0.03920 * P_{LAN} + 0.07805 * P_{ARD} - 0.000209 * P_{LAN}^2 - 0.000216 * P_{ARD}^2$ . A partir del valor porcentual [%] y conocido el aporte del cauce principal ( $A_P$ ), el volumen total de ingreso queda determinado como:  $A_T = A_P * (1/(1-\%))$ .





## Tabla de contenido

Introducción .....	19
Capítulo 1 .....	21
Ámbito de estudio .....	21
1.1 Cuenca binacional Catamayo-Chira .....	21
1.1.1 Ubicación y extensión .....	21
1.1.2 Geología .....	23
1.1.3 Hidrografía .....	23
1.1.4 Características climáticas .....	25
1.1.5 Geomorfología .....	25
1.1.6 Capacidad de uso mayor de suelos de la cuenca del río Chira .....	26
1.2 Unidades hidrográficas .....	29
1.3 Proyecto Especial Chira-Piura (PECHP) .....	35
1.3.1 Origen .....	35
1.3.2 Etapas de ejecución .....	35
1.3.3 Infraestructura mayor de riego .....	37
1.3.3.1 Presas .....	37
1.3.3.2 Canales principales .....	38
1.4 Reservoirio Poechos .....	39
1.4.1 Descripción del reservorio .....	39
1.4.2 Estructuras de protección y seguridad .....	39
1.4.3 Operación del reservorio Poechos .....	39
1.4.4 Problema de colmatación en el reservorio Poechos .....	40
1.4.5 Importancia e impacto en la población .....	43
1.5 Hidrografía del reservorio Poechos .....	44
1.5.1 Estación hidrométrica Ardilla .....	44
1.5.2 Cuenca La Solana .....	45
1.5.3 Quebrada Pilares .....	45
1.5.4 Quebrada Gramadal .....	46
1.5.5 Quebrada Panales .....	46
1.5.6 Quebrada Venados .....	46
Capítulo 2 .....	49
Modelo de predicción .....	49
2.1 Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (Curvas IDF) .....	49
2.1.1 Intensidad de la lluvia de diseño .....	50

2.1.2	<i>Periodo de retorno <math>T_r</math></i> .....	50
2.1.2.1	Intervalo de ocurrencias $\tau$ .....	50
2.1.2.2	Periodo de retorno $T_r$ .....	50
2.1.3	<i>Determinación de las curvas IDF</i> .....	50
2.2	Método del bloque alterno .....	51
2.2.1	<i>Precipitación total y efectiva – método SCS</i> .....	51
2.2.2	<i>Número de curva CN</i> .....	53
2.2.2.1	Grupo hidrológico de suelo .....	54
2.3	Método del hidrograma unitario SCS .....	55
2.3.1	<i>Elaboración del hidrograma unitario</i> .....	58
2.3.1.1	Insumos .....	58
2.3.1.2	Cálculos .....	58
2.3.2	<i>Método de convolución</i> .....	63
2.4	Análisis de regresión múltiple .....	60
2.4.1	<i>Elección del modelo: el método paso a paso o “stepwise”</i> .....	61
2.4.1.1	Verificación de los criterios de probabilidad de entrada .....	62
2.4.1.2	Verificación del criterio de probabilidad de salida .....	62
2.4.1.3	Límite al número de pasos .....	62
2.4.2	<i>Bondad de ajuste de los datos al modelo de regresión múltiple</i> .....	62
2.4.2.1	Coeficiente de correlación múltiple (Múltiple R) .....	62
2.4.2.2	Coeficiente de correlación múltiple al cuadrado o coeficiente de determinación (R square “ $R^2$ ”) .....	63
2.4.2.3	Coeficiente de determinación ajustado (adjusted R square) .....	63
2.4.2.4	Error típico de predicción (ETB) .....	63
2.4.2.5	Estadístico PRESS y $R^2$ de predicción .....	63
2.4.2.6	Análisis de varianza .....	64
2.4.2.7	Análisis de residuales .....	64
2.4.3	<i>Estimación de los parámetros o coeficientes de regresión: la ecuación de predicción o ecuación de regresión múltiple</i> .....	65
2.4.4	<i>Multicolinealidad</i> .....	66
2.4.5	<i>Transformaciones no lineales</i> .....	67
Capítulo 3	.....	69
Aporte lateral al reservorio poechos	.....	69
3.1	Problema en estudio .....	69
3.1.1	<i>Definición del problema</i> .....	69
3.1.2	<i>Objetivo</i> .....	69
3.2	Aporte lateral a partir de la medición de niveles en la estación Ardilla .....	69
3.3	Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuencas laterales .....	70
3.4	Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuenca unificada .....	75
3.4.1	<i>Tramo directo</i> .....	77
3.4.2	<i>Dos tramos</i> .....	78
3.5	Aporte lateral al reservorio Pochos proporcional al aporte de la cuenca La Solana .....	78
Capítulo 4	.....	81
Resultados del estudio	.....	81

4.1 Caudales calculados a partir de la medición de niveles en la estación Ardilla .....	81
4.1.1 <i>Análisis mensual</i> .....	81
4.1.2 <i>Análisis anual</i> .....	81
4.2 Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuencas laterales .....	84
4.3 Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuenca unificada .....	89
4.4 Aporte lateral al reservorio proporcional al aporte de la cuenca La Solana .....	91
4.4.1 <i>Análisis de regresión: % vs. <math>P_{LAN}</math>; <math>P_{ALA}</math>; <math>P_{CIR}</math>; <math>P_{ARD}</math>; <math>P</math></i> .....	95
4.4.2 <i>Análisis de regresión: LN% vs. <math>P_{LAN}</math>; <math>P_{ALA}</math>; <math>P_{CIR}</math>; <math>P_{ARD}</math></i> .....	98
4.4.3 <i>Análisis de regresión: LN% vs. <math>P_{LAN}</math>; <math>P_{ALA}</math>; <math>P_{ARD}</math></i> .....	100
4.4.4 <i>Análisis de regresión: LN% vs. <math>P_{LAN}</math>; <math>P_{ARD}</math></i> .....	103
Conclusiones .....	111
Recomendaciones .....	115
Referencias bibliográficas .....	117
Apéndices .....	121
Apéndice A. Gráficos de comparación de caudales para un análisis mensual .....	123
Apéndice B. Datos de ingreso al modelo de predicción por regresión múltiple .....	139

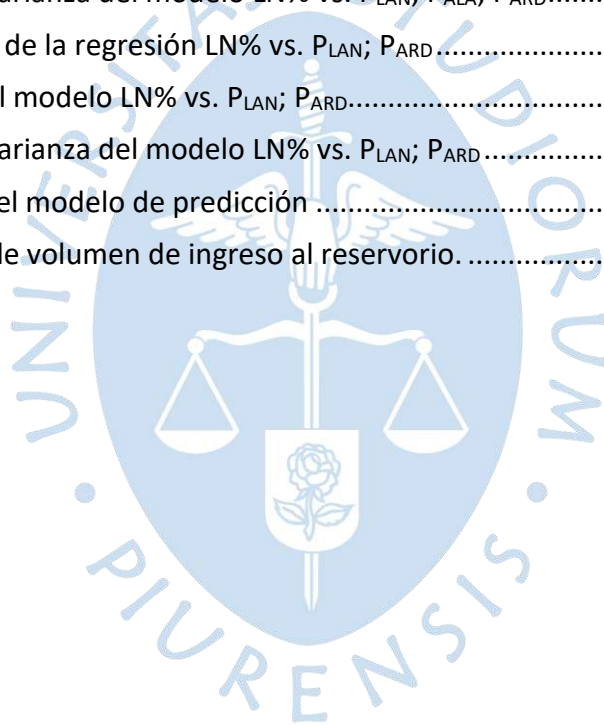




## Lista de Tablas

Tabla 1. Subcuencas de la cuenca binacional Catamayo-Chira. ....	21
Tabla 2. Tipos de clima en la cuenca binacional Catamayo-Chira .....	25
Tabla 3. Pendiente media de cauces principales. ....	25
Tabla 4. Pendiente media de cuencas.....	26
Tabla 5. Condiciones de drenaje de las cuencas.....	26
Tabla 6. Resumen de los grupos de capacidad de uso mayor de suelos para la cuenca del río Chira. ....	27
Tabla 7. Distribución de las unidades hidrográficas del Perú. ....	29
Tabla 8. Información nativa de los principales cursos de agua en el nivel 3. ....	32
Tabla 9. Acumulación de sedimentos en el reservorio Poechos desde el año 1976 hasta el año 2014. ....	42
Tabla 10. Ubicación geográfica y características de la estación Ardilla.....	45
Tabla 11. Resumen de las principales quebradas aportantes al reservorio Poechos.....	46
Tabla 12. Insumos para la elaboración del hidrograma unitario. ....	58
Tabla 13. Características geomorfológicas de las cuencas laterales del reservorio Poechos .....	72
Tabla 14. Porcentaje de área de influencia de las estaciones pluviométricas en cada subcuenca de estudio.....	72
Tabla 15. Matriz de precipitaciones máximas e intensidades máximas anuales [mm] en función de la duración [min] y el periodo de retorno T [años].....	74
Tabla 16. Curva ID unitaria de diseño .....	74
Tabla 17. Datos iniciales para el método de hidrograma unitario de las cuencas laterales. ....	75
Tabla 18. Datos más importantes de las zonas de influencia en la cuenca Chira.....	75
Tabla 19. Porcentaje de área de influencia de las estaciones pluviométricas en cada subcuenca de estudio.....	77
Tabla 20. Datos iniciales para el método de hidrograma unitario de la cuenca unificada de tramo directo. ....	77
Tabla 21. Datos iniciales para el método de hidrograma unitario de la cuenca unificada de dos tramos.....	78

Tabla 22. Valores atípicos del análisis de aporte lateral .....	84
Tabla 23. Análisis de aporte lateral para precipitaciones entre 10 y 30 mm .....	88
Tabla 24. Variables de estudio utilizadas en el método de regresión múltiple .....	95
Tabla 25. Coeficientes de la regresión % vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ ; $P$ .....	95
Tabla 26. Resumen del modelo % vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ ; $P$ .....	96
Tabla 27. Análisis de varianza del modelo % vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ ; $P$ .....	96
Tabla 28. Coeficientes de la regresión LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ .....	98
Tabla 29. Resumen del modelo LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ .....	99
Tabla 30. Análisis de varianza del modelo LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ .....	99
Tabla 31. Coeficientes de la regresión LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{ARD}$ .....	101
Tabla 32. Resumen del modelo LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{ARD}$ .....	101
Tabla 33. Análisis de varianza del modelo LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{ARD}$ .....	101
Tabla 34. Coeficientes de la regresión LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ARD}$ .....	103
Tabla 35. Resumen del modelo LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ARD}$ .....	103
Tabla 36. Análisis de varianza del modelo LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ARD}$ .....	103
Tabla 37. Aplicación del modelo de predicción .....	105
Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio. ....	139



## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de subcuencas Catamayo-Chira. ....	22
Figura 2. Hidrografía de la cuenca Catamayo Chira. ....	24
Figura 3. Mapa de capacidad de uso mayor del suelo de la cuenca hidrográfica del río Chira. ....	28
Figura 4. Principales cuencas hidrográficas del Perú. ....	29
Figura 5. Regiones hidrográficas nivel 1 de América del Sur. ....	30
Figura 6. Región hidrográfica 1: unidades de nivel 2. ....	31
Figura 7. Región hidrográfica 13: unidades de nivel 3. ....	32
Figura 8. Región hidrográfica 138: unidades de nivel 4 (Perú y Ecuador). ....	33
Figura 9. Región hidrográfica 138: unidades de nivel 4 (Perú). ....	34
Figura 10. Etapas de ejecución del Proyecto Especial Chira Piura. ....	37
Figura 11. Volumen del reservorio Poechos para los años 1976 y 2013, según batimetría del año 2012. ....	40
Figura 12. Mapa de impacto del reservorio Poechos en las provincias de Piura. ....	43
Figura 13. Ubicación geográfica de la estación Ardilla. ....	44
Figura 14. Codificación de la cuenca 13819. ....	47
Figura 15. Representación de las cuencas Panales, Venados, Gramadal y Pilares. ....	47
Figura 16. Representación de la cuenca La Solana (1382) y su división en subcuencas. ....	48
Figura 17. Ejemplo curvas IDF: Tormenta de proyecto en base a mediciones en el pedemonte del Gran Mendoza (Argentina). ....	49
Figura 18. Variables en el método de abstracciones de precipitación SCS. ....	52
Figura 19. Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS. ....	54
Figura 20. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2s$ ) ....	55
Figura 21. Comparación de los conceptos de sistema lineal e hidrograma unitario. ....	56
Figura 22. Hidrograma unitario SCS. ....	59
Figura 23. Distribución normal del error e. ....	60
Figura 24. Método de los polígonos de Thiessen en el software ArcGIS para determinar la precipitación multianual media de las cuencas laterales al reservorio Poechos. ....	71



Figura 25. Mapa Número de Curva – condiciones normales.....	73
Figura 26. Método de los polígonos de Thiessen en el software ArcGIS para determinar el área de influencia de lluvia dentro de la cuenca Chira sin considerar la estación pluviométrica Pananga.....	76
Figura 27. Caudales promedios diarios ( $Q_f(H)$ y $Q_{web}$ ) medidos en la estación ardilla durante el año 2018. ....	82
Figura 28. Caudales promedios diarios ( $Q_f(H)$ y $Q_{web}$ ) medidos en la estación ardilla durante el año 2019. ....	82
Figura 29. Caudales promedios diarios ( $Q_f(H)$ y $Q_{web}$ ) medidos en la estación ardilla durante el año 2020. ....	83
Figura 30. Registro de Precipitación Promedio y Aporte Lateral en el Reservorio Poechos para el periodo de años 1972 - 2019. ....	85
Figura 31. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral para el Fenómeno El Niño 1982-83.....	85
Figura 32. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral para el Fenómeno El Niño 1997-98.....	86
Figura 33. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral para el Fenómeno El Niño Costero 2017. ....	86
Figura 34. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 50 mm.....	87
Figura 35. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 50 mm para las cuencas laterales y cuenca unificada de uno y dos tramos. ....	89
Figura 36. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 72 mm.....	90
Figura 37. Gráfico de relación de datos de aporte lateral - $Q_{web}$ para la cuenca unificada de dos tramos.....	90
Figura 38. Distribución del caudal estimado por balance, $Q_{web}$ , y el aporte lateral, $A_L$ , en función de la lluvia, $P$ , de la cuenca La Solana para el FEN 1982-1983. ....	92
Figura 39. Distribución del caudal estimado por balance, $Q_{web}$ , y el aporte lateral, $A_L$ , en función de la lluvia, $P$ , de la cuenca La Solana para el FEN 1997-1998. ....	93
Figura 40. Distribución del caudal estimado por balance, $Q_{web}$ , y el aporte lateral, $A_L$ , en función de la lluvia, $P$ , de la cuenca La Solana para el FEN Costero 2017. ....	94
Figura 41. Gráficas de residuos para la variable dependiente % en el modelo de regresión % vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ ; $P$ .....	96
Figura 42. Gráficas de residuos para la variable dependiente LN% en el modelo de regresión LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ .....	99
Figura 43. Gráficas de residuos para la variable dependiente LN% en el modelo de regresión LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{ARD}$ .....	102
Figura 44. Gráficas de residuos para la variable dependiente LN% en el modelo de regresión LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ARD}$ .....	104



Figura 45. Predicción del porcentaje del volumen de aporte lateral respecto del total (%).	107
Figura 46. Predicción del volumen de aporte lateral $A_L$ .	108
Figura 47. Error de predicción del porcentaje del volumen de aporte lateral respecto del total.	108
Figura 48. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de enero del año 2018.	123
Figura 49. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de febrero del año 2018.	123
Figura 50. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de marzo del año 2018.	124
Figura 51. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de abril del año 2018.	124
Figura 52. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de mayo del año 2018.	125
Figura 53. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de junio del año 2018.	125
Figura 54. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de julio del año 2018.	126
Figura 55. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de agosto del año 2018.	126
Figura 56. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de septiembre del año 2018.	127
Figura 57. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de octubre del año 2018.	127
Figura 58. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de noviembre del año 2018.	128
Figura 59. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de diciembre del año 2018.	128
Figura 60. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de enero del año 2019.	129
Figura 61. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de febrero del año 2019.	129
Figura 62. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de marzo del año 2019.	130
Figura 63. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de abril del año 2019.	130
Figura 64. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de mayo del año 2019.	131

Figura 65. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de junio del año 2019.....	131
Figura 66. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de julio del año 2019.....	132
Figura 67. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de agosto del año 2019.....	132
Figura 68. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de septiembre del año 2019.....	133
Figura 69. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de octubre del año 2019.....	133
Figura 70. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de noviembre del año 2019.....	134
Figura 71. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de diciembre del año 2019.....	134
Figura 72. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de enero del año 2020.....	135
Figura 73. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de febrero del año 2020.....	135
Figura 74. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de marzo del año 2020.....	136
Figura 75. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de abril del año 2020.....	136
Figura 76. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de mayo del año 2020.....	137
Figura 77. Gráfico de comparación de caudales $Q_f(H)$ vs $Q_{web}$ para el mes de junio del año 2020.....	137

## **Introducción**

Con el pasar de los años, la cuenca hidrográfica del río Chira ha presentado fuertes variaciones en su comportamiento hidráulico e hidrológico, especialmente como consecuencia de fenómenos climáticos como El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), la oscilación Madden-Julian y otras ondas oceánicas y atmosféricas; siendo el Fenómeno del Niño Costero 2017, el evento más cercano suscitado en dicha zona. Los impactos negativos producidos por este último evento fueron de alta consideración, resaltando grandes pérdidas económicas para la región y lamentables pérdidas humanas.

Una de las principales obras hidráulicas de gran importancia para la región que ha sido afectada directamente por dichos eventos es el reservorio Poechos, ubicado en el río Chira. A diferencia del río Piura, el Chira cuenta con dicha infraestructura reguladora del caudal proveniente de la parte alta de la cuenca (Alto Chira), con el objetivo de evitar inundaciones e impactos negativos en los valles del Medio y Bajo Chira. Es muy importante contar con el buen estado y funcionamiento del reservorio. Sin embargo, estudios actuales demuestran que está perdiendo capacidad de almacenamiento del recurso hídrico de forma acelerada, debido a la colmatación producida por la acumulación de sedimentos que ingresan al embalse especialmente en años lluviosos (Varona, 2018).

La Universidad de Piura tiene en proceso de registro de patente una metodología de descolmatación que aprovecha la propia energía del agua para la remoción de sedimentos del embalse. Esta metodología requiere de la predicción de los caudales a corto plazo para garantizar el adecuado llenado del reservorio luego de las operaciones de limpieza (Reyes; Farías de Reyes; Guerrero y Tesén, 2018)

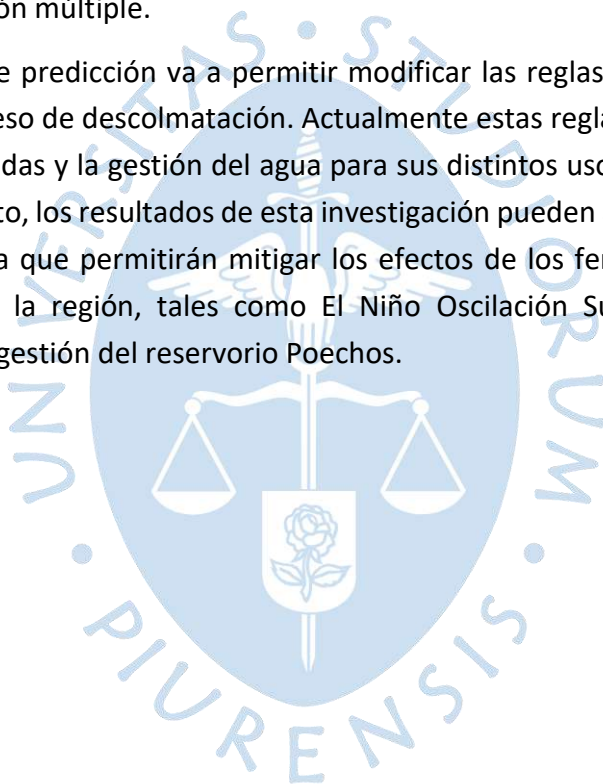
En el río Chira, aguas arriba del reservorio existe la estación hidrométrica Ardilla, cuyos registros no coinciden con el balance hídrico diario realizado en el embalse. Esto debido a que en épocas de crecidas el cauce principal no es el único ni el principal aporte, existiendo contribución lateral difusa en sus 24 km de extensión longitudinal, así como de quebradas principales como La Solana.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura se encuentra desarrollando el proyecto de investigación denominado “Modelación hidrológica de los caudales de los ríos Chira y Piura: Evaluación de la red hidrometereológica actual y elaboración de una

herramienta de predicción”, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y el Banco Mundial, con el fin de obtener una herramienta de predicción de caudales a corto plazo (24, 48, 72 horas), el cual brindará la principal base de datos hidráulicos e hidrológicos actualizados, operativos y fiables para el cálculo confiable del caudal de ingreso al reservorio. El equipo principal de investigación la conforman: Dr. Ing. Jorge Demetrio Reyes Salazar, Dr. Ing. Ismael Sánchez Rodríguez Morcillo, Dra. Ing. Isabel Marina Gonzalez Farías y Mgtr. Ing. Clara Marina Farías de Reyes, a los cuales se les agradece por el constante apoyo en la elaboración de esta tesis.

El presente trabajo de investigación forma parte del proyecto mencionado y busca determinar la influencia directa del aporte lateral ( $A_L$ ) al volumen total de ingreso ( $A_T$ ) del río Chira al reservorio Poechos en épocas de avenidas mediante el uso de un modelo de predicción por regresión múltiple.

Este sistema de predicción va a permitir modificar las reglas de operación de forma que se incluya el proceso de descolmatación. Actualmente estas reglas solo tienen en cuenta la laminación de avenidas y la gestión del agua para sus distintos usos: poblacional, agrícola, industrial, etc. Por tanto, los resultados de esta investigación pueden alcanzar un alto impacto económico y social, ya que permitirán mitigar los efectos de los fenómenos climatológicos extremos que azotan la región, tales como El Niño Oscilación Sur y El Niño costero, y permitirán mejorar la gestión del reservorio Poechos.



## Capítulo 1

### Ámbito de estudio

Siendo el objeto de estudio el aporte lateral al reservorio Poechos, en primer lugar, se realizará una descripción de la cuenca hidrográfica para luego ir a lo particular.

#### 1.1 Cuenca binacional Catamayo-Chira

##### 1.1.1 Ubicación y extensión

El río Chira nace en el Ecuador como río Catamayo y conforma la cuenca binacional Catamayo-Chira. Esta ocupa una superficie de 17199.18 km<sup>2</sup>, de los cuales 9986.81 km<sup>2</sup> están en territorio peruano, área conocida como cuenca del río Chira. El Consorcio ATA-UNL-UNP (2002) divide la cuenca Catamayo-Chira en 6 subcuencas (ver Tabla 1 y Figura 1).

**Tabla 1. Subcuencas de la cuenca binacional Catamayo-Chira.**

Subcuencas	Área [km <sup>2</sup> ]	Ubicación
Sistema Chira	4712	Ecuador-Perú
Chipillico	1171	Perú
Quiroz	3109	Perú
Alamor	1190	Ecuador-Perú
Macará	2833	Ecuador-Perú
Catamayo	4184	Ecuador
<b>Catamayo-Chira</b>	<b>17199</b>	<b>Ecuador-Perú</b>

Fuente: Consorcio ATA-UNL-UNP, 2002.

En territorio peruano ocupa una superficie de 9986.81 km<sup>2</sup> ubicada en el departamento de Piura: Ayabaca (47.23%), Huancabamba (0.36%), Morropón (0.14%), Paita (4.08%); Piura (5.01%), Sullana (40.35%), y Talara (2.77%). La cuenca se sitúa entre las coordenadas 03°30' a 05°08' latitud sur y 79°10' a 81°11' de longitud oeste. El rango altitudinal se encuentra entre el nivel del mar en la desembocadura del río Catamayo-Chira en el Océano Pacífico y la cota 3700 m s.n.m. Limita por el Norte con la cuenca Puyango – Tumbes (Departamento de Tumbes en Perú y provincias de el Oro y Loja), por el Sur con las provincias de Piura y Huancabamba en el Perú (cuencas del mismo nombre), por el Este con las cuencas de Santiago y Chinchipe en Ecuador, y por el Oeste con el Océano Pacífico y cuencas de Pariñas y Fernández (Autoridad Nacional del Agua, 2014).



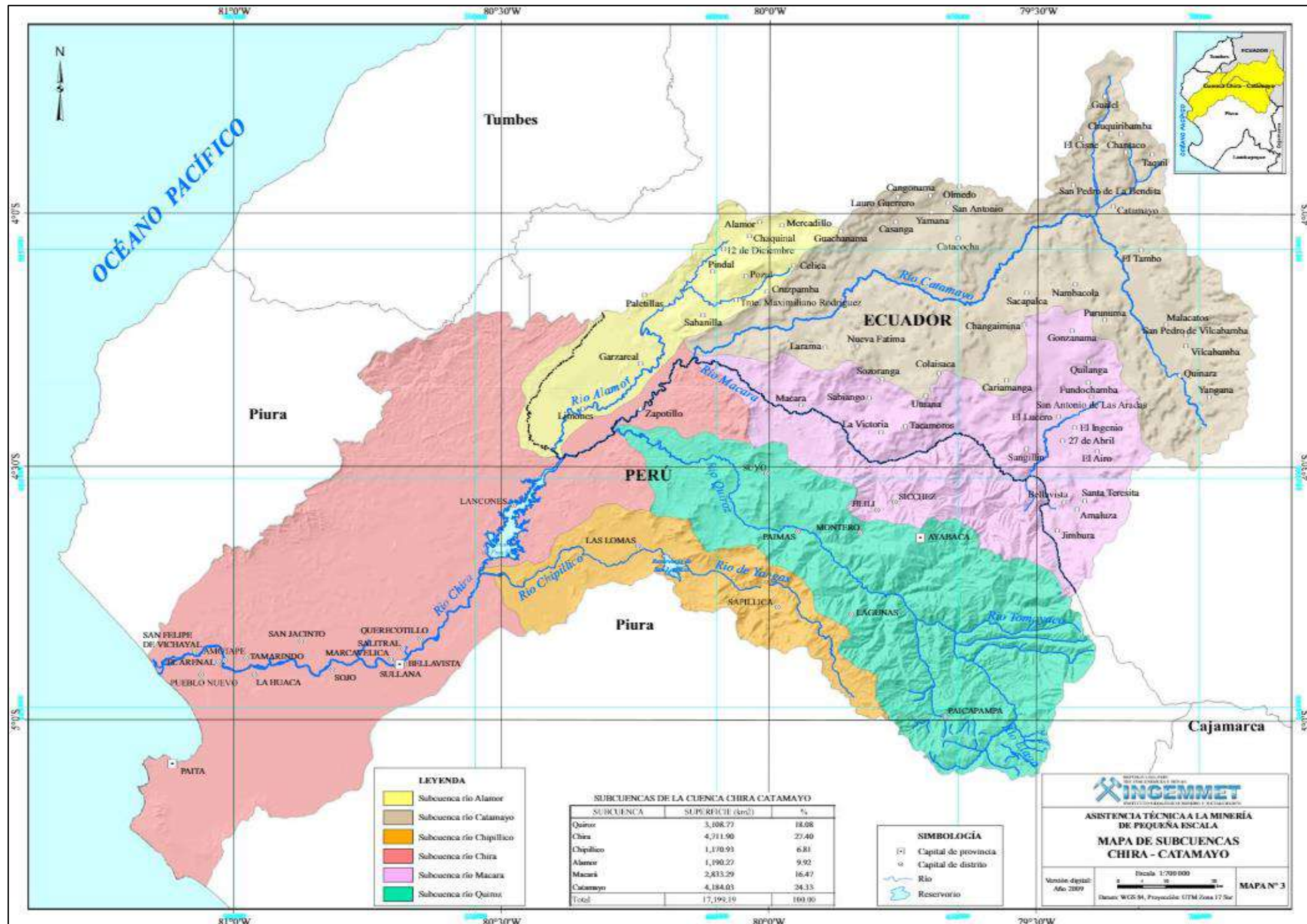


Figura 1. Mapa de subcuencas Catamayo-Chira.

Fuente: INCEMNET, 2009.

### **1.1.2 Geología**

En la conformación geológica de la cuenca Catamayo-Chira existen unidades, que van desde las más antiguas pertenecientes al Precámbrico-Paleozoico hasta las más recientes de edad cuaternaria con marcados hiatos principalmente en el Triásico y Jurásico. Las rocas más antiguas de naturaleza metamórfica afloran en el macizo de los Amotapes en el sector oeste y en el flanco oriental de la cordillera occidental del Perú y central del Ecuador, conformado por rocas del tipo areno pelítico con diferentes grados de metamorfismo. El Terciario se inicia con el desarrollo del Grupo Talara en el sector peruano, seguido de las formaciones Verdún, Chira-Verdún, Chira y Mirador. En el Cuaternario Pleistocénico, procesos de levantamiento en la costa han dado lugar a transgresiones y regresiones que originaron depósitos areniscosos y coquiníferos. Se tiene también depósitos aluviales en las quebradas, depresiones y depósitos eólicos en las llanuras costaneras, dentro de las que se pueden reconocer depósitos (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 2011).

### **1.1.3 Hidrografía**

El río Chira nace en las altas y frías punas del Parque Nacional Podocarpus (Loja – Ecuador) con el nombre del río Catamayo, posteriormente confluye con el río Macará, cambiando de nombre al de río Chira, con el cual ingresa a territorio nacional. En el Perú, recorre la región Piura en dirección Noreste-Suroeste, hasta llegar a la ciudad de Sullana donde cambia su dirección hasta desembocar en el océano Pacífico (Autoridad Nacional del Agua, 2014).

La longitud del río Chira es de 315 km, de los cuales 119 km son recorridos en territorio peruano. Sus afluentes principales en el Perú son: las quebradas Honda, Peroles, Samán, La Tina, Poechos y Cóndor (margen derecha); y los ríos Quiroz, Chipillico y Macará (margen izquierda). Así mismo recibe los aportes de otras quebradas que se activan en épocas de lluvia (Consorcio ATA-UNL-UNP, 2002) (ver Figura 2).







### 1.1.4 Características climáticas

En la cuenca Catamayo Chira se han identificado seis tipos de climas, que se muestran en la Tabla 2:

**Tabla 2. Tipos de clima en la cuenca binacional Catamayo-Chira**

Clima	Área [%]	Altitud [m s.n.m.]
Cálido	44.57	<1000
Semicálido	23.55	1000 a 1700
Templado cálido	20.40	1700 a 2300
Templado frío	7.28	2300 a 3000
Semifrío	3.54	3000 a 3500
Frío moderado	0.66	>3500

Fuente: CONSORCIO ATA-UNL-UNP, 2002.

Las temperaturas varían desde relativamente altas en la cuenca baja del orden de 24°C hasta temperaturas del entorno de 7°C en las partes altas de la cuenca. Las precipitaciones en la cuenca presentan marcadas variaciones en el espacio y en el tiempo, presentándose dos periodos marcados uno lluvioso entre diciembre a abril y otro seco entre mayo a noviembre. En la cuenca baja los periodos lluviosos son cortos y escasos, a excepción de los años con ocurrencia de Fenómeno El Niño; para el periodo de enero a abril hay presencia de lluvia media anual de 10 a 80 mm. En la cuenca media el período de lluvias es diciembre a mayo con precipitaciones medias anuales de 500 a 1000 mm. En la cuenca alta, las lluvias ocurren de octubre a mayo con medias anuales superiores a 1000 mm. La variación temporal de la evaporación es pequeña pero su variación espacial es grande, oscilando desde 6.0 en la cuenca baja hasta 3.0 mm/día en la cuenca alta (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 2011).

### 1.1.5 Geomorfología

El Consorcio ATA-UNL-UNP (2002) presenta las principales características geomorfológicas de la cuenca. En las Tablas 3, 4 y 5 se detalla la pendiente media de los cauces principales, la pendiente media de cuencas y condiciones de drenaje de las cuencas.

**Tabla 3. Pendiente media de cauces principales.**

Cuenca	Pendiente del cauce principal [%]
Río Catamayo Chira	1.13
Río Alamor	2.25
Río Catamayo	1.50
Río Macará	1.36
Río Quiroz	1.75
Río Chipillico	2.04

Fuente: Consorcio ATA-UNL-UNP, 2002.

**Tabla 4. Pendiente media de cuencas.**

<b>Cuenca</b>	<b>Pendiente media de cuenca [%]</b>
Río Catamayo Chira	16.70
Río Alamor	56.52
Río Catamayo	91.95
Río Macará	85.68
Río Quiroz	94.05
Río Chipillico	52.78

Fuente: Consorcio ATA-UNL-UNP, 2002.

**Tabla 5. Condiciones de drenaje de las cuencas.**

<b>Cuenca</b>	<b>Densidad de red de cauces [cauces/km<sup>2</sup>]</b>	<b>Densidad de drenaje [km/km<sup>2</sup>]</b>
Río Catamayo Chira	0.093	0.453
Río Alamor	0.063	0.302
Río Catamayo	0.060	0.347
Río Macará	0.119	0.432
Río Quiroz	0.032	0.159
Río Chipillico	0.347	1.231

Fuente: Consorcio ATA-UNL-UNP, 2002.

**1.1.6 Capacidad de uso mayor de suelos de la cuenca del río Chira**

En el valle del río Chira el cultivo de arroz es el que abarca mayor extensión, desde la represa de Poechos hasta el sector la Bocana en el bajo Chira. En el sector Salitral, Querecotillo, Huangalá, Chalacala Baja y Alta, predomina el cultivo de plátano, observándose también plantaciones de papaya, limón, mango a menor escala, maíz y frijol palo; como cerco de las parcelas encontramos cocoteros, árboles de tamarindo, algarrobos, mango ciruelo. En el sector Cieneguillo Centro; donde encontramos cultivos de mango, limón, espárrago, uva. En el sector de Cerro Mocho; cultivos de caña de azúcar con riego tecnificado, al igual que el sector la Huaca (margen izquierda del río Chira). En el sector de Miramar (Bocana del río Chira), se aprecia un modo inusual de convivencia y producción, donde se mezcla el cultivo agrícola temporal, ganadería y la extracción de petróleo. Este tipo de agricultura se observa también en los sectores Huaypirá, Lancones y Venados. La Tabla 6 resume los grupos de capacidad de uso mayor de suelos para la cuenca del río Chira y la Figura 3 presenta la capacidad de uso mayor de suelos de la cuenca del río Chira (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

**Tabla 6. Resumen de los grupos de capacidad de uso mayor de suelos para la cuenca del río Chira.**

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área [ha]</b>
A2s(r)-C3s(r)	Cultivos en limpio, calidad agrológica media, cultivos permanentes, calidad agrológica baja, limitación por suelo, requieren riego.	6966.51
A1(r)-C2s(r)	Cultivos en limpio, calidad agrológica alta, cultivos permanentes, calidad agrológica media, limitación por suelo, requieren riego.	49080.05
A3sc-P1sc-Xs	Cultivos en limpio, calidad agrológica baja. Pastos, calidad agrológica	363.77
Lag	Lagunas	2637.70
P3se(t)-F3se-Xse	Pastoreo temporal-forestales-protección. Calidad agrológica baja. Limitación por suelo y erosión	259990.20
P3s(t)-Xse	Pastoreo temporal, calidad agrológica. Protección, limitación por suelo.	147015.73
Pob	Poblado	916.84
Xse-F3se-P2se	Protección-Forestales, calidad agrológica baja. Pastoreo, calidad agrológica media, limitación por suelo y erosión.	59537.53
Xse-C3se(r)-A3se(r)	Protección-Pastoreo temporal-forestales, calidad agrológica baja. limitación por suelo	122165.30
F3se-P3se-Xse	Forestales-Pastoreo-Protección, calidad agrológica baja, limitación por suelo y erosión	19682.36
Xse	Protección (limitación por suelo y erosión)	128488.96
Xse-Pse(t)-A3se(r)	Protección-Pastos temporales-Cultivos en limpio, calidad agrológica	121791.04
P3sec-Xse	Pastoreo temporal, calidad agrológica baja-protección. Limitación por suelo y erosión	3197.35
Xse-F2se	Protección-forestales, calidad agrológica media, limitación por suelo y erosión	49.25
Xse-F3se	Protección-forestales, calidad agrológica media, limitación por suelo y erosión	76217.97
-	<b>TOTAL</b>	<b>998056.31</b>

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2012 b.



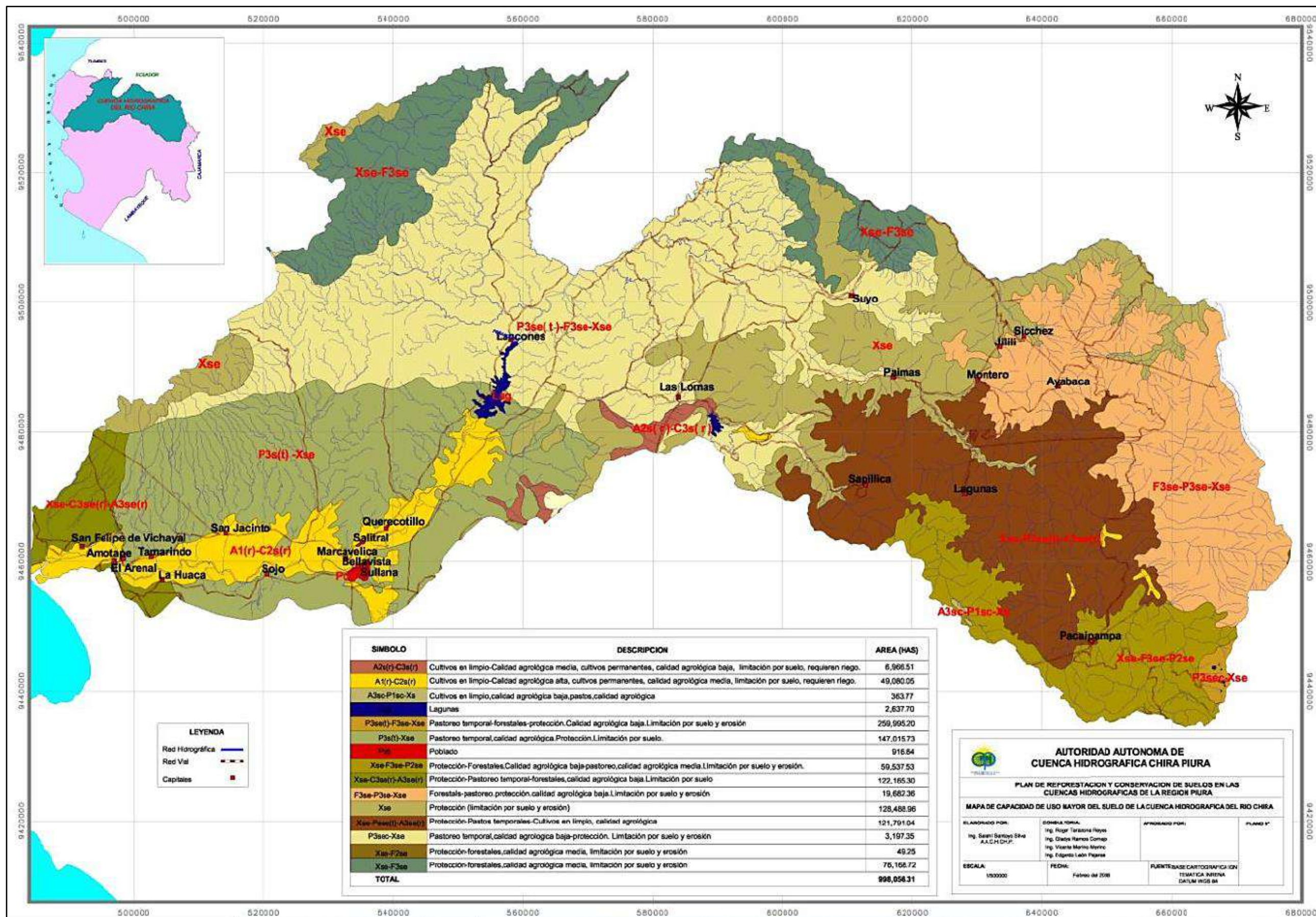
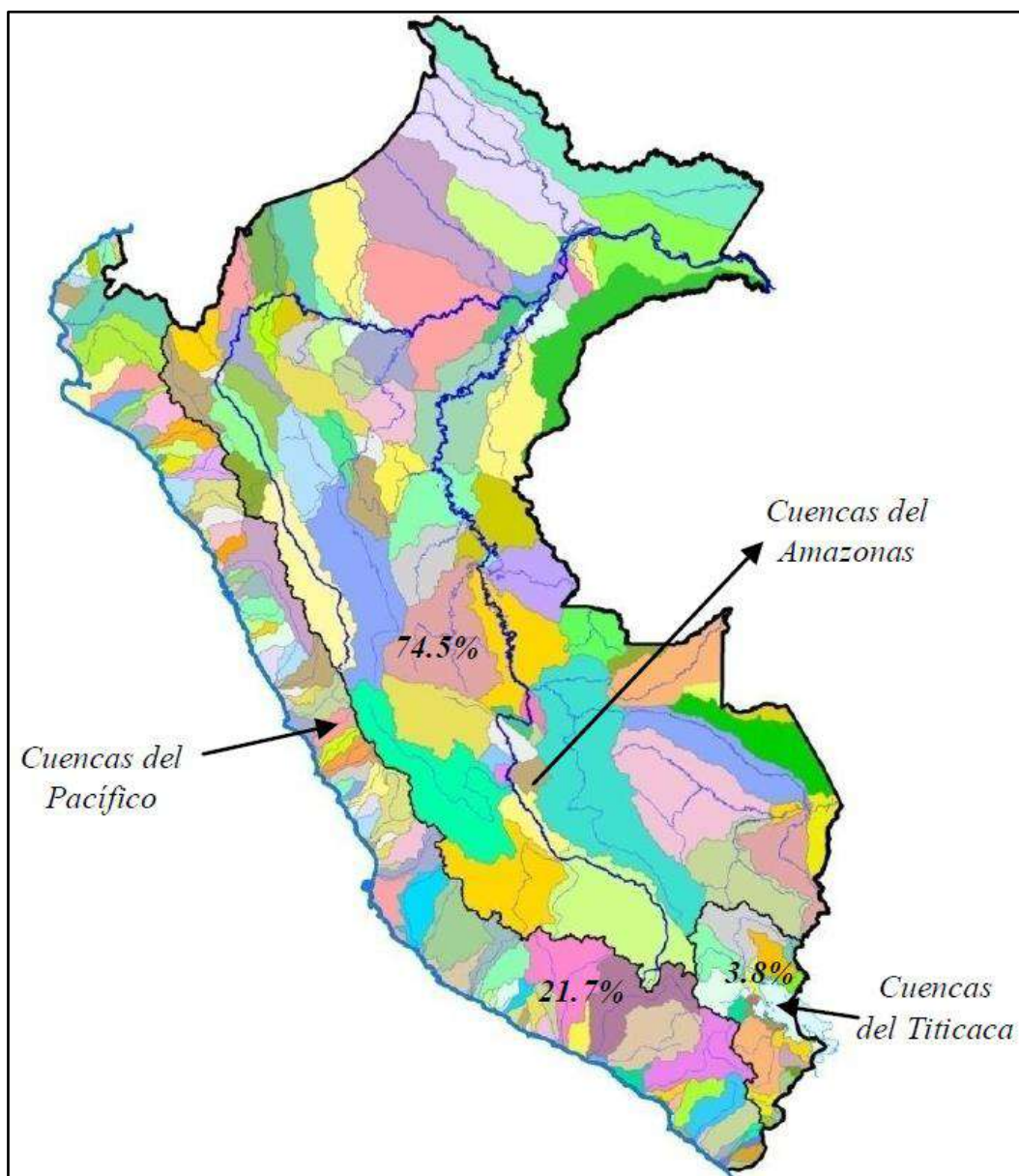


Figura 3. Mapa de capacidad de uso mayor del suelo de la cuenca hidrográfica del río Chira.  
Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2012 b.



## 1.2 Unidades hidrográficas

Según el estudio de delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú, hasta el año 2008 se identificaron 1268 unidades de tipo cuenca e intercuenca, y se encuentran distribuidas tal como se muestra en la Figura 4 y Tabla 7 (Autoridad Nacional del Agua, 2011).



**Figura 4. Principales cuencas hidrográficas del Perú.**

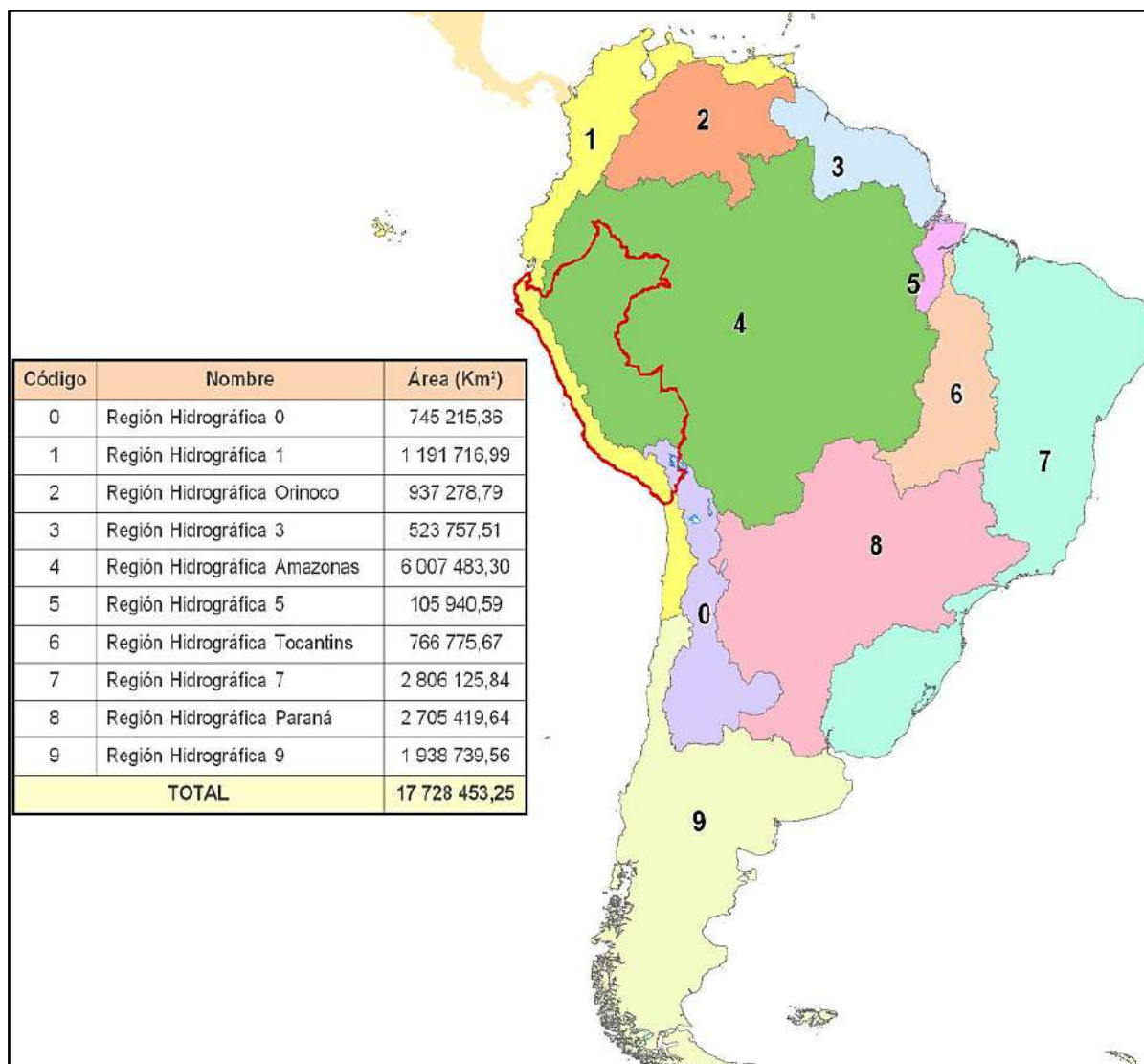
Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2011.

**Tabla 7. Distribución de las unidades hidrográficas del Perú.**

Regiones hidrográficas	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8
Pacífico	1	1	9	74	568	187	156	36
Amazonas	1	2	6	30	214	18	0	0
Titicaca	1	1	6	43	92	0	0	0
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>147</b>	<b>874</b>	<b>205</b>	<b>156</b>	<b>36</b>

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2012 a.

América del Sur está conformada naturalmente por 10 regiones hidrográficas de nivel 1 con una extensión total de 17728453.25 km<sup>2</sup> (ver Figura 5), de los cuales Perú se encuentra comprendido en tres: región hidrográfica 0, región hidrográfica 1 y la región hidrográfica 4 en un área oficial de 1285215.60 km<sup>2</sup> (Autoridad Nacional del Agua, 2011).



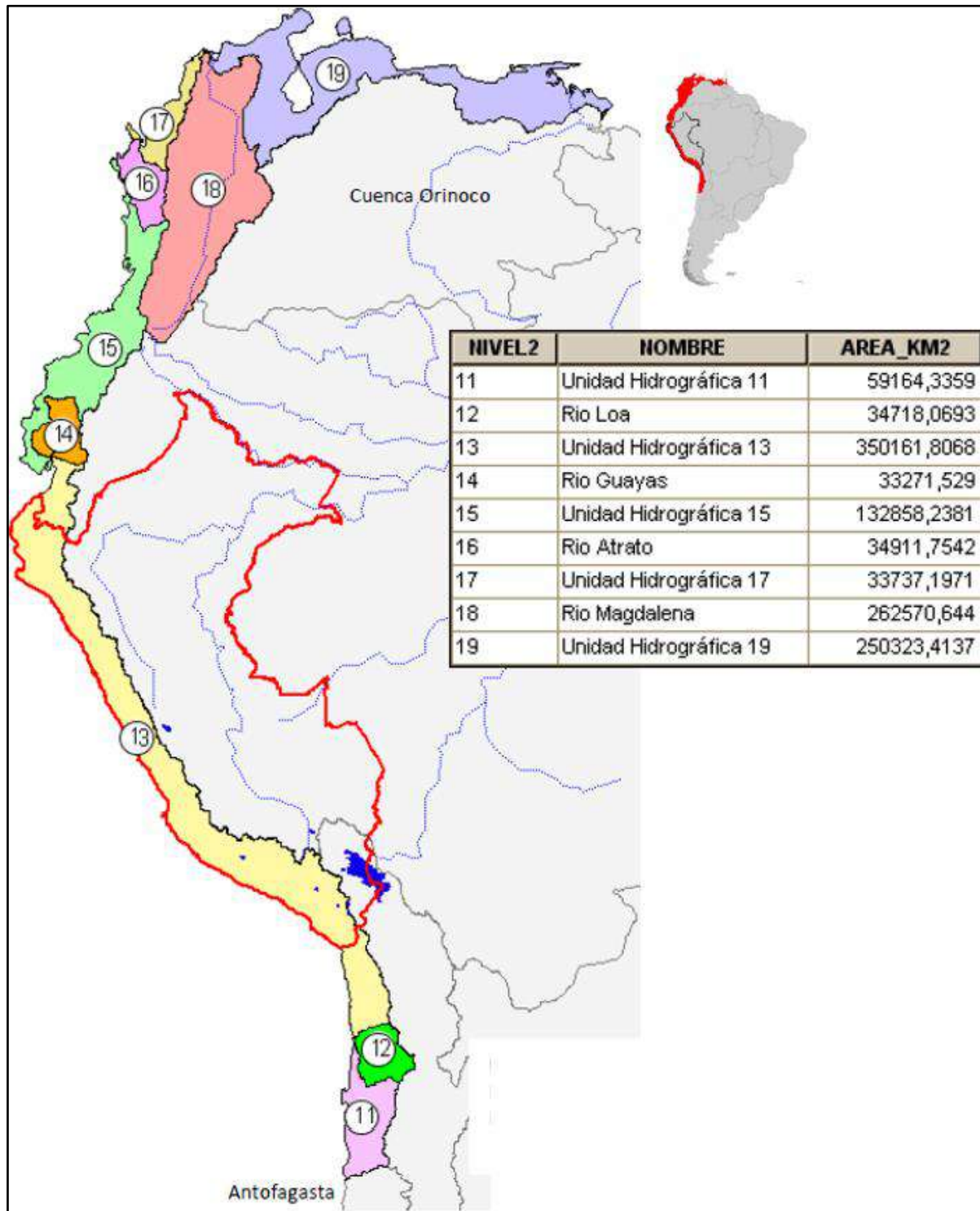
**Figura 5. Regiones hidrográficas nivel 1 de América del Sur.**

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2011.

La región hidrográfica 1 (Pacífico), cuyos cursos de agua vierten en el Océano Pacífico, por lo general son cursos cortos y rápidos, de gran poder erosivo.

Respecto a Sudamérica, se encuentra ubicada en la parte nor-occidental, entre los meridianos 91°40'27" y 59°24'48" longitud oeste y los paralelos 25°04'21" latitud sur y 13°22'53" latitud norte, tiene una extensión de 1191716.99 km<sup>2</sup>, es una franja que va desde la costa norte de Chile en Antofagasta hasta la vertiente caribeña de Venezuela, en el límite con la cuenca del río Orinoco (ver Figura 6).

La región del Pacífico tiene una extensión de 278482 km<sup>2</sup> dentro del territorio peruano equivalente al 21.7% de la extensión total del país. Está conformada jerárquicamente por unidades que van desde el nivel 3 hasta el 7, organizadas principalmente por 62 cuencas hidrográficas y 65 intercuenas; siendo Chira (138), Camaná (134), Ocoña (136) y Chili (132) las cuencas de mayor tamaño. (Autoridad Nacional del Agua, 2011).



**Figura 6. Región hidrográfica 1: unidades de nivel 2.**

Fuente: INRENA, 2007.

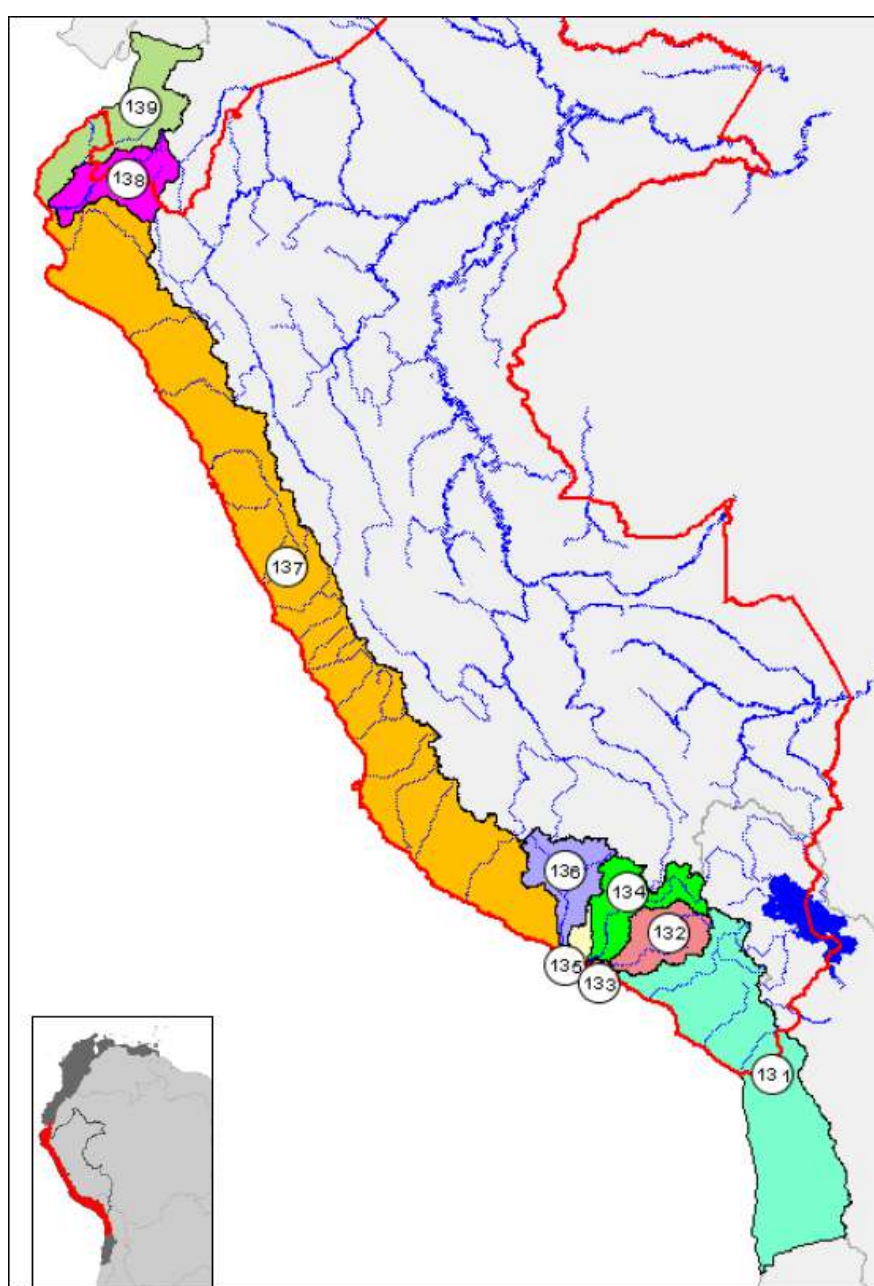


La unidad hidrográfica 13, cuyos cursos de agua desembocan en el Pacífico, se encuentra subdividida en 9 unidades hidrográficas. Destacando por su mayor área de captación los ríos Quilca-Vitor-Chili (132), Camaná (134), Ocoña (136) y el Chira (138), éste último es transfronterizo con Ecuador y materia de la presente tesis (ver Tabla 8 y Figura 7).

**Tabla 8. Información nativa de los principales cursos de agua en el nivel 3.**

Código	Nombre	Longitud [km]	Naciente [m s.n.m.]	Desembocadura [m s.n.m.]	Cuenca [km <sup>2</sup> ]
132	Río Quilca – Vitor - Chili	275.38	4874	3	13457.01
134	Río Camaná	412.57	4755	4	17049.51
136	Río Ocoña	282.67	4725	25	15913.22
138	Río Chira	201.81	2328	0	10534.76

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2011.



**Figura 7. Región hidrográfica 13: unidades de nivel 3.**

Fuente: INRENA, 2007.

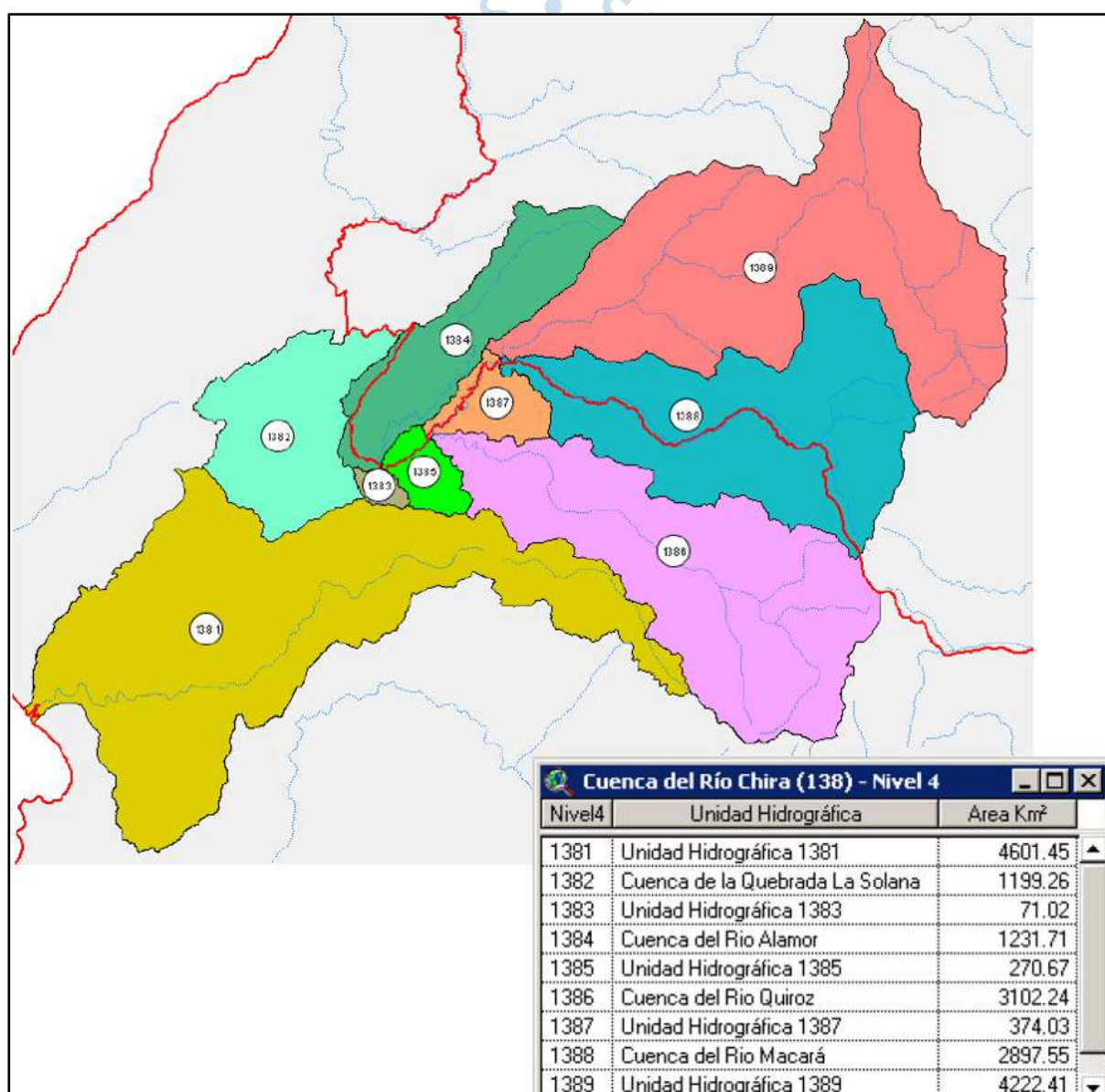


La unidad hidrográfica 138 se encuentra subdivida en 9 unidades hidrográficas.

De las nueve unidades hidrográficas del cuarto nivel, cuatro se ubican en nuestro territorio (1381, 1382, 1383 y 1386), y la Unidad hidrográfica 1389, llamada en Ecuador cuenca del río Catamayo, se encuentra ubicada en territorio ecuatoriano; las demás unidades (1384, 1385, 1387 y 1388) son compartidas por ambos países.

En la Figura 8, se observa la distribución espacial de las unidades hidrográficas de nivel 4 y la relación de éstas con la demarcación política.

En nuestro territorio destacan por su influencia directa en el reservorio Poechos las subcuencas: Bajo Chira (1381), La Solana (1382) y Medio Bajo Chira (1383). También encontramos: Alamor (1384), Medio Chira (1385); Quiroz (1386), Medio Alto Chira (1387) y Macará (1388), ver Figura 9.



**Figura 8. Región hidrográfica 138: unidades de nivel 4 (Perú y Ecuador).**

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2012 a.



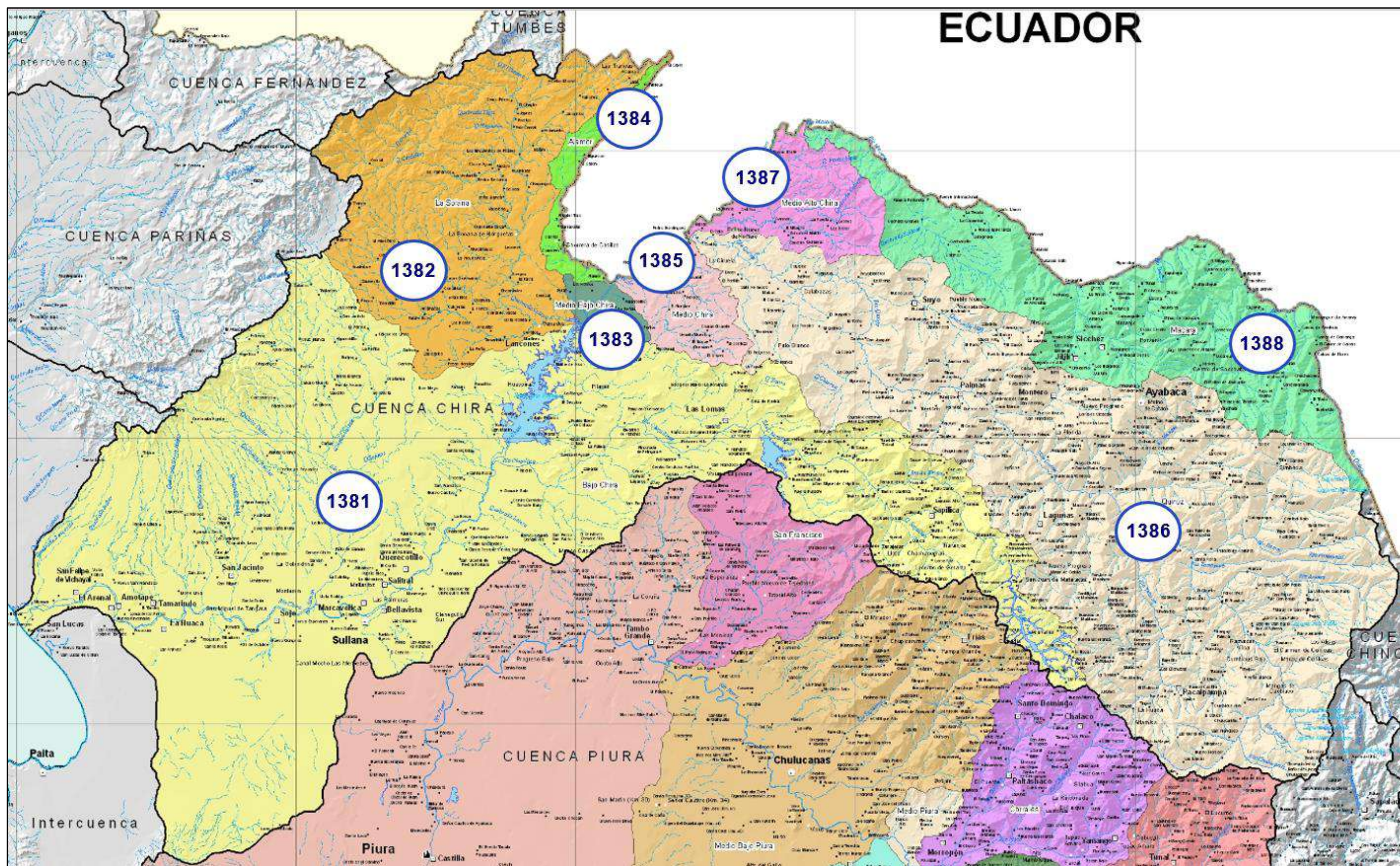


Figura 9. Región hidrográfica 138: unidades de nivel 4 (Perú).

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2012 a.



### **1.3 Proyecto Especial Chira-Piura (PECHP)**

El Proyecto Especial Chira Piura (PECHP) se define como un sistema de riego integrado por la unión hidráulica de las cuencas de los ríos Chira y Piura. Tiene el objetivo principal de maximizar la explotación de los valles Chira y Piura, a través de su dotación de agua por gravedad para el riego oportuno y suficiente, así como protegerlos contra inundaciones. (Proyecto Especial Chira Piura, s.f.).

#### **1.3.1 Origen**

Los cultivos del valle del río Chira fueron afectados seriamente por el torrente muy irregular y con períodos largos de sequía del río Piura. Debido a ello, se planteó corregir este desequilibrio natural en base a un plan integral de desarrollo de dichas cuencas. Es así que nace el PECHP; encargado de almacenar el agua excedente del río Chira en el embalse de Poechos, para posteriormente trasvasarlo al río Piura mediante el canal de derivación (Proyecto Especial Chira Piura, s.f.).

#### **1.3.2 Etapas de ejecución**

La ejecución de las obras se planificó en tres etapas ilustradas en la Figura 10 (Proyecto Especial Chira Piura IV, s.f.).

##### **I. Primera etapa**

La primera etapa tuvo como objetivo principal trasvasar el agua del río Chira al río Piura a través del canal de Derivación Daniel Escobar. (Proyecto Especial Chira Piura I, s.f.). Las obras ejecutadas fueron:

- Reservoirio de Poechos.
- Canal de derivación Daniel Escobar.
- Canal Parales.
- Canal paralelo Cieneguillo.
- Construcción de 452 km de drenes troncales en el Bajo Piura.
- Ampliación de 5422 hectáreas de frontera agrícola, en el asentamiento agrícola de Cieneguillo.

##### **II. Segunda etapa**

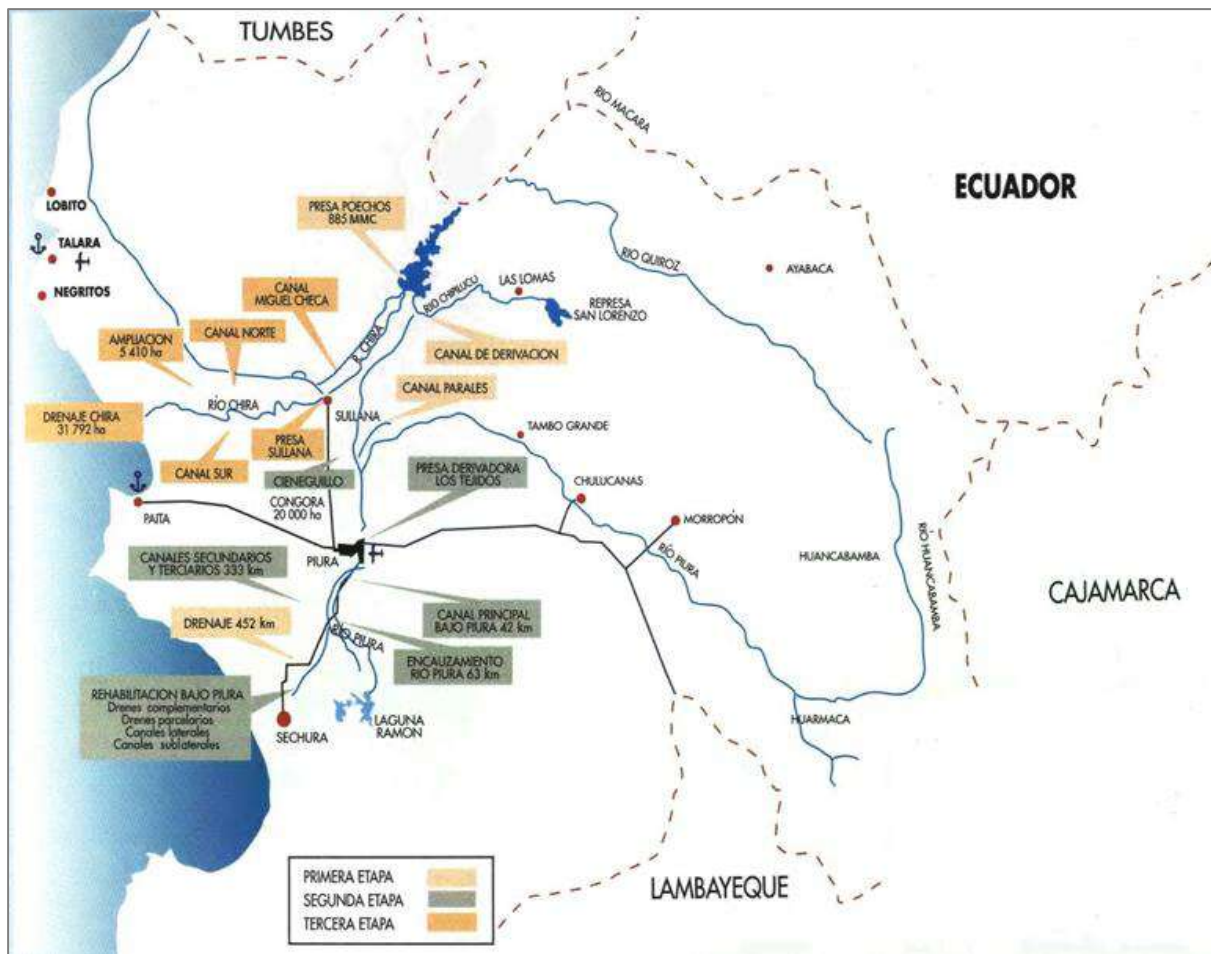
Se ejecutó con la finalidad de aumentar la producción y productividad de 30000 ha agrícolas del Valle del Bajo Piura e incorporar 5615 ha bajo riego. La segunda etapa culminó con los trabajos de reconstrucción de las obras dañadas por el Fenómeno El Niño de 1983 (Proyecto Especial Chira Piura II, s.f.). Las obras ejecutadas fueron:

- Presa derivadora Los Ejidos.
- Diques de defensa y encauzamiento del río Piura en el Bajo Piura.
- Rehabilitación de 7980 ha de tierras afectadas con problemas de salinidad y drenaje.
- Obras de riego y drenaje a nivel parcelario.
- Construcción de 86 km de canales secundarios y terciarios revestidos de concreto.
- Obras de reconstrucción debido al Fenómeno El Niño de 1983: canal de derivación Chira - Piura, canal principal del Bajo Piura, drenaje troncal del Bajo Piura, diques de encauzamiento del río Piura.
- Servicios de extensión agrícola y riego tecnificado.
- Estudios definitivos de remodelación del Valle del Chira y estudio de factibilidad del Alto Piura.

### **III. Tercera etapa**

Se ejecutó con la finalidad de incorporar el método de irrigación por a la agricultura eliminando el antiguo y costoso sistema de riego por bombeo (Proyecto Especial Chira Piura III, s.f.). Las obras ejecutadas fueron:

- Canal Miguel Checa.
- Presa derivadora Sullana.
- Sistema de canales Norte y Sur; con extensión de 39.20 km y 25.75 km respectivamente.
- Sistema de drenaje; con una longitud de 52.69 km.
- Sistema de defensas contra inundaciones, con una longitud de 57.03 km.



**Figura 10. Etapas de ejecución del Proyecto Especial Chira Piura.**

Fuente: Proyecto Especial Chira Piura IV, s.f.

### 1.3.3 Infraestructura mayor de riego

La ejecución de las obras se planificó en tres etapas ilustradas en la Figura 10 (Proyecto Especial Chira Piura IV, s.f.).

#### 1.3.3.1 Presas

##### – Reservorio Poechos

Tiene una capacidad de 885 MMC en su cota de operación normal a 103 m s.n.m. Constituye la principal obra hidráulica en el sistema de irrigación Chira-Piura (Universidad de Piura, 2015)..

##### – Presa derivadora Los Ejidos

Tiene como función captar las aguas reguladas provenientes de la Presa Poechos, así como las del mismo río Piura para el suministro de agua al valle del Bajo Piura. El nivel normal de operación de la presa es a 30.5 m s.n.m., con un volumen de 4.8 MMC (Universidad de Piura, 2015).

- Estructuras:

- *Vertedero libre*. Tiene una longitud de 120 m y una capacidad de evacuación de 950 m<sup>3</sup>/s.
- *Aliviadero de compuertas*. Está conformado por 7 compuertas radiales, con una capacidad de evacuación de 1550 m<sup>3</sup>/s.
- *Canal de limpia*. Está conformado por 2 compuertas radiales, con una capacidad de evacuación de 700 m<sup>3</sup>/s.
- *Bocatoma del canal Principal*. Con 3 compuertas radiales y con capacidad de captación de 64 m<sup>3</sup>/s (Universidad de Piura, 2015).

- **Presa derivadora Sullana**

Está construida íntegramente de concreto armado. El nivel normal de operación de la presa es a 36.5 m s.n.m., con un volumen de 6 MMC (Universidad de Piura, 2015).

- Estructuras:

- *Aliviadero libre*. Tiene una longitud de 287 m, con una capacidad de descarga de 7000 m<sup>3</sup>/s.
- *Aliviadero de compuertas*. Está conformado por ocho compuertas radiales, tiene una longitud de 76 m y un caudal de descarga de 3830 m<sup>3</sup>/s (Universidad de Piura, 2015).

**1.3.3.2 Canales principales**

- **Canal de derivación Daniel Escobar**

Lleva las aguas del río Chira reguladas en Poechos hasta la cuenca del río Piura. Sus aguas abastecen demandas agrícolas, industrial, energética y poblacional. (Universidad de Piura, 2015).

- **Canal Miguel Checa**

Lleva las aguas del río Chira reguladas en Poechos hacia el valle del Chira (Universidad de Piura, 2015).

- **Canal Norte**

Conduce las aguas reguladas del río Chira en la Presa de Sullana, hacia la parte baja del valle (Universidad de Piura, 2015).

## **1.4 Reservoirio Poechos**

### **1.4.1 Descripción del reservorio**

Los trabajos de construcción iniciaron en 1970 y culminaron en 1976, iniciando su operación el 4 de junio de ese año. En ellos, se empleó un total de 18 MMC de relleno de 14 tipos de materiales y una excavación de 9 MMC de tierra. Las obras de concreto armado necesitaron 401000 m<sup>3</sup> de hormigón. La presa tiene una altura máxima de 48 m, una longitud de 11 km y cota en la corona de la presa de 108 m s.n.m. El embalse tiene una capacidad máxima de 1000 MMC. El nivel normal de operación es la cota 103 m s.n.m., con el cual se almacenan 885 MMC. (Universidad de Piura, 2015).

### **1.4.2 Estructuras de protección y seguridad**

#### **– Aliviadero de compuertas**

Su función es controlar las descargas de agua hacia el río Chira en época de avenidas. Su capacidad máxima de descarga es de 5400 m<sup>3</sup>/s (Universidad de Piura, 2015).

#### **– Aliviadero de emergencias o dique fusible**

Contiene un relleno fusible de tierra, provisto para ser erosionado cuando las aguas excedan el nivel máximo de seguridad de la presa (105 m s.n.m.). Esta estructura se encuentra inactiva evitando el PECHP a toda costa su puesta en funcionamiento por las inundaciones que causaría aguas abajo (Universidad de Piura, 2015).

#### **– Salida de fondo**

Está formado por concreto armado con blindaje y constituye las salidas hacia los canales laterales Miguel Checa y Huaypirá, que irrigan el valle del Chira (Universidad de Piura, 2015).

#### **– Salida al canal de derivación Daniel Escobar**

En la actualidad, recibe y transporta el recurso hídrico posterior al paso por la central hidroeléctrica Poechos II (Universidad de Piura, 2015).

### **1.4.3 Operación del reservorio Poechos**

El proceso de operación del reservorio se encuentra relacionado directamente al análisis de datos hidrológicos de la cuenca del río Chira y de las demandas del recurso hídrico con fines de riego y cultivo en los valles Chira y Piura. El embalse trabaja como ente controlador de avenidas y descargas máximas en el río Chira, con el objetivo de proteger la parte baja de la cuenca. La operación del embalse está a cargo del PECHP (Universidad de Piura, 2015).



#### 1.4.4 Problema de colmatación en el reservorio Poechos

El reservorio Poechos, la estructura más importante del sistema, fue diseñado para almacenar un volumen de 885 MMC a la cota de operación normal 103. Sin embargo, en la actualidad, el nivel de colmatación es tal, que su capacidad de almacenamiento ha sido reducida a más de la mitad, presentando serias limitaciones en su capacidad de almacenamiento a causa de la acelerada sedimentación del embalse. Con la ocurrencia de los Fenómenos El Niño (FEN) de los años 1982-83 y 1997-98, se perdió en tan sólo dos años alrededor de 150 MMC. Los factores principales que originan este problema de colmatación del reservorio son el arrastre de sedimentos por el río Chira a causa de la erosión producida en la cuenca alta; y las malas prácticas culturales producidas en los lechos de quebradas importantes y de influencia directa como La Solana (Varona, 2018).

Según la batimetría realizada por el PECHP en el 2012, el embalse tenía una capacidad de 411.4 MMC en la cota de operación 103, de los cuales, 396.1 MMC representan el volumen útil del reservorio. En la batimetría realizada a finales de 2014 se determinó una capacidad de 405.6 MMC, equivalente a una pérdida de 54.2% de la capacidad original (Universidad de Piura, 2015). En la Figura 11 se muestra el volumen de sedimentos acumulados en el 2013 y el volumen que tenía el reservorio en 1976.

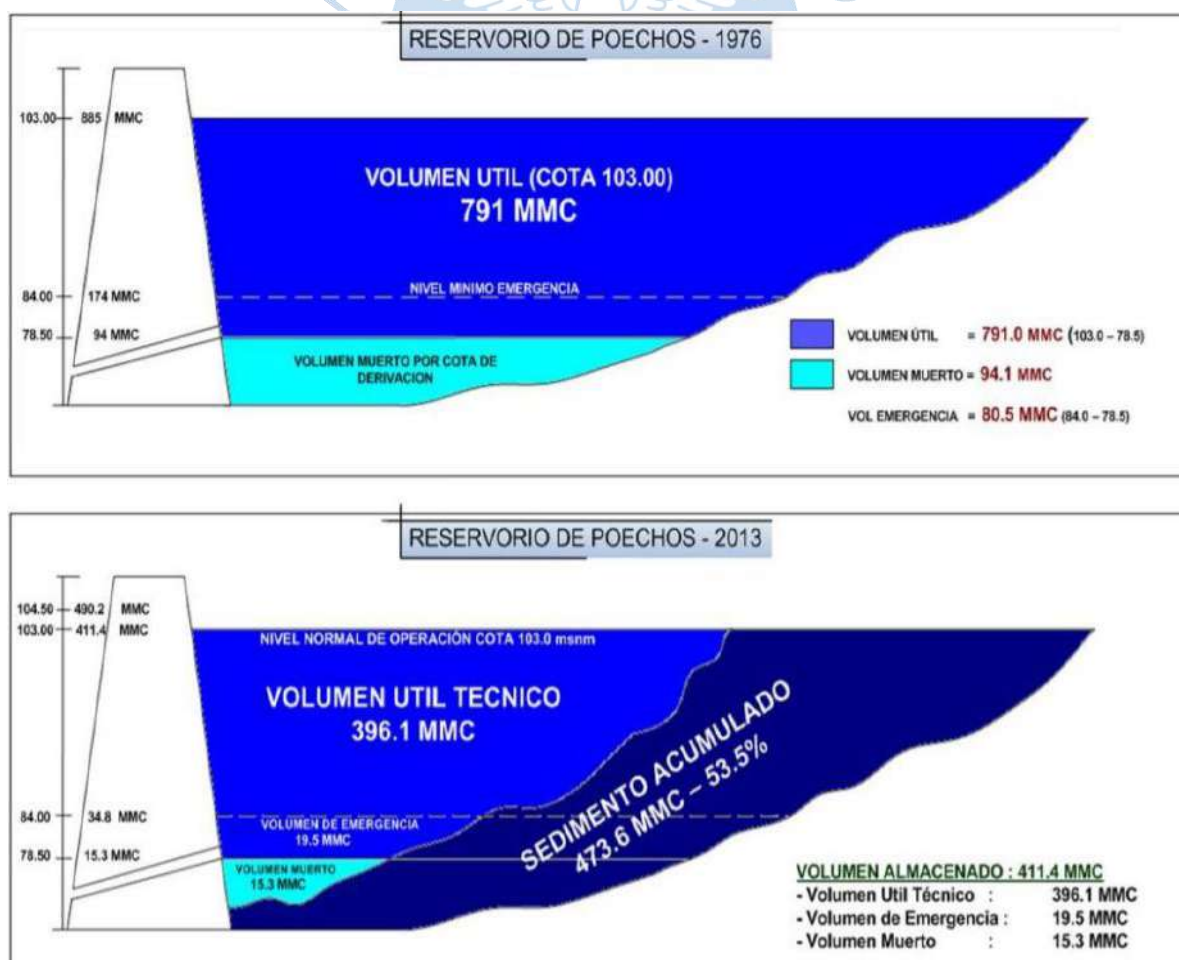


Figura 11. Volumen del reservorio Poechos para los años 1976 y 2013, según batimetría del año 2012.  
Fuente: Proyecto Especial Chira Piura, s.f.



Entre las alternativas que se vienen planteando para contrarrestar este proceso de colmatación se tienen las siguientes (Proyecto Especial Chira Piura, s.f.):

- Utilización de técnicas y métodos de descolmatación de precios elevados y con grado de incertidumbre en sus resultados.
- Elevación de la cortina de la presa.
- Establecimientos de embalses conexos en la cuenca Catamayo Chira y Cuencas afluentes.
- Trabajos de protección en la cuenca alta.
- Racionalizar la demanda de agua.
- La Universidad de Piura a través del proyecto de investigación “Desarrollo de una metodología de un reservorio utilizando la misma energía del agua y a un bajo costo. Caso piloto: Reservorio Poechos Piura” desarrolló una alternativa de descolmatación a un bajo costo utilizando la misma energía del agua tal como su nombre lo describe e incorporando elementos de desvío del cauce. Para ello utiliza una herramienta que es la modelación matemática con la cual se representa el comportamiento hidráulico y sedimentológico del depósito en un periodo de tiempo. También utiliza el software computacional Hec-Ras para explicar el transporte de los sedimentos (Universidad de Piura, 2015).

Los resultados obtenidos en el periodo de años del 2000 al 2015 muestran que la tasa de volumen sólido retenido respecto al volumen líquido ingresado a la presa es en promedio de 1.5 por mil. Sin embargo, si se estima esa tasa de retención promedio con el aporte medio anual del Chira se tendría una retención media anual de 6.2 MMC, lo que en 10 años haría un volumen adicional de 62 MMC. Si a ello añadimos la presencia de un año con ocurrencia de FEN y un nivel de retención de 4.4 por mil, se tendría un aporte adicional puntual de 38 MMC, lo que haría que en 10 años promedio más, el volumen retenido sería de 100 MMC de sedimentos. Por lo expuesto, de no tomarse las medidas necesarias, el reservorio Poechos dejará de cumplir sus funciones de almacenamiento y regulación de avenidas lo que originaría problemas socio económico y ambiental en la región (Universidad de Piura, 2015). En la Tabla 9 vemos la acumulación de los sedimentos en el reservorio desde el año 1976 hasta el 2014

Tabla 9. Acumulación de sedimentos en el reservorio Poechos desde el año 1976 hasta el año 2014.

A fines del año	Sedimento [hm <sup>3</sup> ]				% perdido	Volumen hasta 103 [MMC]	Aportes [MMC]	
	Batimetría	Parcial	Anual	Acumulada			Anual	Acumulado
1976	-	-	26.6	26.6	3.0%	858.4	5323	5323
1977	-	-	17.3	43.9	5.0%	841.1	3473	8796
1978	-	-	7.4	51.3	6.0%	833.7	1490	10286
1979	B1	59.4	8.1	59.4	7.0%	825.6	1624	11910
1980	-	-	11.0	70.4	8.0%	814.6	1800	13710
1981	B2	22.7	11.7	82.1	9.0%	802.9	1901	15612
1982	-	-	7.7	89.8	10.0%	795.2	1642	17254
1983	B3	82.7	75.0	164.8	19.0%	720.2	15932	33186
1984	-	-	17.0	181.8	21.0%	703.2	6619	39805
1985	-	-	4.5	186.3	21.0%	698.7	1753	41558
1986	-	-	5.1	191.4	22.0%	693.6	1981	43538
1987	B4	36.1	9.5	200.9	23.0%	684.1	3678	47216
1988	-	-	2.8	203.7	23.0%	681.3	1402	48618
1989	-	-	8.2	211.9	24.0%	673.1	4070	52688
1990	-	-	3.6	215.5	24.0%	669.5	1780	54468
1991	B5	18.6	4.0	219.5	25.0%	665.5	1979	56447
1992	-	-	9.8	229.3	26.0%	655.7	4993	61441
1993	-	-	9.5	238.8	27.0%	646.2	5251	66692
1994	B6	24.7	5.4	244.2	28.0%	640.8	4751	71443
1995	-	-	4.5	248.7	28.0%	636.3	1494	72937
1996	-	-	4.8	253.5	29.0%	631.5	1631	74568
1997	B7	15.6	6.3	259.8	29.0%	625.2	2240	76808
1998	B8	75.9	75.9	335.7	38.0%	549.3	17556	94364
1999	B9	31.3	31.3	367.0	41.0%	518.0	7018	101381
2000	B10	12.0	12.0	379.0	43.0%	506.0	6114	107495
2001	B11	8.0	8.0	387.0	44.0%	498.0	5785	113280
2002	B12	6.5	6.5	393.5	44.0%	491.5	6211	119491
2003	B13	1.5	1.5	395.0	45.0%	490.0	1992	121483
2004	B14	2.2	2.2	397.2	45.0%	487.8	1496	122978
2005	B15	0.3	0.3	397.5	45.0%	487.5	2301	125279
2006	B16	5.4	5.4	402.9	46.0%	482.2	4421	129700
2007	B17	3.5	3.5	406.3	46.0%	478.7	2126	131827
2008	B18	37.6	37.6	443.9	50.0%	441.1	8868	140694
2009	B19	12.6	12.6	456.6	52.0%	428.4	6983	147677
2010	B20	5.8	5.8	462.4	52.0%	422.6	2657	150334
2011	B21	4.8	4.8	467.1	53.0%	417.9	2708	153042
2012	B22	6.4	6.4	473.5	54.0%	411.5	8699	161741
2013	B23	4.0	4.0	477.6	54.0%	407.4	1895	163635
2014	B24	1.8	1.8	479.4	54.2%	405.6	2136	165771

Fuente: Universidad de Piura, 2015.

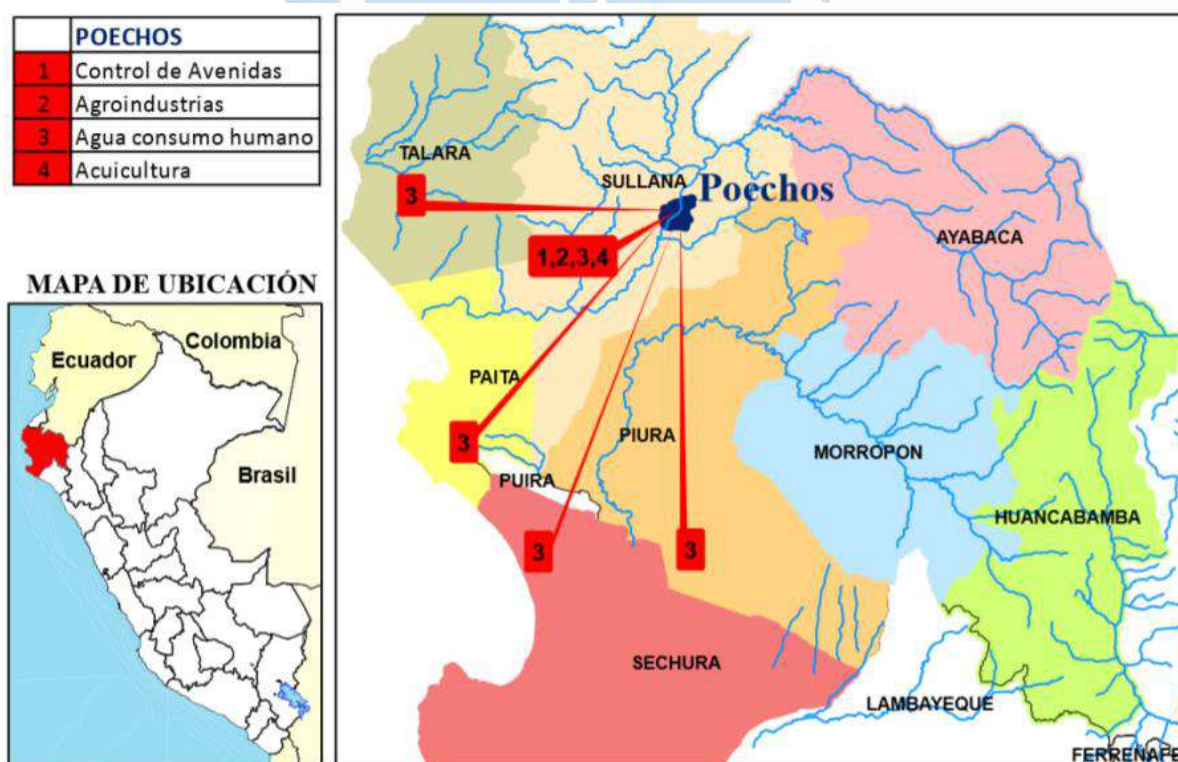
### 1.4.5 Importancia e impacto en la población

La importancia del reservorio Poechos radica en que:

- Almacena los excedentes de agua del río Chira durante el período lluvioso con el objetivo de regularlos anualmente para satisfacer la demanda de los valles del Medio y Bajo Piura y Chira. Además, previene problemas de inundación en el valle del Chira, ya que almacena los caudales elevados y los descarga en menores cantidades con el objetivo de proteger el cauce del río. La colmatación total del reservorio constituiría un factor altamente perjudicial para la población en periodos extremos de lluvia y sequía (Varona, 2018).
- Provee el riego de un área total proyectada que suma 108874 ha aproximadamente. Es por ello que tiene un gran impacto en la población aledaña, para la cual es vista como su única fuente de suministro de agua (Varona, 2018).

“Actualmente, el agua de Poechos se utiliza para la agricultura, la agroindustria y las centrales hidroeléctricas. El 50% del agua potable de Piura, viene de Curumuy procedente de Poechos y este reservorio se está colmatando. No se hace nada para generar su limpieza” (Reyes, 2014).

En la Figura 12 se muestra un mapa en el cual se aprecia, el suministro de agua desde el Reservorio Poechos a algunas provincias de Piura.



**Figura 12. Mapa de impacto del reservorio Poechos en las provincias de Piura.**

Fuente: Correa, 2015.

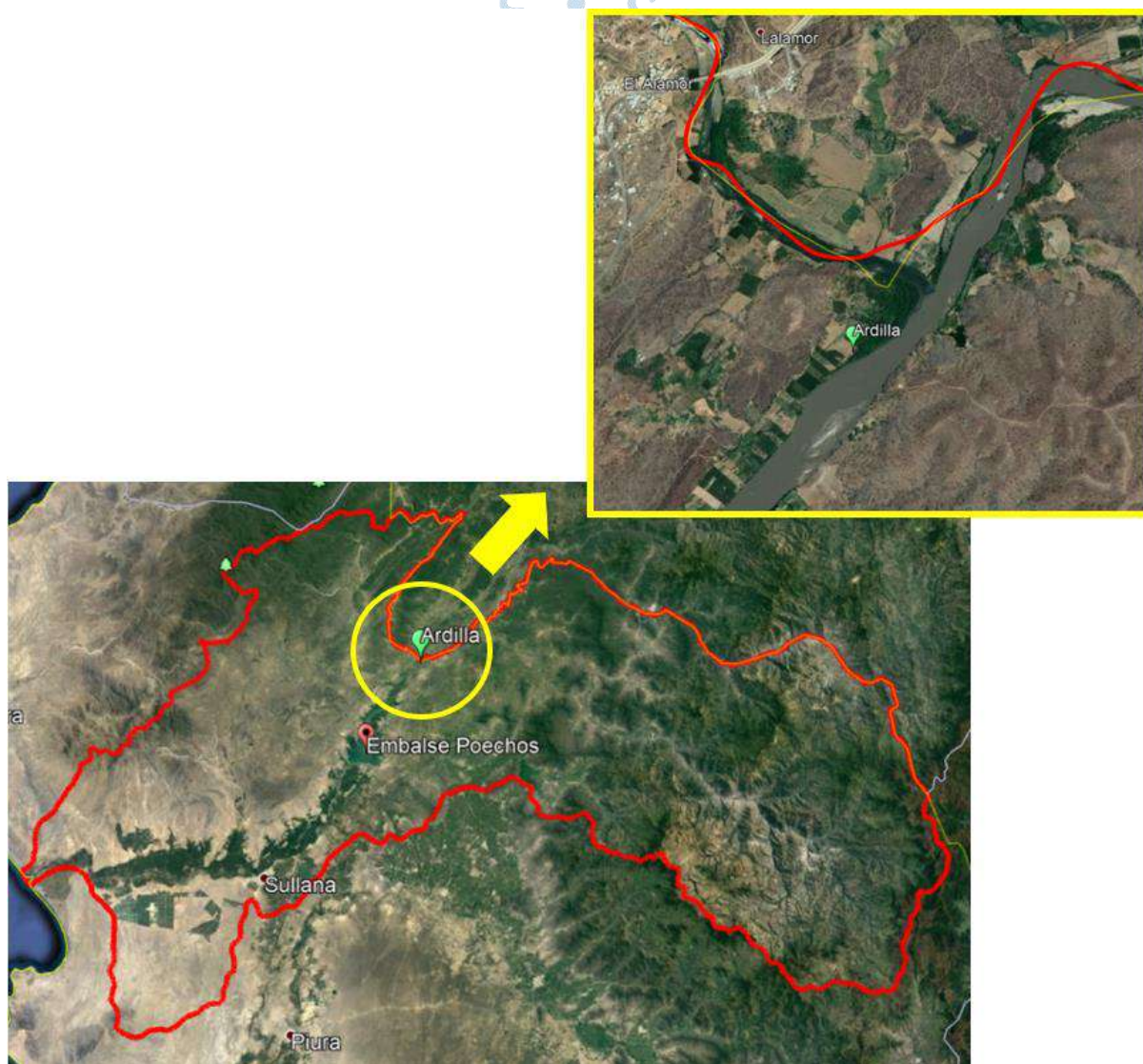


## 1.5 Hidrografía del reservorio Poechos

El reservorio Poechos se ubica en la región hidrográfica del Pacífico (1), unidad hidrográfica (13), cuenca del Chira (138), cuenca Bajo Chira (1381) y unidad hidrográfica 13819. El reservorio Poechos se encuentra abastecido por el río Chira y quebradas que aportan el recurso hídrico y desembocan de forma lateral en toda su longitud (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

### 1.5.1 Estación hidrométrica Ardilla

Se ubica en el distrito de Lancones, provincia de Sullana, departamento de Piura y tiene la función principal de evaluar los recursos hídricos disponibles provenientes de la corriente del río Chira a la entrada del reservorio Poechos (ver Figura 13). El monitoreo de la estación se encuentra a cargo del PECHP desde el 01 de enero del año 1976 hasta la actualidad.



**Figura 13. Ubicación geográfica de la estación Ardilla.**

Fuente: Google Earth. Elaboración propia.

La Tabla 10 presenta la ubicación geográfica y características de la estación hidrométrica Ardilla:

**Tabla 10. Ubicación geográfica y características de la estación Ardilla.**

Estación	Corriente	Localización UTM		Altitud [m s.n.m.]	Tipo	Dependencia
		Latitud	Longitud			
Ardilla	Chira	9503270	567048	106	Limnimétrica	PECHP

Fuente: Proyecto Especial Chira Piura, s.f.

Las quebradas más influyentes en el reservorio según la metodología del sistema Pfafstetter aplicada por Panta (2022), fueron (ver Tabla 11 y Figuras 14, 15 y 16):

- Entrada al reservorio: cuenca La Solana.
- Margen derecho: quebradas Venados y Panales.
- Margen izquierdo: quebradas Gramadal y Pilares.

### **1.5.2 Cuenca La Solana**

La cuenca La Solana representa la principal fuente lateral aportante al reservorio y cuyo aporte no se registra en la estación hidrométrica Ardilla, es una quebrada que presenta flujo intermitente, es decir que fluye en respuesta a precipitaciones dadas en su cuenca durante ciertas temporadas de su año hidrológico; además tiene la característica de estar ubicada en una cuenca exorreica que desemboca en el río Chira. Su desembocadura está ubicada en el departamento de Piura, con una latitud sur de 04°30'39" y una longitud oeste de 80°31'03". El tipo de clima que se presenta en la zona es desértico caliente (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

Esta quebrada recoge aguas del extremo norte del Perú; tiene como afluente principal a la quebrada La solana, que a su vez recibe flujo de otras quebradas secundarias a esta, como lo son las quebradas Tamarindo, La Encantada, Jaguar y Encuentros (Autoridad Nacional del Agua, 2007); además es la quebrada con mayor orden de la agrupación, esta recibe la codificación hidrográfica 1382 (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

### **1.5.3 Quebrada Pilares**

La quebrada Pilares es una quebrada que presenta flujo intermitente; asimismo la cuenca que está descrita por esta quebrada es exorreica, la cuenca Pilares desfoga sus aguas por la quebrada Pilares a través de la margen izquierda del reservorio Poechos. Su desembocadura está ubicada en el departamento de Piura, con una latitud sur de 04°36'20" y una longitud oeste 80°26'43" (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

Está incluida dentro de la unidad hidrográfica 138196. El tipo de clima que predomina en la zona es clima cálido semiárido (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

#### 1.5.4 Quebrada Gramadal

La quebrada Gramadal es una quebrada que presenta flujo intermitente; así como la cuenca a la que pertenece, llamada cuenca Gramadal, tiene la característica de ser exorreica y desfoga sus aguas en el reservorio Poechos, por su margen izquierda. Su desembocadura está ubicada en el departamento de Piura, con una latitud sur de 04°33'56'' y una longitud oeste de 80°25'57'' (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

Está incluida dentro de la unidad hidrográfica 138198. El tipo de clima que se presenta en la zona cerca a la quebrada es propio del departamento, es decir tiene un clima cálido semiárido (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

#### 1.5.5 Quebrada Panales

La quebrada Panales es una quebrada que presenta flujo intermitente; sumado a esto se tiene que la cuenca Panales, que contiene a esta quebrada, es exorreica por lo que desfoga sus aguas por la margen derecha al reservorio Poechos. Su desembocadura está ubicada en el departamento de Tumbes, tiene una latitud sur de 04°37'57'' y una longitud oeste de 80°32'30'' (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

Está incluida dentro de la unidad hidrográfica 138194. El tipo de clima que predomina en la zona es desértico caliente (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

#### 1.5.6 Quebrada Venados

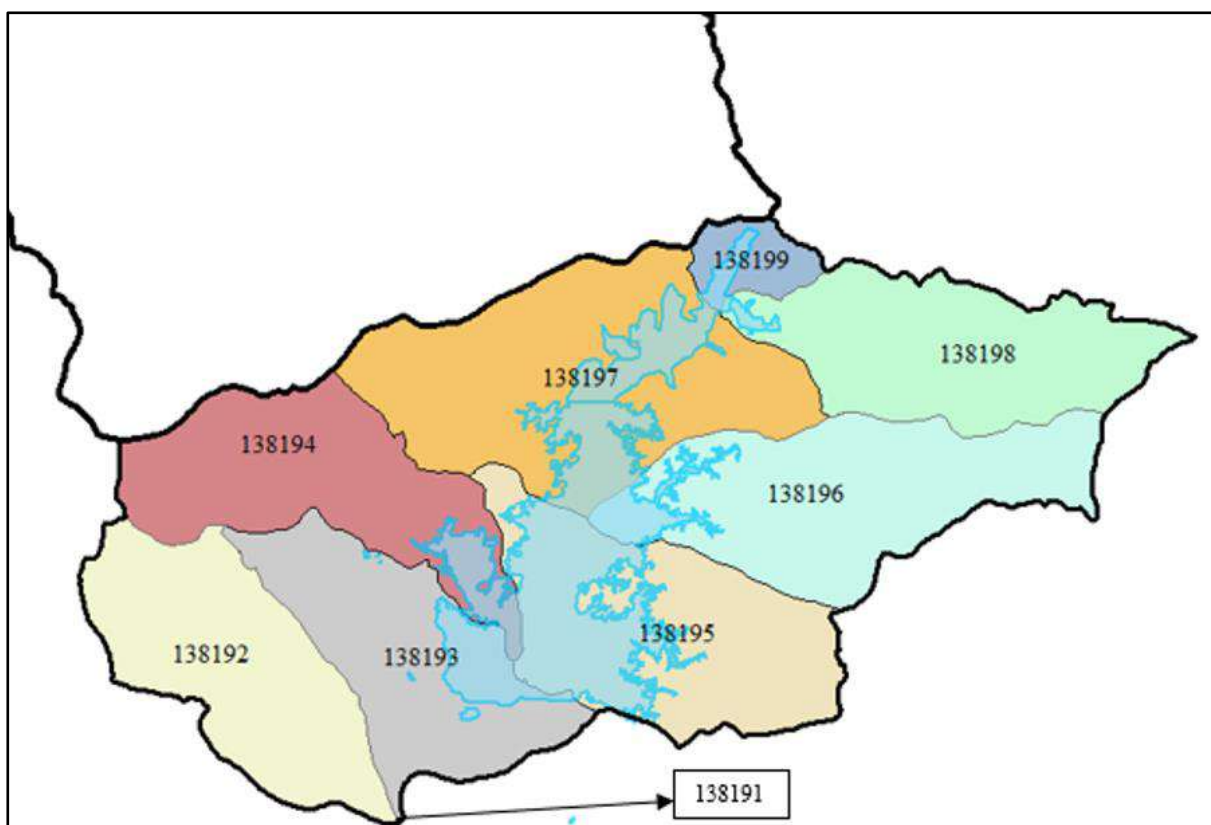
La quebrada Venados es una quebrada que presenta flujo intermitente; la cuenca a la que pertenece, cuenca Venados, es una cuenca exorreica, esta desemboca por la margen derecha al reservorio Poechos. Su desembocadura está ubicada en el departamento de Piura, tiene una latitud sur de 04°35'27'' y una longitud oeste de 80°30'23''. Atraviesa la carretera Lancones – El Alamor (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

Está incluida dentro de la unidad hidrográfica 138197. El tipo de clima que predomina en la zona es desértico caliente (Autoridad Nacional del Agua, 2012 b).

**Tabla 11. Resumen de las principales quebradas aportantes al reservorio Poechos.**

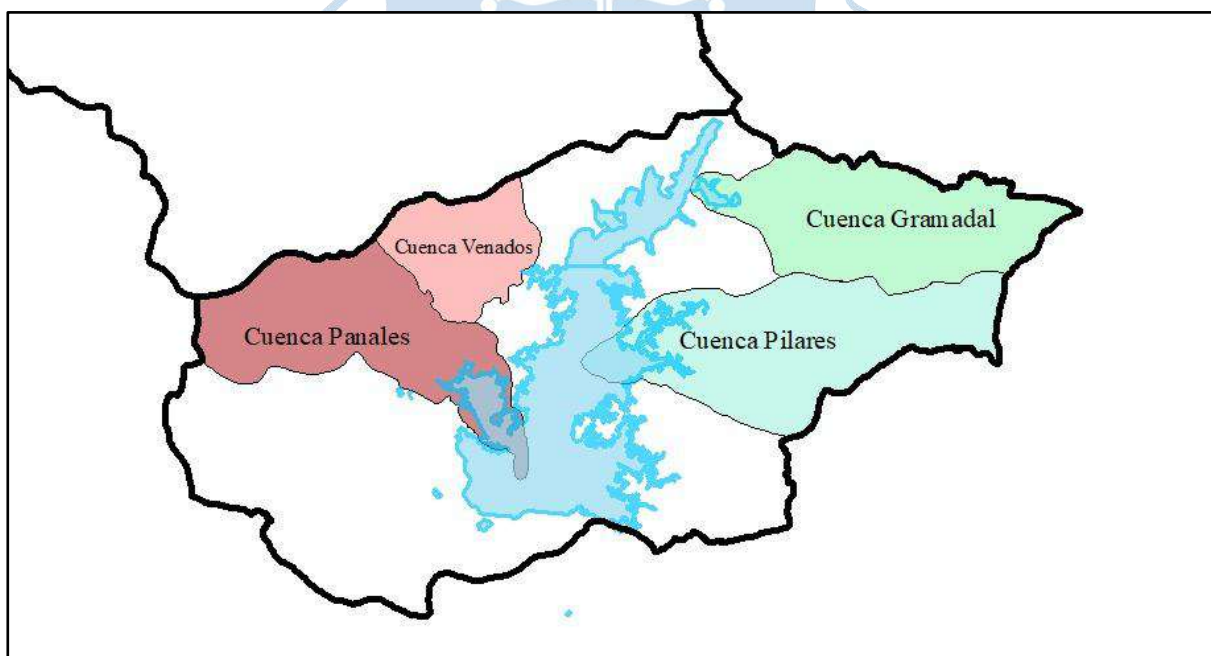
Quebrada	Cuenca	Codificación hidrográfica a la que pertenecen	Coordenadas geográficas de la desembocadura		Desembocadura	Tipo de cuenca
			Latitud	Longitud		
La Solana	La Solana	1382	04°30'39'' S	80°31'03'' W	Río Chira	Exorreica
Pilares	Pilares	138196	04°36'20'' S	80°26'43'' W	Reservorio Poechos	Exorreica
Gramadal	Gramadal	138198	04°33'56'' S	80°25'57'' W	Reservorio Poechos	Exorreica
Panales	Panales	138194	04°37'57'' S	80°32'30'' W	Reservorio Poechos	Exorreica
Venados	Venados	138197	04°35'27'' S	80°30'23'' W	Reservorio Poechos	Exorreica

Fuente: Panta, 2022.



**Figura 14. Codificación de la cuenca 13819.**

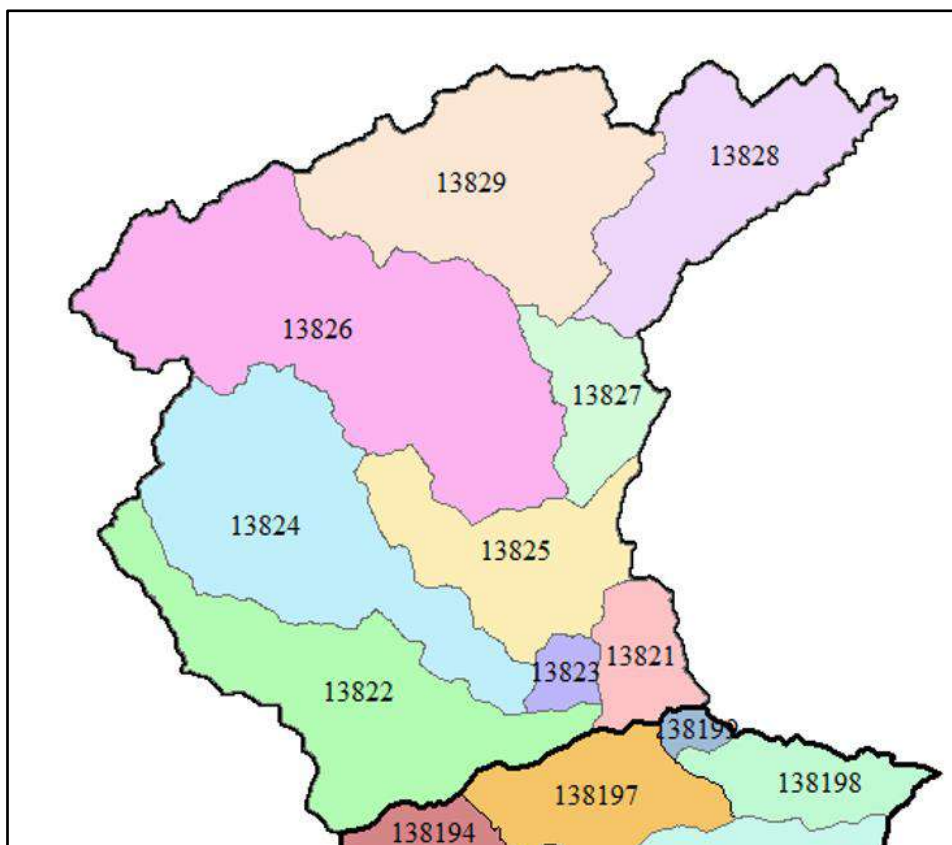
Fuente: Panta, 2022.



**Figura 15. Representación de las cuencas Panales, Venados, Gramadal y Pilares.**

Fuente: Panta, 2022.





**Figura 16. Representación de la cuenca La Solana (1382) y su división en subcuencas.**

Fuente: Panta, 2022.





## Capítulo 2

### Modelo de predicción

#### 2.1 Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (Curvas IDF)

La determinación del evento o los eventos de lluvia constituye la etapa inicial de muchos proyectos de diseño hidrológico. El método más sencillo de conseguirlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia (o profundidad), la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. En muchos casos existen curvas IDF estándar del sitio que se utilizan para llevar a cabo este análisis. Sin embargo, es muy importante entender el procedimiento utilizado para desarrollar e interpretar correctamente estas relaciones. Usualmente los datos se presentan en forma gráfica, como la que se muestra en la Figura 17, donde el eje horizontal representa la duración expresada en [min] y el eje vertical la intensidad mostrada en [mm/h], mostrando una serie de curvas de distintos colores para representar cada uno de los periodos de retorno de diseño (Chow; Maidment y Mays, 1994).

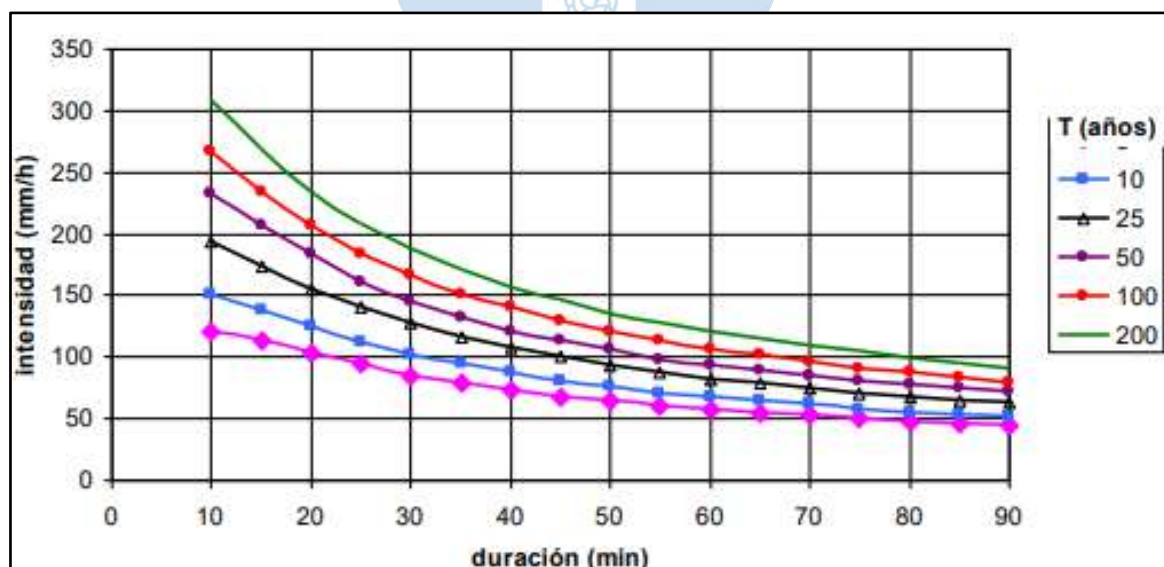


Figura 17. Ejemplo curvas IDF: Tormenta de proyecto en base a mediciones en el pedemonte del Gran Mendoza (Argentina).

Fuente: Farías de Reyes, 2018.

La intensidad se define como la tasa temporal de precipitación, es decir la profundidad por unidad de tiempo [mm/h o pulg/h]. Se considera como intensidad instantánea o intensidad promedio, utilizándose mayormente este último (Chow; Maidment y Mays, 1994):

$$i = \frac{P}{Td} \quad [\text{mm/h}] \quad (\text{Fórmula 2.1})$$

Donde P es la profundidad de lluvia [mm o pulg] y Td es la duración, generalmente dada en horas. La frecuencia se expresa en función al periodo de retorno Tr, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño (Chow; Maidment y Mays, 1994).

Las curvas IDF son la base para cualquier modelo lluvia – escorrentía cuando no se posee la medición de datos de caudal máximo en la cuenca. Permiten determinar la intensidad de la lluvia de diseño dada la duración de diseño y el tiempo de retorno (Tr) de diseño (Farías de Reyes, 2018)

### 2.1.1 Intensidad de la lluvia de diseño

Es la intensidad de lluvia elegida para una ubicación única del espacio (localidad) asociada a un tiempo crítico de duración de la lluvia y con un período de retorno dado, obtenida a partir de las curvas IDF (Farías de Reyes, 2018).

### 2.1.2 Periodo de retorno Tr

**2.1.2.1 Intervalo de ocurrencias  $\tau$ .** Es el tiempo entre ocurrencias de un evento  $X \geq x_T$ .

**2.1.2.2 Periodo de retorno Tr.** Es el valor esperado de  $\tau$ :  $E(\tau)$ , su promedio medido sobre un intervalo de tiempo grande (Farías de Reyes, 2018):

$$Tr = E(\tau) \quad [\text{años}] \quad (\text{Fórmula 2.2})$$

Cada año existen dos resultados posibles  $X \geq x_T$  (éxito) y  $X < x_T$  (fracaso).

La probabilidad de éxito de dicho evento:  $p = P(X \geq x_T)$  determina el tiempo de retorno:

$$E(\tau) = \frac{1}{p} = Tr \quad [\text{años}] \quad (\text{Fórmula 2.3})$$

Para diseño se elige el Tr de acuerdo a estándares de diseño, normas técnicas, términos de referencia o es escogido por el hidrólogo como un parámetro de diseño.

### 2.1.3 Determinación de las curvas IDF

Para obtener las curvas IDF de una determinada zona de estudio se debe cumplir con el siguiente procedimiento (Farías de Reyes, 2018):

- A. Analizar las mayores tormentas anuales de una estación pluviográfica para duraciones de 5, 10, 15, 30, 60, 120, 360, 720 y 1440 minutos.

- B. Elegir en cada año la máxima intensidad para cada duración, obteniendo sendas series de intensidades máximas anuales para cada duración.
- C. A cada serie ajustarle un modelo probabilístico: Log Normal 2, Log Normal 3, Gamma 2, Pearson III, Gumbel, etc.
- D. Predecir todos los valores de intensidades para  $T_r = 2, 5, 10, 25, 50, 100$  y 200 años.
- E. Graficar las intensidades obtenidas versus las duraciones y  $T_r$  correspondientes.

Si hubiera una falta de información pluviográfica de la zona se debe cumplir con lo siguiente (Farías de Reyes, 2018):

- Analizar las precipitaciones máximas diarias:  $P_{\text{máx}}$  diaria vs  $T_r$ .
- Amplificar los valores por 1.1 para obtener las precipitaciones máximas en un periodo de 24 horas:  $P_{24h}$  vs  $T_r$ .
- Aplicar los coeficientes de duración para obtener  $P_{\text{max}}$  de diferentes duraciones.
- Obtener las intensidades de lluvias máximas de diferentes duraciones  $i_{\text{máx}}$  vs  $T_r$ .

## 2.2 Método del bloque alterno

El hietograma de diseño producido por el método de bloque alterno especifica la profundidad de precipitación que ocurre en un número “n” de intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$ , sobre una duración total de  $T_d$ , expresado como  $T_d = n \cdot \Delta t$  (Chow; Maidment y Mays, 1994).

Posterior a la elección del  $T_r$  de diseño, la intensidad es obtenida en una curva IDF para cada una de las duraciones de tiempo  $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots$ , y la profundidad de precipitación se expresa como el producto de la intensidad y la duración. El incremento de precipitación por cada unidad de tiempo  $\Delta t$  se obtiene efectuando la diferencia entre valores sucesivos de profundidad de precipitación. Estos incrementos se reordenan en una secuencia temporal, de tal modo que la intensidad máxima ocurre en el centro de la duración  $T_d$  y los demás bloques presenten un orden descendente alternando los valores hacia la derecha e izquierda del bloque central (Chow; Maidment y Mays, 1994).

### 2.2.1 Precipitación total y efectiva – método SCS

Algunos métodos de determinación de caudal requieren directamente la precipitación total o su intensidad para el cálculo, tales como el método racional.

En otros casos nos interesa determinar una tormenta (distribución de la lluvia en el tiempo) y saber qué porción escurre y cuánto constituyen las abstracciones (Farías de Reyes, 2018).

Las abstracciones es el agua absorbida por infiltración con algo de intercepción y almacenamiento superficial. Se cumple el principio de continuidad:

Lluvia Total – Abstracciones = Lluvia Efectiva

$$Pe = P - Ia - Fa \quad [\text{mm}] \quad (\text{Fórmula 2.4})$$

Donde:

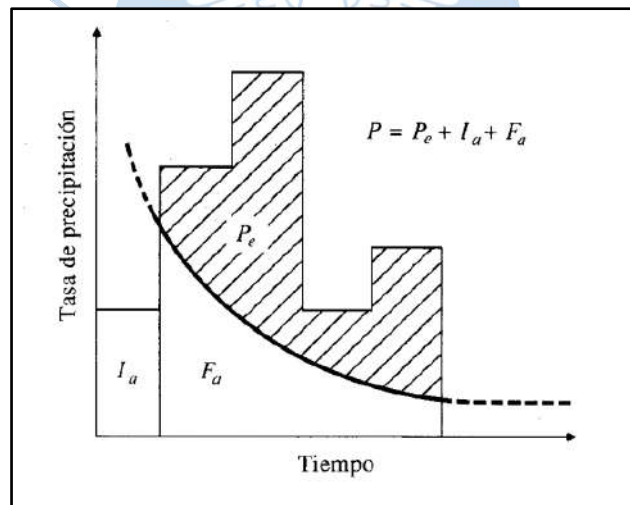
$Pe$  = Lluvia efectiva o escorrentía [mm].

$Ia$  = Abstracciones iniciales [mm].

$Fa$  = Abstracción posterior [mm].

$P$  = Precipitación [mm].

El Soil Conservation Service (SCS) desarrolló en 1972 un método para calcular las abstracciones  $Pe$ , donde dicho valor es siempre menor o igual a  $P$ , como se deduce en la Fórmula 2.4. De manera similar, después de que la escorrentía inicia, la profundidad  $Fa$  es menor o igual a alguna retención potencial máxima  $S$  (ver Figura 18). Existe una cierta cantidad de precipitación  $Ia$  para la cual no ocurrirá escorrentía. Finalmente, la escorrentía potencial se calcula como la diferencia:  $P - Ia$  (Chow; Maidment y Mays, 1994).



**Figura 18. Variables en el método de abstracciones de precipitación SCS.**

Fuente: Chow; Maidment y Mays, 1994

La hipótesis del método SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales obteniendo la fórmula 2.5; la cual combinada con el principio de continuidad da lugar a la fórmula 2.6, la cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS (Chow; Maidment y Mays, 1994):

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \quad [\text{mm}] \quad (\text{Fórmula 2.5})$$



$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad [\text{mm}] \quad (\text{Fórmula 2.6})$$

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica de la fórmula 2.7, la cual combinada con la fórmula 2.6 origina la fórmula 2.8 (Chow; Maidment y Mays, 1994):

$$Ia = 0.2S \quad [\text{mm}] \quad (\text{Fórmula 2.7})$$

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad [\text{mm}] \quad (\text{Fórmula 2.8})$$

Donde:

$S$  = Diferencia potencial máxima entre P y Q [mm].

Los hietogramas de exceso de precipitación son un componente clave en el estudio del proceso lluvia escorrentía.

### 2.2.2 Número de curva CN

Un parámetro que caracteriza el tipo de suelo y cobertura vegetal, que inciden en la escorrentía es el llamado número de curva CN, el cual se estima (Farías de Reyes, 2018):

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \quad [\text{Adimensional}] \quad (\text{Fórmula 2.9})$$

De donde:

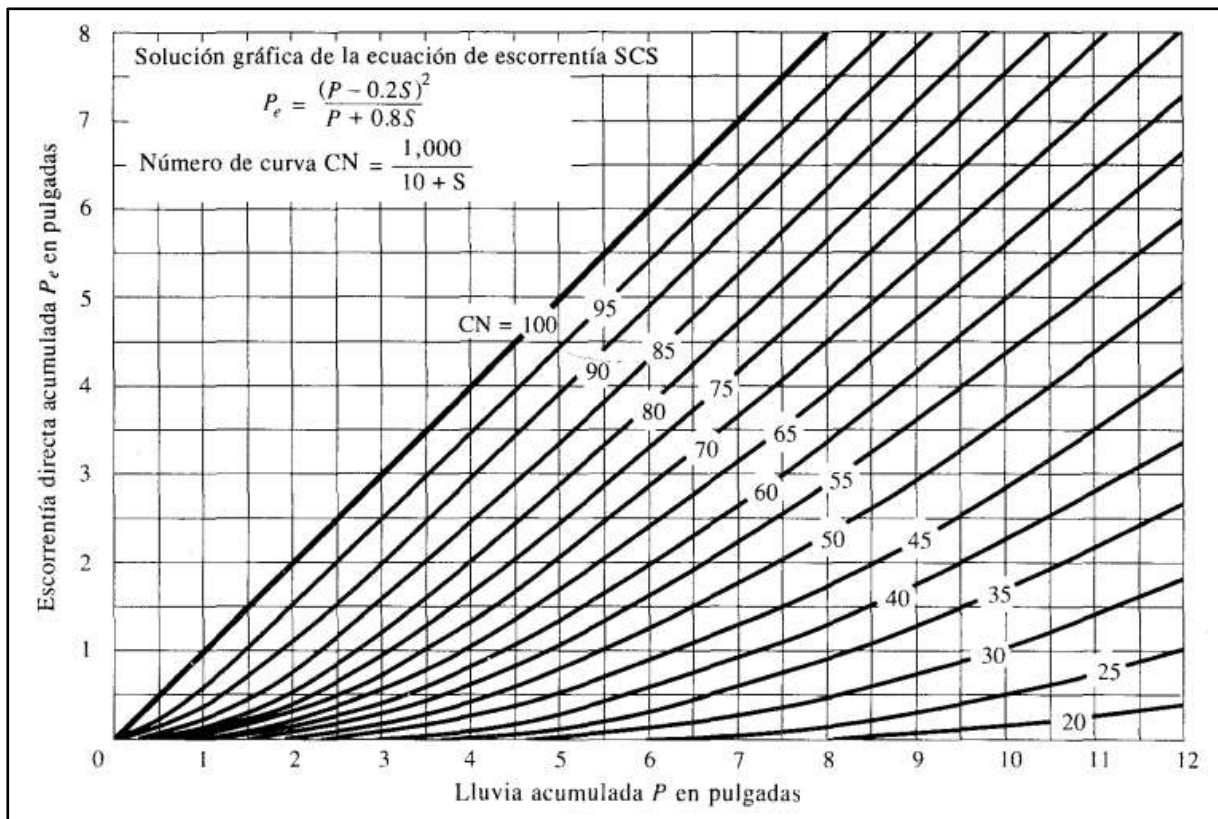
$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (\text{Fórmula 2.10})$$

Para condiciones antecedentes de humedad: S y CN dependen de las condiciones antecedentes de lluvia y se debe considerar:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad [\text{Adimensional}] \quad (\text{Fórmula 2.11})$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad [\text{Adimensional}] \quad (\text{Fórmula 2.12})$$

El SCS elaboró un gráfico de curvas para representar la información de  $P$  y  $Pe$  como se muestra en la Figura 19. Para estandarizar estas curvas, se define un número adimensional de curva CN, cuyo valor se encuentra entre 0 y 100: para superficies impermeables y superficies de agua adquiere un valor igual 100; y para superficies naturales su valor es menor que 100 (Chow; Maidment y Mays, 1994).



**Figura 19. Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS.**

Fuente: Chow; Maidment y Mays, 1994

**2.2.2.1 Grupo hidrológico de suelo.** Los grupos hidrológicos de suelo que influyen directamente en la elección del número de curva CN son (Farías de Reyes, 2018):

- **Grupo A:** Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- **Grupo B:** Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- **Grupo C:** Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenido de arcilla.
- **Grupo D:** Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

La Figura 20 presenta los números de curva de escorrentía CN para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II,  $I_a = 0.2s$ ):

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada <sup>1</sup> : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena <sup>2</sup>	25	55	70	77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial <sup>3</sup> :				
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable <sup>4</sup>			
1/8 acre o menos	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados <sup>5</sup>	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Figura 20. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II,  $I_a = 0.2s$ )

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.

### 2.3 Método del hidrograma unitario SCS

El hidrograma unitario es la función respuesta de pulso unitario para un sistema hidrológico lineal (ver Figura 21) y se define como el hidrograma de escorrentía directa (DHR, por sus siglas en inglés) resultante de 1 pulg (1 cm en unidades del Sistema Internacional) de exceso de lluvia generado uniformemente sobre el área de drenaje a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva (Chow; Maidment y Mays, 1994).

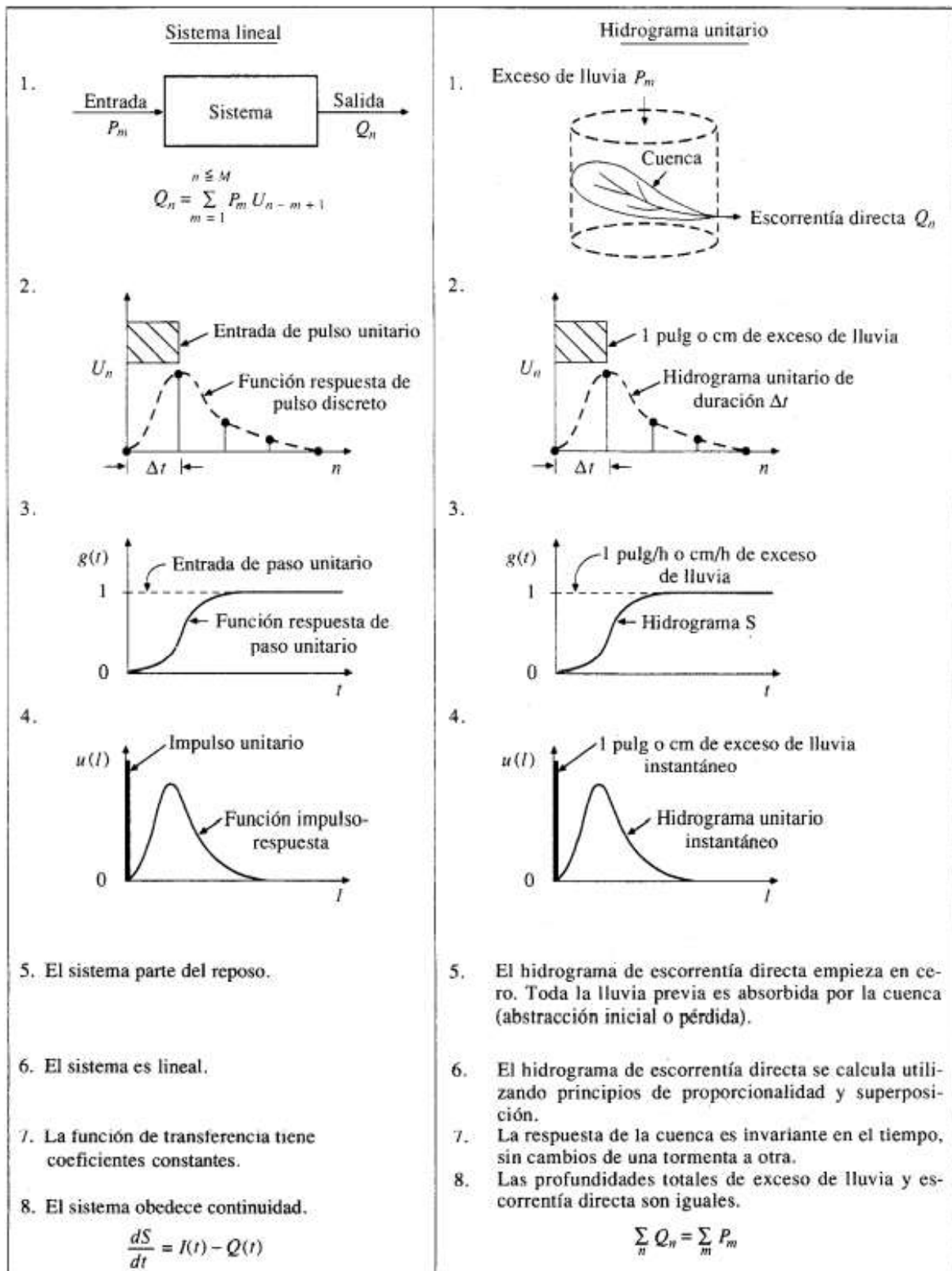


Figura 21. Comparación de los conceptos de sistema lineal e hidrograma unitario.

Fuente: Chow; Maidment. y Mays, 1994



Sherman clasificó la escorrentía en escorrentía superficial y escorrentía de agua subterránea, y definió el hidrograma unitario para ser usado únicamente en la escorrentía superficial (Chow; Maidment y Mays, 1994).

El hidrograma unitario es un modelo lineal simple que se puede usar para deducir el hidrograma resultante de cualquier cantidad de exceso de lluvia. Las siguientes suposiciones básicas son inherentes en este modelo (Chow; Maidment y Mays, 1994):

- La intensidad correspondiente al exceso de precipitación se mantiene constante dentro de la duración efectiva.
- El exceso de precipitación se distribuye uniformemente en toda el área de drenaje.
- El tiempo base de la duración de la escorrentía directa (DRH) se mantiene constante durante la ocurrencia de exceso de lluvia.
- Las ordenadas de todos los DRH de una base de tiempo común son directamente proporcionales a la cantidad total de escorrentía directa representada por cada hidrograma.
- Las características constantes de una cuenca se reflejan durante la ocurrencia de un exceso de lluvia.

En la práctica se conocen varios tipos de hidrograma unitario: SNYDER, CLARK, SCS, entre otros (Campos; Konstantinovich e Igorevich, 2016).

En el presente trabajo de investigación se dan los fundamentos del hidrograma SCS, por ser el más difundido en los estudios hidrológicos (Campos; Konstantinovich e Igorevich, 2016).

Se emplea para el análisis de cuencas hidrográficas pequeñas y grandes. La generación del hidrograma real se logra a partir del hidrograma unitario en correlación con los datos específicos de lluvias efectivas (Campos; Konstantinovich e Igorevich, 2016).

La secuencia de cálculos es la siguiente:

- a) Elaboración del hidrograma unitario
- b) Determinación de la lluvia efectiva
- c) Método de convolución

### 2.3.1 Elaboración del hidrograma unitario

**2.3.1.1 Insumos.** Los insumos o datos de entrada para la elaboración del hidrograma unitario se presentan en la siguiente Tabla 12:

**Tabla 12. Insumos para la elaboración del hidrograma unitario.**

Datos de entrada	Símbolo	Unidad de medida
Área de la cuenca	$A_c$	km <sup>2</sup>
Longitud del río principal	$L$	km
Pendiente del río Principal	$S$	m/m

Fuente: Campos; Konstantinovich e Igorevich, 2016.

**2.3.1.2 Cálculos.** En los cálculos efectuados en el hidrograma unitario, un lugar importante lo ocupa la magnitud denominada: tiempo de concentración  $T_c$ ; el cual se define como el tiempo necesario para que una gota de agua del flujo se desplace desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de análisis. El  $T_c$  se puede calcular con la fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad [\text{min}] \quad (\text{Fórmula 2.12})$$

$$T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad [\text{h}] \quad (\text{Fórmula 2.13})$$

Donde:

$L$  = Longitud del río principal de la cuenca [m].

$H$  = Diferencia de nivel entre la cota más elevada de la cuenca y la cota del sitio de análisis [m].

$S$  = Pendiente ponderada del cauce del río [m/m].

Con el tiempo de concentración  $T_c$  se determina el tiempo de retardo ( $T_r$ ), cumpliendo con la siguiente fórmula:

$$T_r = 0.6 T_c \quad [\text{min}] \quad (\text{Fórmula 2.14})$$

$T_r$  es el tiempo de equilibrio necesario para que se forme un movimiento estacionario, donde toda la cuenca interviene en la formación de la escorrentía.

El intervalo de tiempo de duración de la precipitación ( $d_e$ ) para el presente estudio será de 15 minutos.

El tiempo pico ( $T_p$ ) es el tiempo donde ocurre la presencia del caudal máximo de escorrentía o caudal pico ( $Q_p$ ), los cuales se calculan a partir de las fórmulas:

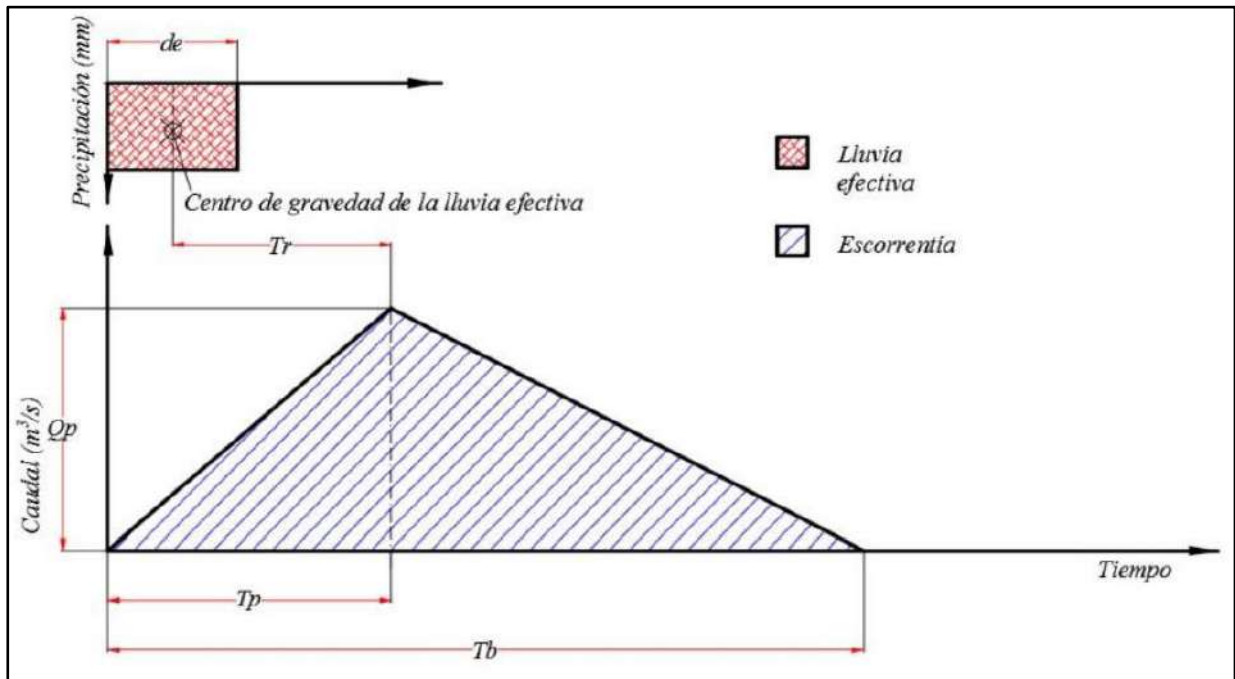
$$T_p = \frac{d_e}{2} + T_r \quad [\text{min}] \quad (\text{Fórmula 2.15})$$

$$Qp = 2.08 \frac{A_c}{Tp} \quad [\text{m}^3/\text{s}/\text{cm}] \quad (\text{Fórmula 2.16})$$

El tiempo base ( $T_b$ ) o tiempo total de duración del hidrograma unitario, se calcula a partir de la fórmula:

$$Tb = \frac{8}{3} Tp \quad [\text{min}] \quad (\text{Fórmula 2.17})$$

El cálculo de los distintos parámetros de tiempo y caudal permiten formar los gráficos de Hidrograma unitario SCS e Hidrograma unitario adimensional SCS, utilizados para el cálculo del caudal máximo de escorrentía (ver Figuras 22).



**Figura 22. Hidrograma unitario SCS.**

Fuente: Campos; Konstantinovich e Igorevich, 2016.

### 2.3.2 Método de Convolución

Con los datos obtenidos en el hidrograma unitario SCS y de la lluvia efectiva de diseño, se procede al cálculo del hidrograma de diseño mediante el proceso de convolución, el cual representa la suma de multiplicaciones desfasadas en el tiempo (Farías de Reyes, 2018):

$$Q(t) = Pe(t) * HU(t) \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (\text{Fórmula 2.18})$$

## 2.4 Análisis de regresión múltiple

Permite establecer la relación que se produce entre una variable dependiente ( $Y$ ) y un conjunto de variables independientes ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ). El análisis de regresión múltiple representa de la mejor manera las situaciones de análisis real; puesto que, los fenómenos, hechos y procesos sociales son complejos y deben ser explicados en la medida de lo posible por la serie de variables que, directa e indirectamente, participan en su concreción (Rodríguez y Mora, 2001).

El método requiere que las variables dependientes e independientes sean continuas, medidas en escala de intervalo o razón. La anotación matemática del modelo o ecuación de regresión múltiple es la que se muestra en la Fórmula 2.19 (Rodríguez y Mora, 2001):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * X_{1i} + \beta_2 * X_{2i} + \beta_3 * X_3 + \dots \beta_k * X_{ki} + e_i \quad (\text{Fórmula 2.19})$$

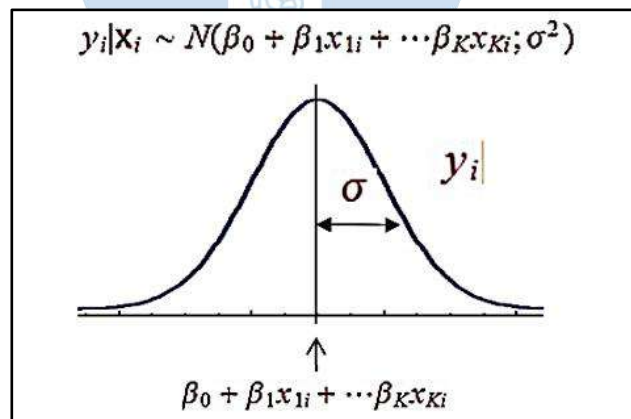
Donde:

$Y$  = Es la variable a predecir.

$\beta_0; \beta_1; \beta_2; \beta_3; \dots \beta_k$  = Parámetros desconocidos a estimar.

$e$  = Error que cometemos en la predicción de los parámetros.

El término de error  $e$  es normal, de media cero y varianza constante (homocedástico). En la fórmula 2.19 el valor de  $e_i$  influye en el resto de variables y tenderá a la normal:  $e_i \sim N(0, \sigma^2)$ , ver Figura 23 (González, 2019):



**Figura 23. Distribución normal del error  $e$ .**

Fuente: González, 2019.



El resultado de resolver la Fórmula 2.19 es una matriz, de la cual:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_k \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & X_{31} & \cdots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & X_{32} & \cdots & X_{k2} \\ 1 & X_{13} & X_{23} & X_{33} & \cdots & X_{k3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & X_{3n} & \cdots & X_{kn} \end{bmatrix}; \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}$$

Donde desconocemos el valor de los parámetros. Son parámetros poblacionales desconocidos y se estiman a partir de la muestra expresada en la Fórmula 2.20 (González, 2019):

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (\text{Fórmula 2.20})$$

Para un valor de K=1 se convertirá en una regresión simple.

La varianza residual estimada se expresará como la Fórmula 2.21 (González, 2019):

$$S_R^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n - K - 1} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p} \quad (\text{Fórmula 2.21})$$

Donde p = K+1.

En muchas ocasiones los modelos bivariados o simples pueden verse mejorados al introducir una segunda, tercera, cuarta, o más variables independientes o explicativas, siendo la decisión más importante ligada al análisis de regresión múltiple (Rodríguez y Mora, 2001).

El análisis de regresión múltiple se estructura de la siguiente manera: la elección del modelo que presente el menor número de variables X que describan la variable Y, la determinación de la bondad de ajuste de los datos analizados en el modelo, estimación de los parámetros que intervienen en la ecuación y la exposición de cada paso y cuadro de diálogo seguido en la obtención de los valores estadísticos y pruebas de los puntos precedentes (Rodríguez y Mora, 2001).

#### **2.4.1 Elección del modelo: el método paso a paso o "stepwise"**

En el análisis de regresión múltiple, el análisis que se aplica para determinar la relación y grado de asociación entre una variable dependiente y sus supuestas variables explicativas, así como la estimación de los parámetros de la ecuación, no difieren de los determinados en el análisis de regresión simple. La construcción de la ecuación se realiza seleccionando cada variable explicativa una a una, "paso a paso", con el objetivo de encontrar aquellas que mejor describan la variable dependiente sin formar una combinación lineal (Rodríguez y Mora, 2001).

Este procedimiento determina que cada variable X introducida al modelo cumpla con los criterios de entrada, y una vez analizada en cada paso cumpla con los criterios de salida. Finalmente, se interpreta los resultados obtenidos en la bondad de ajuste y se calculan los parámetros del modelo. (Rodríguez y Mora, 2001).

**2.4.1.1 Verificación de los criterios de probabilidad de entrada.** El P-valor asociado al estadístico T, o probabilidad de entrada, nos indica si la información proporcionada por cada una de las variables es redundante.

Si éste es menor que un determinado valor crítico, la variable será seleccionada. El *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) por defecto establece en 0.05 el valor crítico de la probabilidad de entrada (correspondiente a una confiabilidad del 95%). Adicional a ella, se puede aplicar el criterio de tolerancia, el cual determina si existe combinación lineal entre las variables del modelo (Rodríguez y Mora, 2001).

**2.4.1.2 Verificación del criterio de probabilidad de salida.** En este caso, si el P-valor asociado al estadístico T, o probabilidad de salida, es mayor que un determinado valor crítico, la variable será eliminada.

El SPSS por defecto establece en 0.1 el valor crítico de la probabilidad de salida (Rodríguez y Mora, 2001).

**2.4.1.3 Límite al número de pasos.** Por último, y para evitar que el proceso de selección se convierta en un proceso cíclico se debe establecer un número límite de pasos. Normalmente este límite es el que equivale al doble del número de variables independientes (Rodríguez y Mora, 2001).

## **2.4.2 Bondad de ajuste de los datos al modelo de regresión múltiple**

En cada etapa del análisis por regresión múltiple se obtienen los siguientes datos estadísticos que definirán la aceptación del modelo: bondad de ajuste ( $R$ ,  $R^2$ ,  $R^2$  corregido, error típico de la estimación), el análisis de varianza y la estimación de parámetros considerando las variables introducidas. El SPSS proporciona dos tablas con el resumen de los valores estadísticos de bondad de ajuste y del análisis de varianza. En ellas se comparan los resultados obtenidos en cada etapa del análisis. Los principales elementos de estudio serán (Rodríguez y Mora, 2001):

**2.4.2.1 Coeficiente de correlación múltiple (Múltiple R).** Define la intensidad de la relación que existe entre el conjunto de variables X y la variable Y.

La primera variable analizada en el modelo, será la que presente una correlación parcial más elevada. Para ello es necesario calcular la matriz de correlaciones parciales, en ella debemos analizar la interrelación entre las variables X; y aquella que existe entre las variables X y la variable Y. En el primer caso, los coeficientes deben ser bajos; sino existe la posibilidad que se produzca multicolinealidad (diferentes variables explican lo mismo de la variable

dependiente). Por su parte, en el segundo caso, las relaciones deben ser altas (Rodríguez y Mora, 2001).

Los coeficientes de correlación parcial oscilan entre 1 (fuerte asociación lineal positiva) y -1 (fuerte asociación lineal negativa). Cuando los valores se aproximen a 0 no existe asociación lineal y, en consecuencia, carece de sentido determinar el modelo o ecuación de regresión lineal (Rodríguez y Mora, 2001).

Para determinar si la asociación es estadísticamente significativa se analiza si se cumple la hipótesis  $H_0$  de que el coeficiente de correlación lineal es igual a 0; en otras palabras, que las variables están incorrelacionadas. Si el P-valor asociado al estadístico de contraste ( $r$ ) es menor que el nivel de significación elegido (0.05) rechazaremos  $H_0$ . El grado de relación y su significación estadística se encontrarán en la matriz de correlaciones. La correlación más alta será el valor de Múltiple R (Rodríguez y Mora, 2001).

**2.4.2.2 Coeficiente de correlación múltiple al cuadrado o coeficiente de determinación (R square “R<sup>2</sup>”).** Mide la proporción de la variabilidad de la variable Y explicada por las variables X admitidas en el modelo.

El incremento de  $R^2$  se puede calcular en la tabla resumen de los modelos generados y permitirá establecer la importancia relativa de la variable X introducida para predecir la variable Y (Rodríguez y Mora, 2001).

**2.4.2.3 Coeficiente de determinación ajustado (adjusted R square).** Mide lo mismo que  $R^2$ , pero en este caso no queda influenciado por el número de variables que introducimos (Rodríguez y Mora, 2001).

Sólo aumenta si añadimos variables relevantes y se expresa mediante la Fórmula 2.22 (González, 2019):

$$R_{ajus}^2 = 1 - \frac{\frac{SS_E}{n-p}}{\frac{S_y^2}{n-1}} = 1 - \frac{S_R^2}{S_y^2} \quad (\text{Fórmula 2.22})$$

**2.4.2.4 Error típico de predicción (ETB).** Nos indica la parte de la variable dependiente que dejamos por explicar. A medida que se incrementa el coeficiente de determinación, el error desciende. (Rodríguez y Mora, 2001).

**2.4.2.5 Estadístico PRESS y R<sup>2</sup> de predicción.** Los cuales se expresan mediante las Fórmulas 2.23 y 2.24 (González, 2019):

$$PRESS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (\text{Fórmula 2.23})$$

$$R_{pred}^2 = 1 - \frac{\frac{PRESS}{n-1}}{S_y^2} \quad (\text{Fórmula 2.24})$$

- *PRESS*. Se define como la suma de los cuadrados de error de predicción y representa la medida de la desviación entre los valores ajustados y los valores observados, mientras más pequeño sea su valor, mejor capacidad de predicción tendrá el modelo escogido (Minitab 18 Statistical Software, 2018).
- *R<sup>2</sup> de predicción*. Se calcula como la eliminación sistemática de cada una de las observaciones del conjunto de datos analizados, estimando la ecuación de regresión múltiple y determinando hasta qué punto el modelo predice la observación eliminada. Su valor varía entre 0 y 100 %. Los modelos con valores cercanos a 100 tienen mejor capacidad de predicción. El *R<sup>2</sup>* pronosticado también puede ser más útil que el *R<sup>2</sup>* ajustado para comparar modelos, porque se calcula con observaciones que no se incluyen en el cálculo del modelo. (Minitab 18 Statistical Software, 2018).

**2.4.2.6 Análisis de varianza.** La tabla de análisis de varianza que incluye en su salida de resultados el SPSS nos permite valorar hasta qué punto es adecuado el modelo de regresión para estimar los valores de la variable dependiente. (Rodríguez y Mora, 2001).

La tabla de ANOVA proporciona el valor estadístico F a partir del cual podemos contrastar la veracidad de la hipótesis  $H_0$  de que  $R^2$  es igual a 0, en otras palabras, de que las dos variables están incorrelacionadas. Si el P-valor asociado al estadístico F es  $< 0.05$ , rechazaremos la hipótesis nula planteada

El estadístico F se expresa como la Fórmula 2.25 (González, 2019):

$$F = \frac{\frac{SS_R}{k}}{\frac{SS_E}{n-p}} \sim F_{k,n-p} \quad (\text{Fórmula 2.25})$$

En el caso de análisis de regresión múltiple la tabla del análisis de varianza nos indica los P-valores asociados al estadístico F en cada uno de los modelos generados (Rodríguez y Mora, 2001).

**2.4.2.7 Análisis de residuales.** Se consideran los residuos “e” como la estimación de los verdaderos errores.

La distribución de la gráfica de residuos debe ser Normal, es decir, los residuos observados y esperados deben ser parecidos. Además, los residuos deben ser independientes. En consecuencia, el análisis de residuos nos permite profundizar en la relación de las variables X e Y, y ponderar la bondad de ajuste del modelo (Rodríguez y Mora, 2001).

Para contrastar la supuesta normalidad de los residuales podemos recurrir, fundamentalmente, a la representación de dos gráficos:



- El gráfico de residuales tipificados, nos muestra la distribución de residuos en relación a la distribución normal. Si ambas distribuciones son iguales, los valores obtenidos se sitúan sobre la diagonal del gráfico. Por lo contrario, en la medida que muestren un alto grado de dispersión, habrá más residuos y el ajuste será peor
- El gráfico de probabilidad normal compara la función de distribuciones acumulada observadas en la muestra con la esperada bajo supuestos de normalidad. Por su parte, Durbin-Watson introduce un valor estadístico que mide el grado de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y el anterior. Si su valor es próximo a 2 los residuos están incorrelacionados; si se aproxima a 4 presentarán relación negativa; y si se aproximan a 0 tendrán una relación positiva (Rodríguez y Mora, 2001).

### **2.4.3 Estimación de los parámetros o coeficientes de regresión: la ecuación de predicción o ecuación de regresión múltiple**

Durante el análisis de regresión múltiple se obtiene tantas ecuaciones como modelos o pasos hayamos efectuado. De todos ellos elegiremos aquel que mejor se ajuste. Éste es el último de los modelos generados (Rodríguez y Mora, 2001).

Los estadísticos asociados a la variable independiente que ha pasado a formar parte del modelo de regresión múltiple son (Rodríguez y Mora, 2001):

- *Coeficiente de regresión B*. Nos indica el número de unidades que aumentará la variable dependiente o criterio por cada unidad que aumente la variable independiente
- *SEB*. Error típico de B.
- *Coeficiente Beta*. Coeficiente de regresión estandarizado. Expresa la pendiente de la recta de regresión en el caso de que todas las variables estén transformadas en puntuaciones Z.
- *Constante*. Su valor coincide con el punto de corte entre la recta de regresión y el eje de ordenadas (vertical).
- *Tolerancia*. Se define como la proporción de la varianza intra-grupo de la variable en estudio, no explicada por otras que intervienen en el análisis ( $1-R^2$ ). Si su valor es próximo a 0 se presenta una combinación lineal de variables, excluyéndola.
- *Valor T*. Permite comprobar si la regresión entre las variables X y Y es significativa. Si el P-valor asociado al estadístico T (Sig T) es  $> 0.05$  rechazaremos el modelo.

#### 2.4.4 Multicolinealidad

Si existe una correlación muy alta entre los predictores, se tienen problemas de multicolinealidad. La multicolinealidad severa es problemática porque puede incrementar la varianza de los coeficientes de regresión, haciéndolos inestables (González, 2019).

La multicolinealidad se representa mediante la expresión  $|X'X| \sim 0 \rightarrow (X'X)^{-1}$ , la cual no se puede calcular o es inestable.

Si hay multicolinealidad alta puede ocurrir que los coeficientes pueden resultar no significativos incluso cuando existe una relación significativa entre el predictor y la variable respuesta. Los coeficientes de los predictores muy correlacionados variarán ampliamente de una muestra a otra (González, 2019).

Si se elimina una variable muy correlacionada con otras, los coeficientes estimados de los demás términos variarán bastante, incluso pueden cambiar de signo. La multicolinealidad no afecta la bondad de ajuste. Los coeficientes no pueden interpretarse de forma fiable, pero los valores ajustados no se ven afectados (González, 2019).

La multicolinealidad se detecta analizando la matriz de correlaciones de los regresores o calculando los *coeficientes FIV*: factores de inflación de la varianza.

Los FIV miden que tanto aumenta la varianza de un coeficiente de regresión si los predictores están correlacionados. Si todos los FIV son 1, no hay multicolinealidad, si  $1 < \text{FIV} < 5$  los factores están moderadamente correlacionados; y para  $\text{FIV} > 10$  están muy correlacionados, pero no significa un problema en sí (González, 2019).

Cuando los valores de FIV son muy altos no se pueden estimar los coeficientes. Los FIV se expresan mediante la Fórmula 2.26:

$$FIV(\beta_j) = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (\text{Fórmula 2.26})$$

Una posible solución a la multicolinealidad es el uso de Componente Principales, donde se crea una nueva variable que es la combinación lineal de las variables correladas, y esta nueva variable es la que se incluye en el modelo (González, 2019).

### 2.4.5 Transformaciones no lineales

Si existe la no linealidad de las variables en estudio, a veces es más práctico transformar la variable dependiente  $Y$ , que transformar los regresores  $X$ . En la mayoría de los casos, se apoyan en los valores cuadráticos de las variables o el resultado de aplicar logaritmo (González, 2019).

Por ejemplo, la expresión:

$$Y = \beta_0 e^{\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2} \mu$$

Se podría expresar como:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ln(\mu)$$







## **Capítulo 3**

### **Aporte lateral al reservorio Poechos**

#### **3.1 Problema en estudio**

##### **3.1.1 Definición del problema**

Estudios actuales demuestran que el reservorio Poechos, una de las principales obras hidráulicas de gran importancia para la región, está perdiendo capacidad de almacenamiento del recurso hídrico de forma acelerada, debido a la colmatación producida por la acumulación de sedimentos que ingresan al embalse especialmente en años lluviosos.

En el río Chira, aguas arriba del reservorio existe la estación hidrométrica Ardilla, cuyos registros no coinciden con el balance hídrico diario realizado en el embalse. Esto debido a que en épocas de crecidas el cauce principal no es el único ni el principal aporte, existiendo contribución lateral difusa en sus 24 km de extensión longitudinal, así como de quebradas principales.

##### **3.1.2 Objetivo**

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es determinar la influencia directa del aporte lateral al caudal principal del río Chira que ingresa al reservorio Poechos en épocas de avenidas.

El cálculo confiable del caudal de ingreso al reservorio permitirá modificar las reglas de operación de forma que se incluya el proceso de descolmatación.

#### **3.2 Aporte lateral a partir de la medición de niveles en la estación Ardilla**

Al inicio de la investigación, el Proyecto Especial Chira Piura (PECHP) proporcionó datos de caudales obtenidos a partir de la medición y conversión de niveles de agua (H) en la Estación Hidrométrica Ardilla, los cuales se denominaron como datos " $Q_f(H)$ " para el análisis posterior, durante los años 2018, 2019 y primeros meses del 2020 (periodo enero – junio). Estos datos representarían el aporte principal al reservorio sin considerar el caudal de aporte lateral.

Se procedió al análisis y comparación con los datos de caudales promedios diarios otorgados por la misma entidad en su dirección web oficial ([www.chirapiura.gob.pe](http://www.chirapiura.gob.pe)), los cuales se denominaron como datos “Qweb”, con el objetivo de encontrar una relación directa entre ambas mediciones.

Cabe resaltar que estos últimos datos contienen el caudal total de ingreso al reservorio, es decir, se deduce que en él se encuentran incluidos los datos tanto del aporte lateral como el aporte principal medido en Ardilla.

Se establecieron dos modos de comparación de datos con el objetivo de encontrar una relación directa: análisis mensual y análisis anual. El procedimiento general que se optó para el análisis de datos fue el siguiente:

- *Relleno de datos.* Los archivos proporcionados por la entidad PECHP mostraban la conversión de algunos datos horarios de niveles de agua  $H$  [m] en caudal  $Q_f(H)$  [ $m^3/s$ ]; por lo tanto, se procedió a buscar una relación directa entre todos los valores  $H$  medidos y  $Q_f(H)$  convertidos, para posteriormente cumplir con el relleno de los caudales para cada valor de  $H$  diario. Cabe resaltar, que las relaciones  $H - Q_f(H)$  encontradas en los archivos fueron establecidas para cierto periodo de tiempo; es decir, no se encontró una relación única para todos los datos contenidos en los archivos de los años 2018, 2019 y 2020.
- *Análisis mensual.* Una vez cumplido el relleno de datos, se procedió a graficar los datos de caudal  $Q_f(H)$ , obtenidos a partir de la conversión de niveles de agua  $H$ , frente a los valores de caudal  $Q_{web}$  con el objetivo de encontrar una relación directa a partir de las líneas de tendencia obtenidas para cada mes de los años en estudio.
- *Análisis anual.* Para el análisis anual, se procedió a graficar los valores de caudal  $Q_f(H)$  y caudal  $Q_{web}$  de manera cronológica, es decir, por fecha de ocurrencia a lo largo de todo el año en estudio, con la finalidad de compararlos y encontrar alguna relación entre ellos.

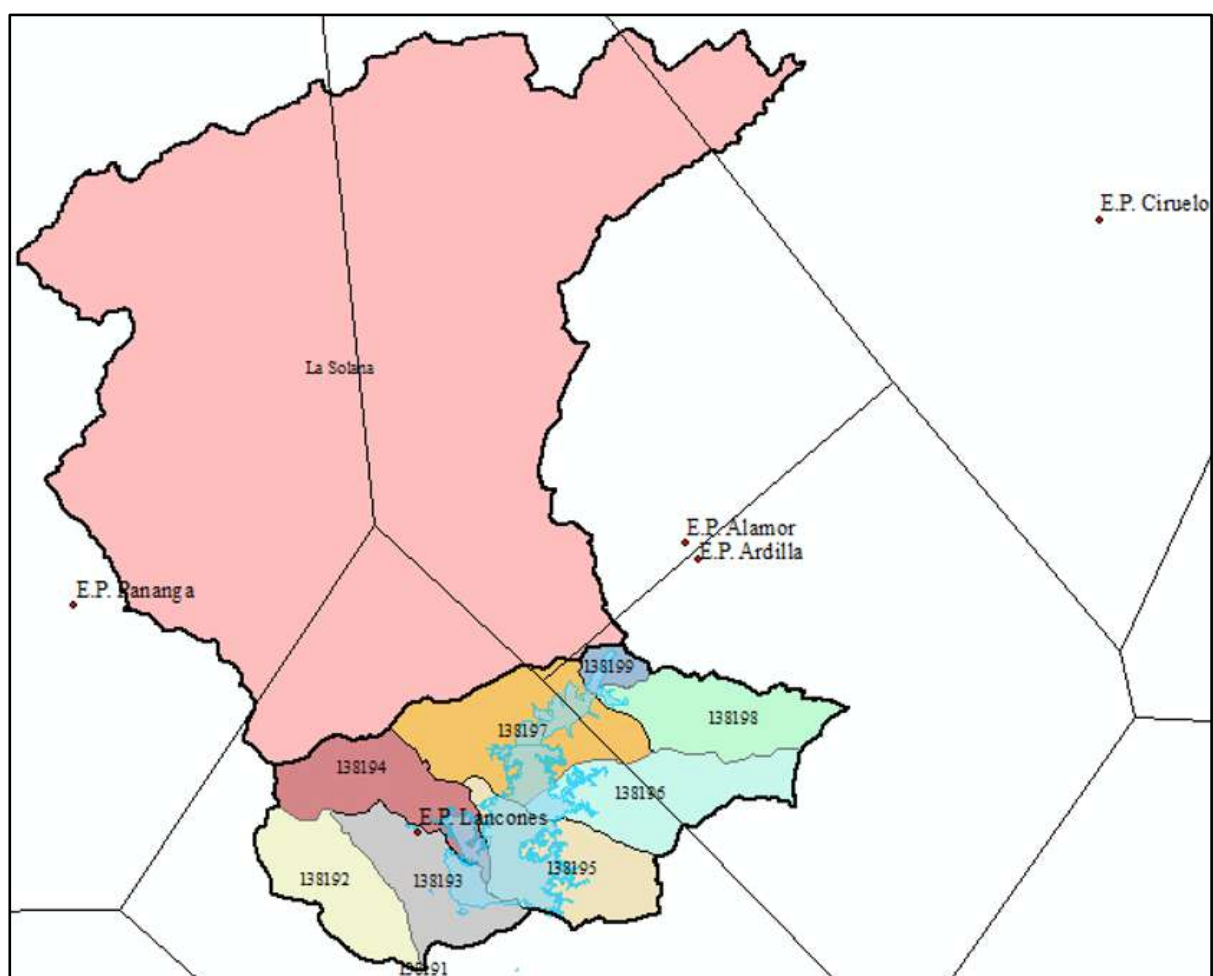
### **3.3 Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuencas laterales**

Para el cálculo del caudal de aporte lateral al reservorio Poechos mediante la aplicación del método del hidrograma unitario, es de vital importancia la recopilación de información sobre:

- El estudio de caracterización geomorfológica de las cuencas hidrográficas laterales con influencia directa al reservorio Poechos: La Solana, Venados, Pilares, Panales y Gramadal; cuyos datos serán proporcionados por Panta (2022) en su trabajo de investigación de tesis.

- Los datos de precipitaciones de las distintas estaciones pluviométricas ubicadas en la zona de estudio de la cuenca Chira: Ciruelo, Ardilla, Alamor, Lancones y Pananga; proporcionados por la entidad de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para el periodo de 1972 - 2019.

Cabe resaltar que previamente, Panta aplicó el método de los polígonos de Thiessen dentro del software ArcGIS para el estudio de la cuenca Chira y obtuvo los datos más precisos de las características geomorfológicas de las cuencas laterales en mención y el porcentaje de área de influencia de las estaciones pluviométricas en cada cuenca de estudio, los cuales se presentan en la Figura 24 y Tablas 13 y 14.



**Figura 24. Método de los polígonos de Thiessen en el software ArcGIS para determinar la precipitación multianual media de las cuencas laterales al reservorio Poechos.**

Fuente: Panta, 2022.

Tabla 13. Características geomorfológicas de las cuencas laterales del reservorio Poechos

Características geomorfológicas	Cuencas laterales del Reservorio Poechos				
	La Solana	Gramadal	Pilares	Panales	Venados
Área [km <sup>2</sup> ]	1205.67	53.44	63.54	54.23	23.62
Perímetro [km]	199.74	38.42	42.91	41.10	21.18
Coeficiente de Gravelius Kc [Adimensional]	1.62	1.48	1.52	1.57	1.23
Le [km]	85.82	15.83	17.90	17.44	7.39
le [km]	14.05	3.38	3.55	3.11	3.19
B [km]	15.66	2.45	2.58	2.95	3.46
Factor forma F [Adimensional]	0.20	0.11	0.10	0.16	0.51
Densidad Drenaje Dd [km/km <sup>2</sup> ]	0.89	0.69	0.64	0.50	0.54
Longitud mayor del río L [km]	77.01	21.81	24.62	18.39	6.82
Pendiente cuenca Sg [%]	14.90	8.10	8.20	4.60	4.10
Pendiente del cauce S [%]	0.71	0.60	0.70	0.90	1.60
Hmín [m s.n.m.]	115	112.5	85	85	130
Hmáx [m s.n.m.]	1217	300	300	275	219
ΔH [m]	1102	187.5	215	190	89

Fuente: Panta,2022.

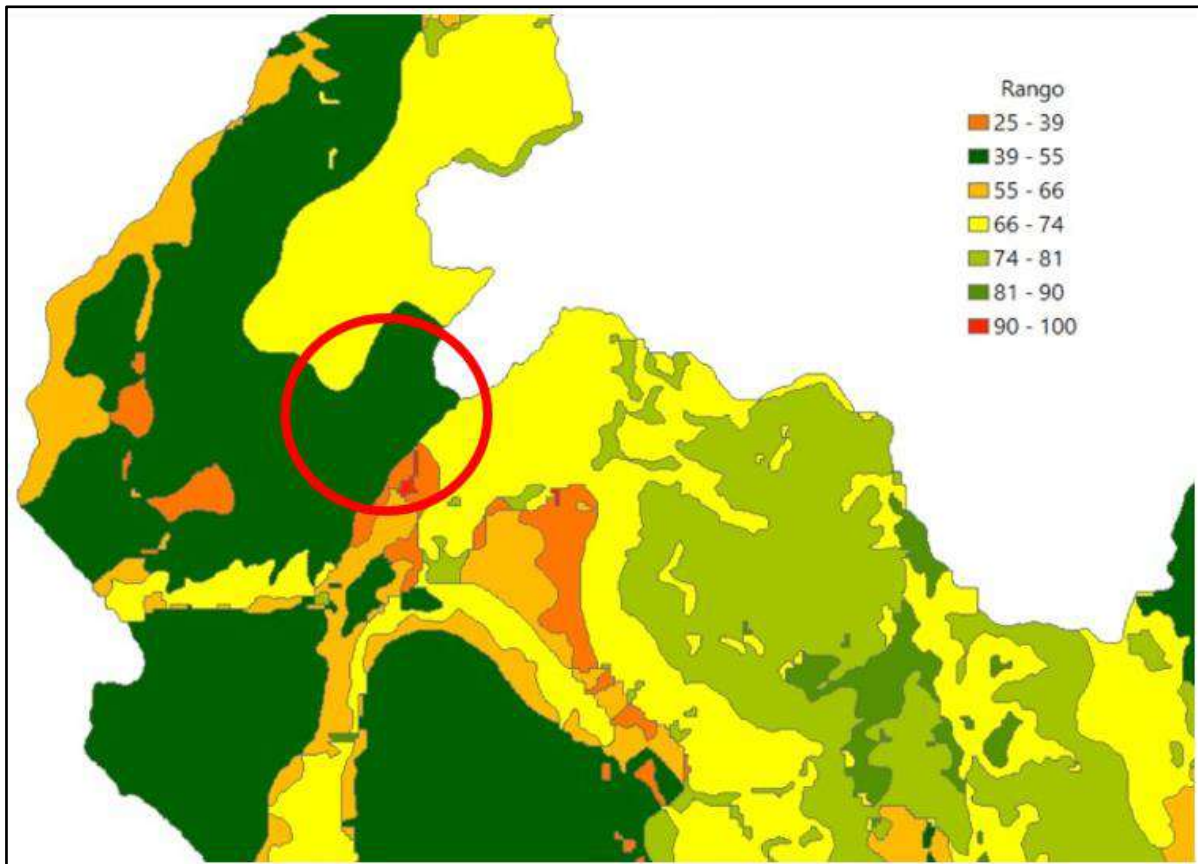
Tabla 14. Porcentaje de área de influencia de las estaciones pluviométricas en cada subcuenca de estudio.

Cuenca Lateral	Estación Pluviométrica - SENAMHI	Área de influencia [%]
La Solana	Ardilla	0.20
	Alamor	43.70
	Ciruelo	3.00
	Pananga	43.00
	Lancones	10.10
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Gramadal	Ardilla	100.00
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Pilares	Ardilla	49.60
	Lancones	50.40
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Panales	Lancones	100.00
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Venados	Lancones	100.00
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Panta,2022.

Una vez fijados los valores de las características geomorfológicas y los datos pluviométricos de la zona, se procedió a la aplicación del método de bloque alterno para determinar el hietograma de diseño para intervalos de 15 minutos ( $\Delta t=15$ ) y un número de curva de escorrentía de las cuencas CN igual a 55, escogido en función a la distribución de valores de Número de Curva CN para condiciones normales que se presentan en la zona del reservorio Poechos en la siguiente Figura 25:





**Figura 25. Mapa Número de Curva – condiciones normales.**

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2015.

La Figura 25 muestra los resultados de Número de Curva CN para condiciones normales a escala nacional obtenidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) luego de realizado el geoprocetamiento de la información obtenida del mapa de cobertura y uso; suelos y Modelo Digital de Elevaciones (MDE); y en base a valores para cada grupo hidrológico de suelos teóricos.

El mapa de cobertura es una de las variables más vulnerables en el estudio, ya que está directamente relacionada con las actividades que el hombre realiza en su actividad diaria, y algún cambio de uso altera los valores adimensional de Numero de Curva que se hayan generado, motivo por lo cual se recomienda el ajuste de dichos valores en cada estudio de carácter hidrológico (Autoridad Nacional del Agua, 2015).

Para la realización del método de bloque alterno se necesitó establecer las curvas ID de cada cuenca lateral para cada registro de precipitación. Para cumplir con esto, se optó por aplicar el siguiente procedimiento:

- Primero, se eligió la curva IDF de diseño con periodo de retorno de 50 años ( $T_r=50$ ) de la matriz de precipitaciones máximas e intensidades máximas anuales [mm] en función de la duración [min] y el periodo de retorno T [años] para la ciudad de Piura (ver Tabla 15):

**Tabla 15. Matriz de precipitaciones máximas e intensidades máximas anuales [mm] en función de la duración [min] y el periodo de retorno T [años]**

T [años]	P <sub>máx</sub> día [mm]	i <sub>10</sub>	i <sub>15</sub>	i <sub>60</sub>	i <sub>120</sub>	i <sub>360</sub>	i <sub>720</sub>	i <sub>1440</sub>
5	48.5	37.8	35.3	22.8	15.5	7.2	4.0	2.1
10	90.6	59.6	56.7	36.8	24.9	13.1	7.3	3.8
25	147.5	88.9	85.7	55.8	37.9	20.9	11.8	6.1
50	196.9	113.3	110.0	71.9	49.4	27.6	15.6	8.1
100	254.1	140.3	137.2	90.2	62.8	35.2	19.9	10.5
150	291.9	157.6	154.6	102.0	71.6	40.2	22.7	12.0
200	321.0	170.5	167.8	110.9	78.4	44.0	24.9	13.2

Fuente: Farias, M. y Ruiz, M., 2018.

- Luego, se dividió cada valor de intensidad de lluvia de la curva escogida ( $T_r=50$  años) entre la intensidad correspondiente a un tiempo de 1440 minutos ( $i_{1440}$ ); como consecuencia se obtuvo la curva ID de diseño unitaria  $i/i_{1440}$ , ver Tabla 16:

**Tabla 16. Curva ID unitaria de diseño**

$T_r = 50$ años	P <sub>máx</sub>	$i/i_{1440}$
i <sub>10</sub>	113.30	13.99
i <sub>15</sub>	110.00	13.58
i <sub>60</sub>	71.90	8.88
i <sub>120</sub>	49.40	6.10
i <sub>360</sub>	27.60	3.41
i <sub>720</sub>	15.60	1.93
i <sub>1440</sub>	8.10	1.00

Fuente: Elaboración propia.

- Finalmente, se estableció el producto de cada valor de la curva ID unitaria de diseño ( $i/i_{1440}$ ) por cada valor de intensidad de precipitación máxima para un periodo de 24 horas de la base de datos (afectadas por el factor 1.1), obteniendo las curvas ID de cada cuenca lateral.

Al término del método de bloque alterno y luego de haber obtenido el hietograma de diseño para cada valor de precipitación, se procedió al estudio del hidrograma unitario para determinar los caudales laterales del reservorio.

Cabe resaltar que los datos de ingreso al método de hidrograma unitario fueron las características geomorfológicas de cada cuenca en estudio (ver Tabla 17); y la precipitación ponderada en función a los resultados obtenidos mediante los polígonos de Thiessen de la Tabla 14.

**Tabla 17. Datos iniciales para el método de hidrograma unitario de las cuencas laterales.**

Datos	Cuencas laterales del Reservoirio Poechos				
	La Solana	Gramadal	Pilares	Panales	Venados
Área [km <sup>2</sup> ]	1205.67	53.44	63.54	54.23	23.62
Longitud mayor del río L [km]	77.01	21.81	24.62	18.39	6.82
$\Delta H$ [m]	1102.00	187.50	215.00	190.00	89.00
Tiempo de concentración Tc [min]	584.01	266.80	291.06	217.73	92.86
Tiempo de retardo Tr [min]	350.41	160.08	174.64	130.64	55.71
Tiempo pico Tp [min]	537.60	286.60	306.79	244.93	130.35
Caudal pico Qp [m <sup>3</sup> /s/cm]	279.89	23.27	25.85	27.63	22.61
Tiempo base Tb [min]	1433.60	764.27	818.11	653.15	347.61

Fuente: Elaboración propia.

El aporte de caudal lateral final se consideró como la suma de los aportes laterales de cada cuenca en estudio para la elaboración de los distintos gráficos de resultados.

### 3.4 Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuenca unificada

Para el cálculo del caudal de aporte lateral al reservorio Poechos mediante la aplicación del método del hidrograma unitario aplicado a la cuenca del río Chira unificada se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se mantiene el procedimiento descrito en el apartado 1.3.
- Se consideran las cuencas de influencia directa al reservorio: Panales (138194), 138195, Pilares (138196), 138197, Gramadal (138198), 138199 y La Solana.
- Los datos más importantes de la cuenca Chira, a partir de las zonas de influencia consideradas, se presentan en la siguiente Tabla 18:

**Tabla 18. Datos más importantes de las zonas de influencia en la cuenca Chira**

Zona de influencia en la cuenca Chira	Área [km <sup>2</sup> ]	Longitud mayor del río [km]	Cota menor [m s.n.m.]	Cota mayor [m s.n.m.]
Cuenca Panales (138194)	54.23	18.39	85.00	275.00
Cuenca 138195	62.00	14.8	86.00	234.00
Cuenca Pilares (138196)	63.54	24.62	85.00	300.00
Cuenca 138197	81.20	14.06	130.00	219.00
Cuenca Gramadal (138198)	53.44	21.81	112.50	300.00
Cuenca 138199	9.20	0.63	110.00	148.00
Cuenca La Solana	1205.67	77.01	115.00	1217.00

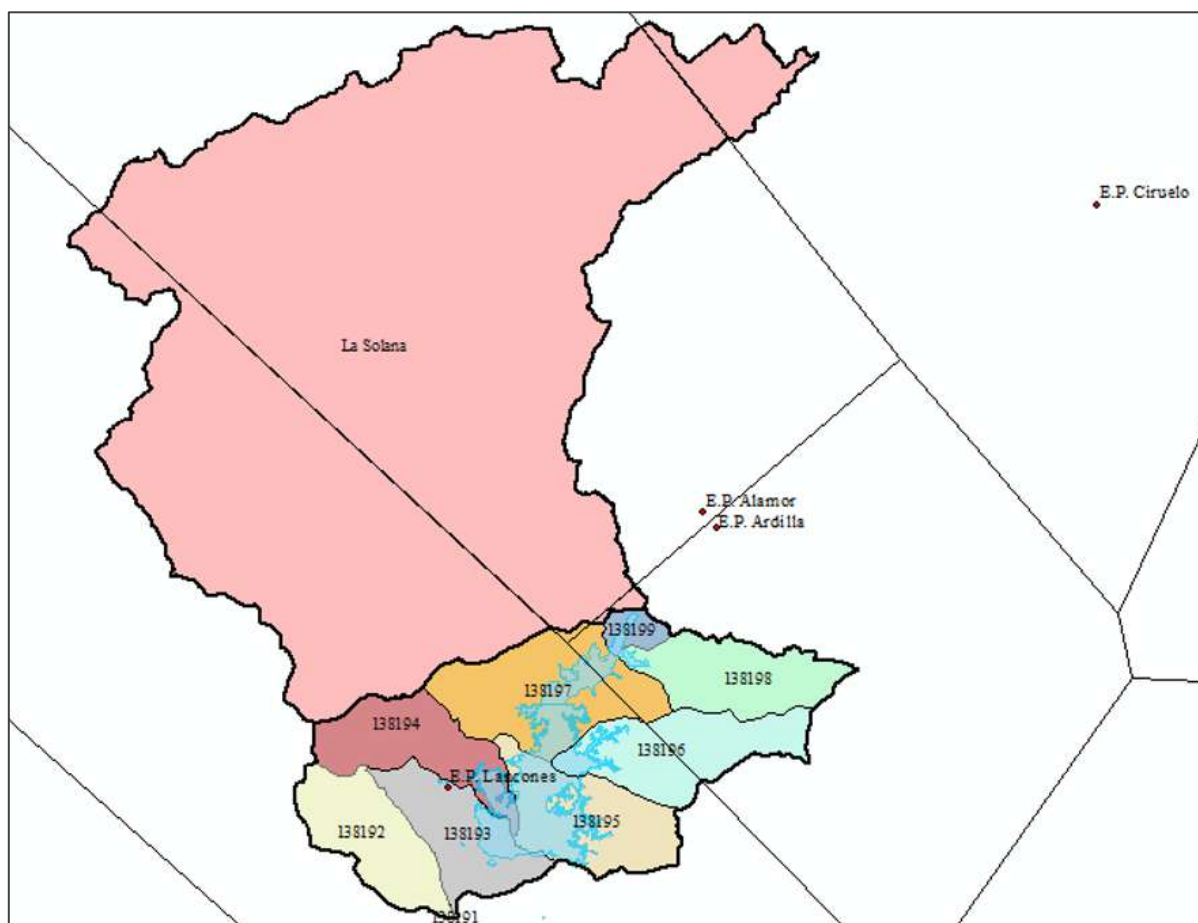
Fuente: Panta, 2022.

Adicionalmente a los datos descritos en la Tabla 18, es importante conocer el área superficial del reservorio Poechos (62 km<sup>2</sup>), su longitud mayor del río (24 km); así como también el área superficial de la zona del reservorio que se encuentra en la cuenca 138193 (7.50 km<sup>2</sup>); con el objetivo de realizar un cálculo más preciso del número de curva CN y posteriormente la ejecución del método de diagrama unitario.

- Para el cálculo ponderado del número de curva CN se han considerado los siguientes datos: un área de 62 km<sup>2</sup> correspondiente al área superficial del reservorio Poechos

con un valor de CN de 100, y un área de 1474.7 km<sup>2</sup> correspondiente al área de terreno formado por las cuencas descritas en la Tabla 18 pero que no forman parte del reservorio Poechos, representados con un valor de CN de 55; obteniéndose un valor de curva CN para la cuenca unificada de 56.8.

- Ante la no continuidad de medición de datos de la Estación Pluviométrica Pananga, se procedió al trazo de unos nuevos polígonos de Thiessen sin considerarla, con la finalidad de hallar la nueva área de influencia de lluvia dentro de la cuenca para cada estación pluviométrica, obteniéndose los resultados de la Figura 26 y Tabla 19.



**Figura 26. Método de los polígonos de Thiessen en el software ArcGIS para determinar el área de influencia de lluvia dentro de la cuenca Chira sin considerar la estación pluviométrica Pananga.**

Fuente: Panta, 2022.



**Tabla 19. Porcentaje de área de influencia de las estaciones pluviométricas en cada subcuenca de estudio.**

Cuenca Lateral	Estación Pluviométrica - SENAMHI	Área de influencia [%]
La Solana	Ardilla	0.25
	Alamor	65.12
	Ciruelo	2.98
	Lancones	31.65
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Panales (138194)	Lancones	100.00
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
138195	Lancones	100.00
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Pilares (138196)	Ardilla	49.60
	Lancones	50.40
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
138197	Ardilla	19.12
	Alamor	1.22
	Lancones	79.66
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
Gramadal (138198)	Ardilla	100.00
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>
138199	Ardilla	100.00
	<b>Total</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Panta, 2022.

- Se aplicó el estudio para 2 alternativas de solución: tramo directo y dos tramos.

#### 3.4.1 Tramo directo

Para esta alternativa de solución se ha considerado que la gota de agua viaja en una única pendiente dentro de la cuenca Chira desde la parte más alta (Cuenca La Solana) hasta que entra en contacto con el nivel de agua estabilizado del reservorio Poechos (100 m s.n.m.). Los datos de ingreso al método de hidrograma unitario se tomaron a partir de la información recaudada en las Tablas 18 y 19 (ver Tabla 20).

**Tabla 20. Datos iniciales para el método de hidrograma unitario de la cuenca unificada de tramo directo.**

Datos	Cuenca unificada
Área [km <sup>2</sup> ]	1536.70
Longitud mayor del río L [km]	101.01
$\Delta H$ [m]	1117.00
Tiempo de concentración $T_c$ [min]	788.09
Tiempo de retardo $T_r$ [min]	472.85
Tiempo pico $T_p$ [min]	690.30
Caudal pico $q_p$ [m <sup>3</sup> /s/cm]	277.82
Tiempo base $T_b$ [min]	1840.81

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2 Dos tramos

Para esta alternativa de solución se ha considerado que la gota de agua viaja a través de dos pendientes marcadas dentro de la cuenca Chira: la primera que representa el recorrido en la cuenca La Solana (desde 1217 m s.n.m. hasta 115 m s.n.m.) y la segunda pendiente que se presenta dentro del reservorio Poechos hasta el nivel estable (desde 115 m s.n.m. hasta 100 m s.n.m.). Los datos de ingreso al método de hidrograma unitario se tomaron a partir de la información recaudada en las Tablas 18 y 19 (ver Tabla 21). Cabe resaltar que para el cálculo del tiempo de concentración total de la cuenca se aplicó la suma de los tiempos de concentración de cada tramo considerado.

**Tabla 21. Datos iniciales para el método de hidrograma unitario de la cuenca unificada de dos tramos.**

Datos	Cuenca unificada	
	Primer Tramo	Segundo Tramo
Área total [km <sup>2</sup> ]	1536.70	
Longitud mayor del río L por tramo [km]	77.01	24.00
$\Delta H$ por tramo [m]	1102.00	15.00
Tiempo de concentración Tc por tramos [min]	579.11	787.74
Tiempo de concentración Tc total [min]	1366.85	
Tiempo de retardo Tr [min]	820.11	
Tiempo pico Tp [min]	1106.48	
Caudal pico Qp [m <sup>3</sup> /s/cm]	173.32	
Tiempo base Tb [min]	2950.62	

Fuente: Elaboración propia.

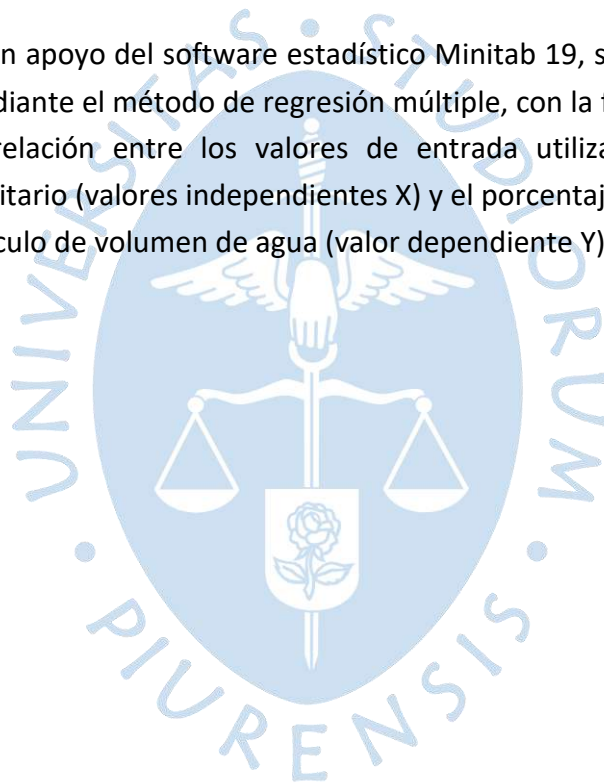
### 3.5 Aporte lateral al reservorio Poechos proporcional al aporte de la cuenca La Solana

Para el cálculo del caudal de aporte lateral al reservorio Poechos proporcional al caudal obtenido en la cuenca La Solana mediante la aplicación del método del hidrograma unitario se han respetado las siguientes consideraciones:

- Mantener las características geomorfológicas de la cuenca La Solana descritas en las Tablas 17, 18 y 19.
- Valorar a la cuenca La Solana como el principal aporte lateral al reservorio Poechos debido a su extensión, ubicación y forma.
- Realizar un nuevo ajuste y relleno de datos pluviométricos debido al retiro de la estación pluviométrica Pananga.
- Estudiar los resultados obtenidos durante la ocurrencia de los Fenómenos El Niño de los años hidrológicos 1982-1983 y 1997-1998, así como el Fenómeno El Niño Costero 2017. Se consideran estos eventos, los más importantes para nuestra región, puesto que, en dichos periodos se obtuvieron las máximas avenidas y aportes al reservorio Poechos.

El procedimiento a seguir para la obtención de resultados y predicción de eventos será el siguiente:

- Se aplicará el método de hidrograma unitario a la cuenca La Solana, trabajando los datos geomorfológicos de la cuenca y los datos pluviométricos ajustados ante la ausencia de la estación Pananga.
- El hidrograma de caudales obtenido será amplificado proporcionalmente al área total de influencia al reservorio Poechos (cuenca unificada).
- A partir del hidrograma amplificado se obtendrá el volumen de agua [ $\text{hm}^3$ ] de ingreso lateral al reservorio Poechos, el cual se comparará con el volumen total hallado a partir de los datos Qweb proporcionados por el PECHP, obteniendo un porcentaje de influencia.
- Finalmente, con apoyo del software estadístico Minitab 19, se realizará el estudio de predicción mediante el método de regresión múltiple, con la finalidad de obtener una ecuación de relación entre los valores de entrada utilizados en el método de hidrograma unitario (valores independientes X) y el porcentaje de influencia obtenido a partir del cálculo de volumen de agua (valor dependiente Y).







## Capítulo 4

### Resultados del estudio

En el presente capítulo se presentarán y discutirán los distintos resultados numéricos y gráficos obtenidos en la investigación.

#### 4.1 Caudales calculados a partir de la medición de niveles en la estación Ardilla

##### 4.1.1 *Análisis mensual*

Los gráficos obtenidos del análisis mensual se encuentran en el Apéndice A del presente documento de estudio.

Se puede observar que existen distintas líneas de tendencia con diferentes ecuaciones de ajuste entre los datos  $Q_f(H)$  y  $Q_{web}$  comparados entre sí, esto quiere decir que no se logró obtener una relación homogénea para los distintos meses evaluados.

Así mismo cabe resaltar que en muchos meses se nota una alta dispersión entre los datos evaluados.

##### 4.1.2 *Análisis anual*

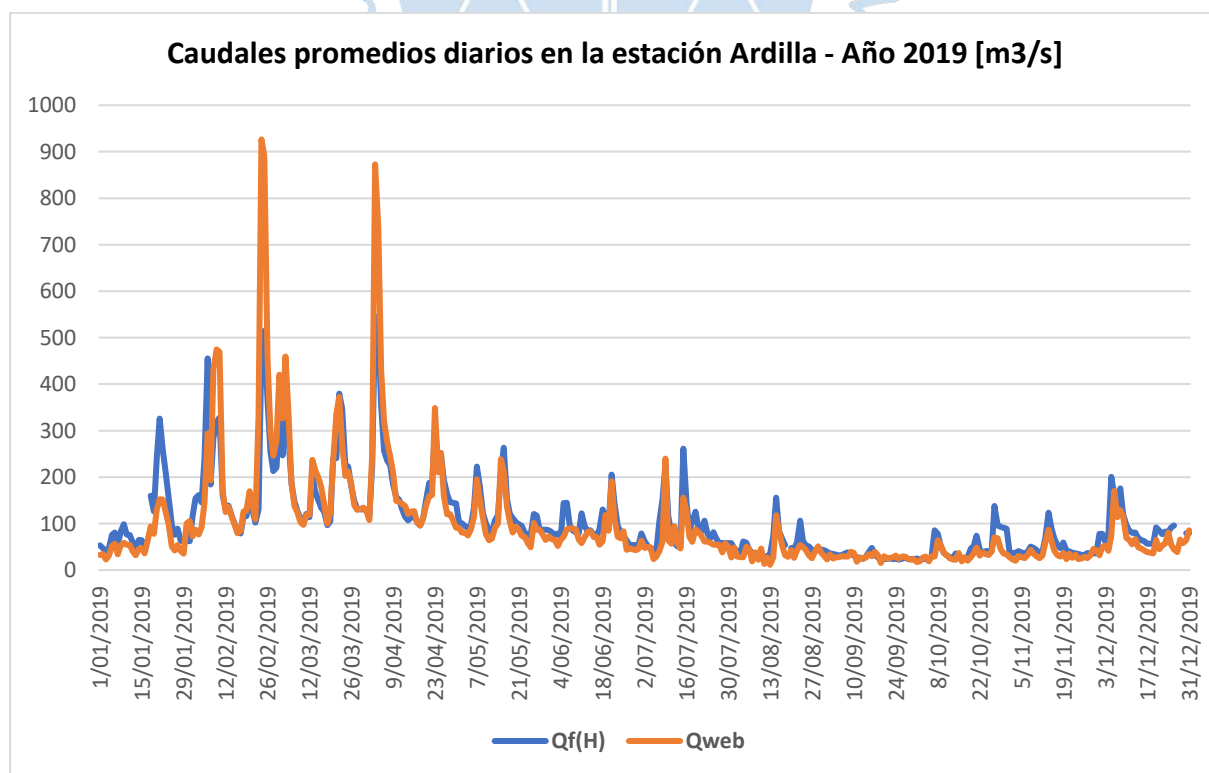
Los gráficos obtenidos en el análisis anual de los datos reflejan cierto comportamiento anormal:

- Durante los años 2018 y 2019 se observan periodos de tiempo donde los datos correspondientes a los caudales  $Q_f(H)$  superan los valores de los caudales  $Q_{web}$  (ver Figuras 27 y 28)
- A dichos resultados se le añade el año 2020, en donde prácticamente durante todo el periodo de meses enero a junio, los valores de los caudales  $Q_{web}$  son menores a los caudales  $Q_f(H)$  (ver Figura 29).
- Este comportamiento observado en los gráficos de estudio no es aceptable; debido a que, por conocimiento previo, los valores de caudal  $Q_{web}$  deben ser siempre mayores que los caudales  $Q_f(H)$ , ya que contienen dicho valor y además el aporte lateral al reservorio.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis anual y lo expuesto en el análisis mensual de los datos, se tomó la decisión de descartar el uso de los datos crudos de caudal medidos en función de los niveles de agua H proporcionados por el PECHP.



**Figura 27. Caudales promedios diarios (Qf(H) y Qweb) medidos en la estación ardilla durante el año 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 28. Caudales promedios diarios (Qf(H) y Qweb) medidos en la estación ardilla durante el año 2019.**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 29. Caudales promedios diarios (Qf(H) y Qweb) medidos en la estación ardilla durante el año 2020.**

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos se tiene la seguridad que muchos de los datos de niveles H y conversión a caudal Qf(H) realizado por PECHP, han sido calculados con errores permanentes.

En la actualidad, el cálculo del caudal de ingreso al reservorio Poechos registrado en la estación hidrométrica Ardilla monitoreada por PECHP, se obtiene a partir de una sencilla diferencia de volumen del reservorio al inicio y fin del día; esto quiere decir que en dicha estación no se están realizando aforamientos: mediciones de niveles de agua y conversión a caudal; lo que impide realizar una adecuada comparación de resultados. Cabe recalcar que para realizar un estudio hidrológico de predicción de caudal se requiere de una constante y fiable información obtenida de aforos.

Investigadores de PECHP explicaron distintas razones por las cuales no se vienen realizando aforos en la estación Ardilla, entre las que destacan:

- No existe la construcción de un puente seguro y confiable en dicha estación. Esto quiere decir que los escasos datos obtenidos en esa zona han sido logrados mediante aforos en bote o caminando, dependiendo del nivel de agua en que se encontraba.
- La sección del río correspondiente a dicho lugar de estudio está conformada por arenas, lo que la convierte en una sección altamente variable con el pasar del tiempo. Es decir, si se toma un registro de altura de agua (H) el día de hoy, se obtendría un dato H distinto el día de mañana, porque cambió la sección del río.

- La sección del río en esa zona oscila entre los 300 y 400 metros cuando hay fuertes avenidas y gran cantidad de caudal (eventos sumamente importantes y de los cuales se deben tener registros obligatorios), requiere una gran cantidad de mediciones H, las cuales se realizan a 1 o 2 metros de separación entre los puntos de medición, esto sumado al peligro que representa la no presencia de puente en la zona y a las condiciones naturales para la toma de datos, los llevó a tomar la decisión de no efectuarse. Cabe decir que, la entidad realizó aforos cuando el ancho del agua del río se encontraba aproximadamente en 30 metros, es decir, para caudales entre 30 y 40 m<sup>3</sup>/s, pero los descartaron porque se consideraron no relevantes.

#### 4.2 Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuencas laterales

Una vez efectuado el procedimiento descrito en el capítulo 3, se procedió al análisis de los resultados obtenidos:

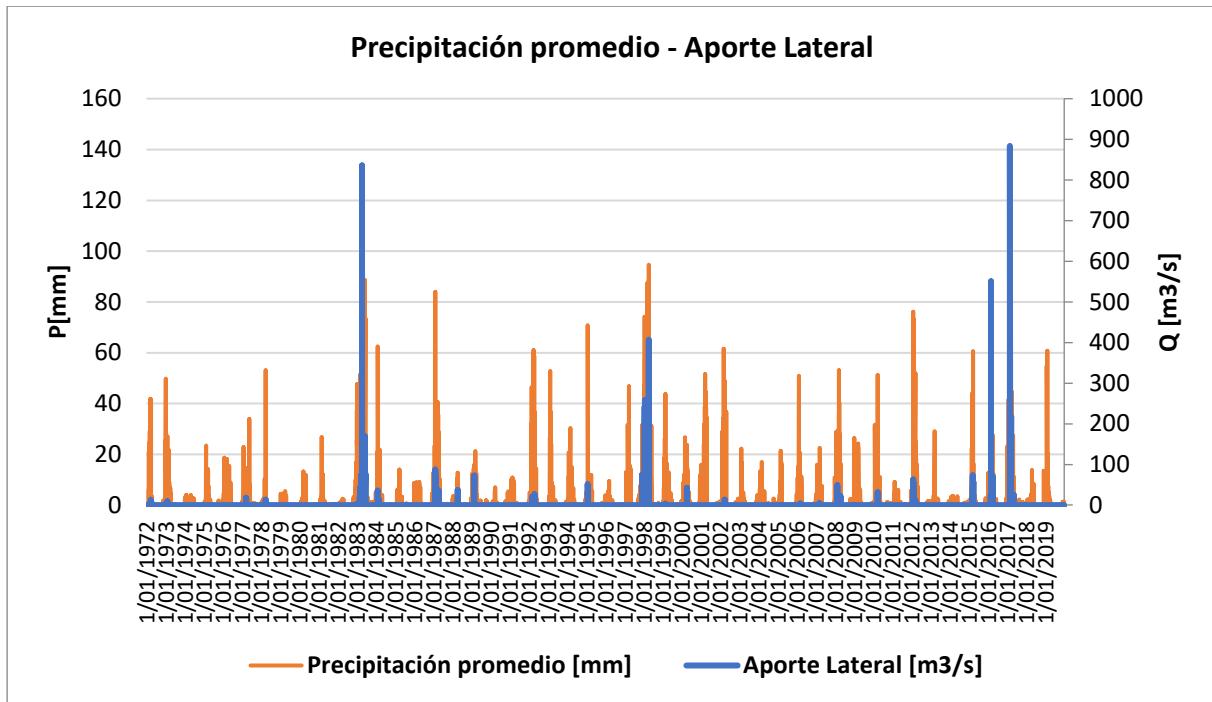
- Se encontraron cuatro valores atípicos en toda la serie de datos analizados (ver Tabla 22): ante la presencia de una lluvia elevada se obtuvo un registro de caudal reducido, el cual, al compararlo con el aporte lateral calculado, se originó una inconsistencia, puesto que, este último presentó valores mayores y elevados en comparación con el registro Qweb.

**Tabla 22. Valores atípicos del análisis de aporte lateral**

FECHA	Qweb [m <sup>3</sup> /s]	Aporte lateral [m <sup>3</sup> /s]	Precipitación total [mm]
16/03/1997	70.40	122.25	27.40
7/12/1997	30.50	168.14	30.46
14/03/2013	98.11	168.44	29.70
15/03/2013	73.97	287.87	34.51

Fuente: Elaboración propia.

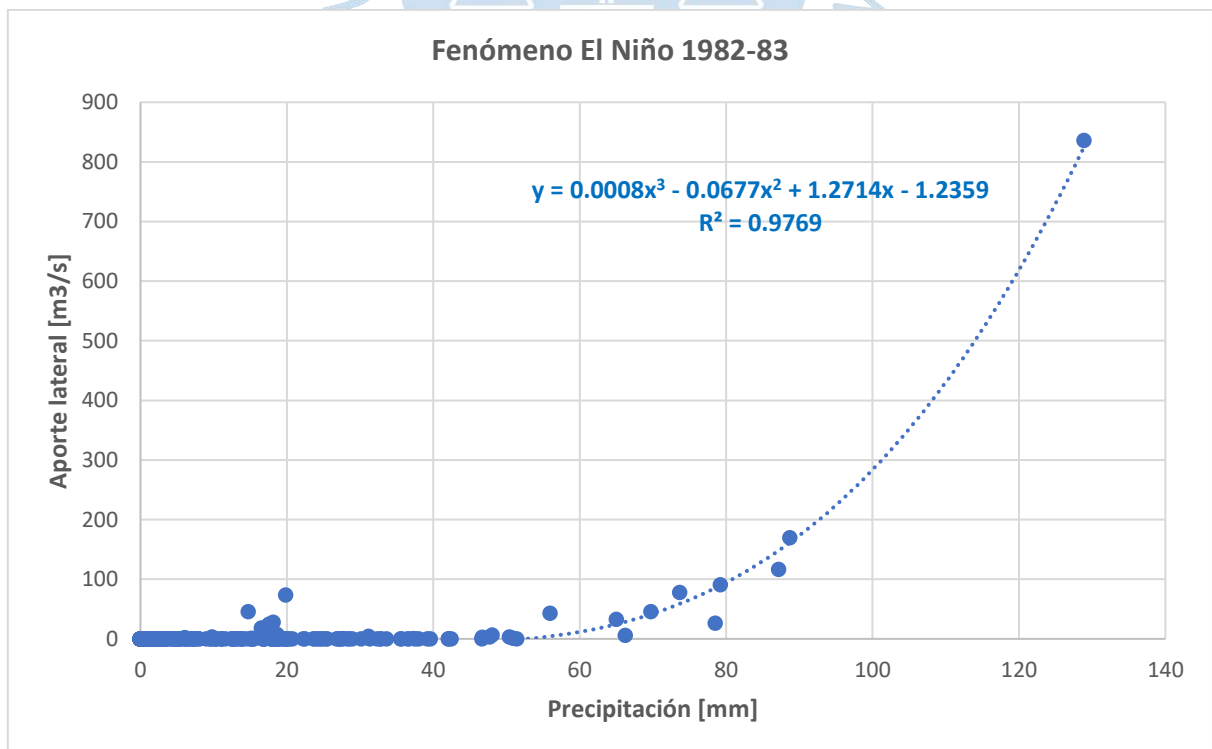
- Se procedió a elaborar un gráfico cronológico de la ocurrencia de los caudales de aporte lateral y los caudales Qweb proporcionados por el PECHP; además se tuvo en cuenta que los mayores aportes laterales al reservorio corresponden a la presencia de los más altos valores de precipitación en la zona.
- De la Figura 30, se puede observar claramente que los máximos eventos para ambas variables en estudio, corresponden a la ocurrencia del Fenómeno El Niño (1982-83 y 1997-98) y El Niño Costero (2017).



**Figura 30. Registro de Precipitación Promedio y Aporte Lateral en el Reservorio Poechos para el periodo de años 1972 - 2019.**

Fuente: Elaboración propia.

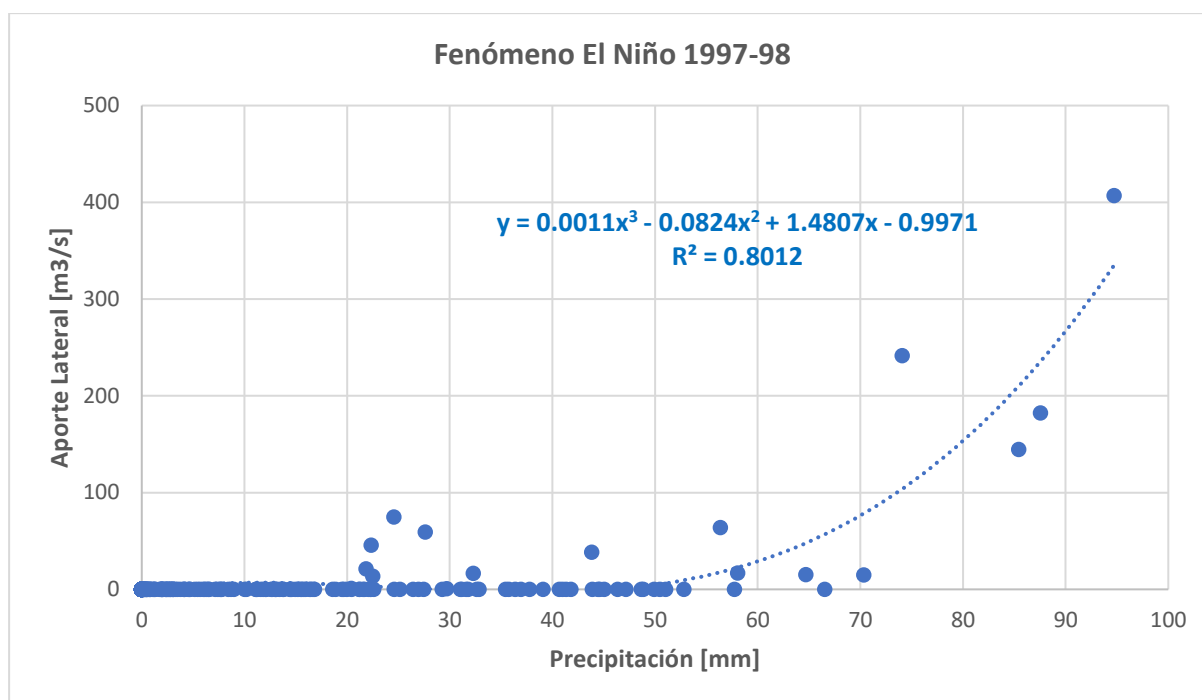
- Se procedió al análisis de datos correspondientes sólo a la ocurrencia del Fenómeno El Niño (1982-83 y 1997-98) y El Niño Costero (2017) con el fin de encontrar una relación entre ellos, obteniendo los gráficos de resultados presentados en las Figuras 31, 32 y 33:



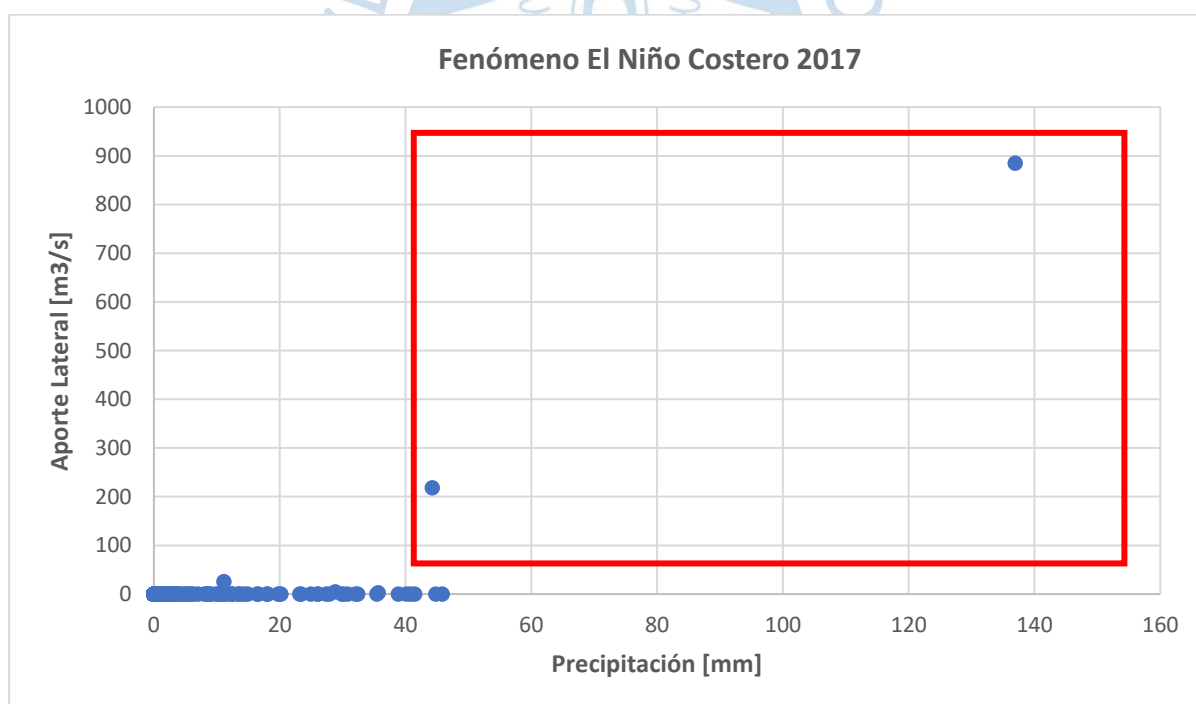
**Figura 31. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral para el Fenómeno El Niño 1982-83.**

Fuente: Elaboración propia.





**Figura 32.** Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral para el Fenómeno El Niño 1997-98.  
Fuente: Elaboración propia.

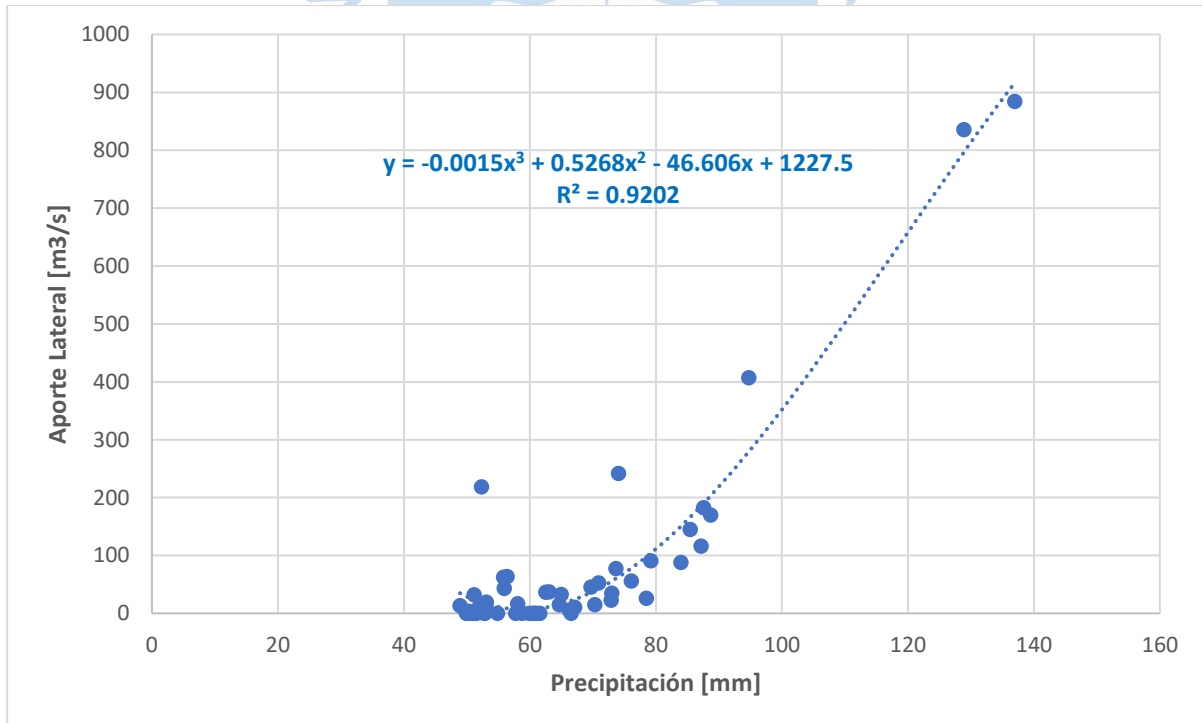


**Figura 33.** Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral para el Fenómeno El Niño Costero 2017.  
Fuente: Elaboración propia.

- A partir de los gráficos obtenidos se concluyó que: los datos correspondientes a la ocurrencia de los Fenómenos El Niño 1982-83 y 1997-98 presentan una muy buena correlación ( $R^2$ ): 0.98 y 0.80 respectivamente, a partir de una precipitación de 50 mm aproximadamente, convirtiéndose en el valor crítico para la ocurrencia de aporte lateral al reservorio. Así mismo, establece un valor de alerta ante futuros eventos: al

momento de calcular el caudal de ingreso al reservorio Poechos ante la ocurrencia de precipitación de 50 mm o mayor, se debe considerar un ingreso de caudal tanto por el ingreso principal como por las cuencas laterales.

- Por el contrario, en el gráfico correspondiente al Fenómeno El Niño Costero 2017 se observa que no hay presencia de aporte lateral a excepción de 2 valores (encerrados en un recuadro rojo) correspondientes a precipitaciones de 45mm y 137 mm en promedio de la cuenca. Esto quiere decir que: hubo lluvias intensas localizadas en toda la cuenca Chira registradas por cada estación pluviométrica, pero que al calcular la precipitación promedio para cada cuenca lateral en estudio, la totalidad de dichos valores, a excepción de 2, no alcanzaron el valor mínimo para producir caudal lateral. Ante la escasez clara de datos no se puede determinar una relación adecuada de precipitación – aporte lateral, se tomó la decisión de descartar este evento para el presente estudio.
- Una vez encontrado el valor crítico de estudio para la ocurrencia de aporte lateral al reservorio en situación de Fenómeno EL Niño (precipitación de 50 mm), se procedió a analizar el comportamiento de todos los datos obtenidos a partir de este valor, es decir, se trabajó el objetivo de encontrar una relación entre los valores de aporte lateral y precipitaciones promedio mayores o iguales a 50mm en las cuencas laterales, ver Figura 34:



**Figura 34. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 50 mm.**

Fuente: Elaboración propia.

A partir del gráfico se concluye que los valores de aporte lateral al reservorio Poechos para precipitaciones promedio mayores o iguales a 50 mm poseen una muy buena correlación ( $R^2=0.92$ ).

- En los gráficos de relación precipitación – aporte lateral obtenidos para los distintos Fenómenos El Niño (Figuras 33 y 34) se observó que hay presencia de aporte lateral para valores de precipitaciones menores a 50 mm, aproximadamente dentro del rango de 10 a 30 mm. Se procedió al análisis de estos datos para todo el rango de estudio de la presente tesis incluyendo el registro de días previos de lluvia continua hasta la ocurrencia de los eventos, con la finalidad de conocer el motivo de la presencia de aporte lateral ante una precipitación menor a 50, se obtuvo la Tabla 23:

**Tabla 23. Análisis de aporte lateral para precipitaciones entre 10 y 30 mm**

FECHA	Aporte lateral [m <sup>3</sup> /s]	Precipitación [mm]	Días de lluvia acumulada
15/03/1983	45.5	14.7	22 días
24/03/1983	73.5	19.8	31 días
26/04/1983	27.9	18.1	64 días
5/06/1983	24.4	17.6	104 días
8/02/1987	73.4	13.5	19 días
10/04/1987	37.2	17.0	16 días
11/04/1988	36.9	12.8	3 días
22/02/1989	73.6	16.0	35 días
7/03/1992	20.8	13.3	5 días
17/04/1992	27.7	15.4	46 días
4/12/1997	74.8	24.6	25 días
4/01/1998	45.6	22.4	7 días
1/02/1998	59.1	27.6	35 días
9/02/1998	21.2	21.8	41 días
6/04/2000	42.6	23.7	3 días
18/02/2008	49.0	29.2	26 días
18/04/2008	23.2	16.4	6 días
18/03/2015	74.3	15.2	17 días
30/03/2015	57.8	16.4	29 días
31/03/2016	72.1	27.7	3 días
9/05/2017	25.2	11.1	4 días

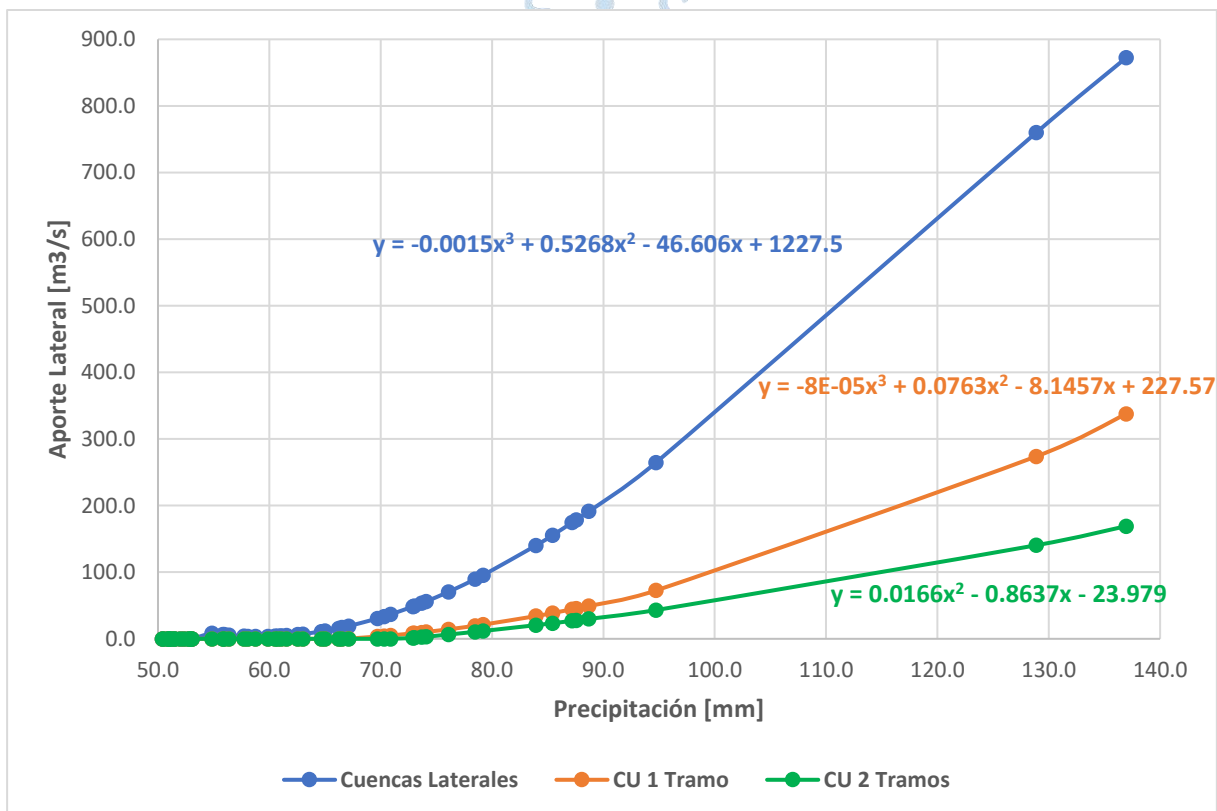
Fuente: Elaboración propia.

- A partir de los resultados se concluye que dichos aportes laterales, correspondientes a precipitaciones entre 10 y 30 mm, fueron originadas por acumulación de agua en la cuenca debido a los días continuos de lluvia en la zona, saturándola y reduciendo su capacidad de filtración. Es así que se obtuvo más del 70 % de eventos originados por un periodo de lluvia continua mayor a una semana y un 33% de eventos originados por un periodo de lluvia continua mayor a un mes.

### 4.3 Aporte lateral mediante el método hidrograma unitario – cuenca unificada

Una vez efectuado el procedimiento descrito en el capítulo 3 tanto para la alternativa de cuenca unificada en un solo tramo (CU 1 Tramo) como para la cuenca unificada en dos tramos (CU 2 Tramos), se procedió al análisis de los resultados obtenidos:

- Se procedió a analizar el comportamiento de todos los datos de precipitación – aporte lateral obtenidos mediante el método de hidrograma unitario para las alternativas de solución de cuenca unificada de un solo tramo y 2 tramos, frente a los resultados obtenidos de aporte lateral de las cuencas laterales obtenidas en el apartado 1.2.
- Cabe resaltar que para que exista uniformidad en el gráfico, se evaluaron los caudales obtenidos a partir de una precipitación mayor o igual a 50 mm. Las gráficas y ecuaciones respectivas del estudio se presentan en la Figura 35:

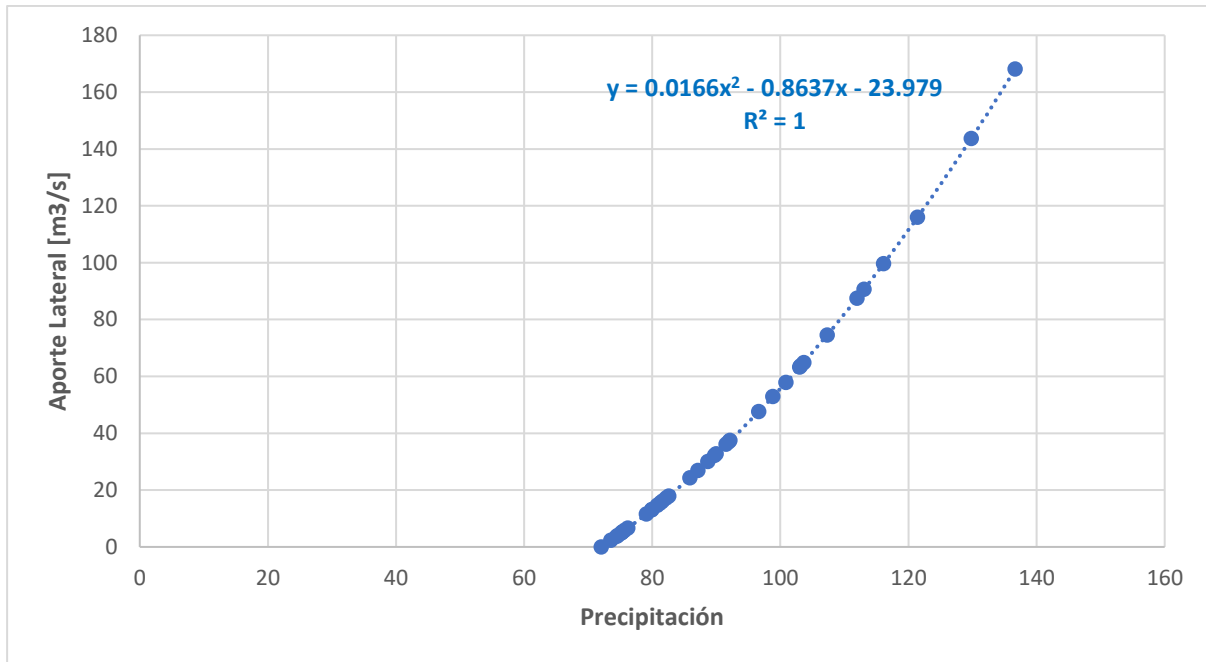


**Figura 35. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 50 mm para las cuencas laterales y cuenca unificada de uno y dos tramos.**

Fuente: Elaboración propia.

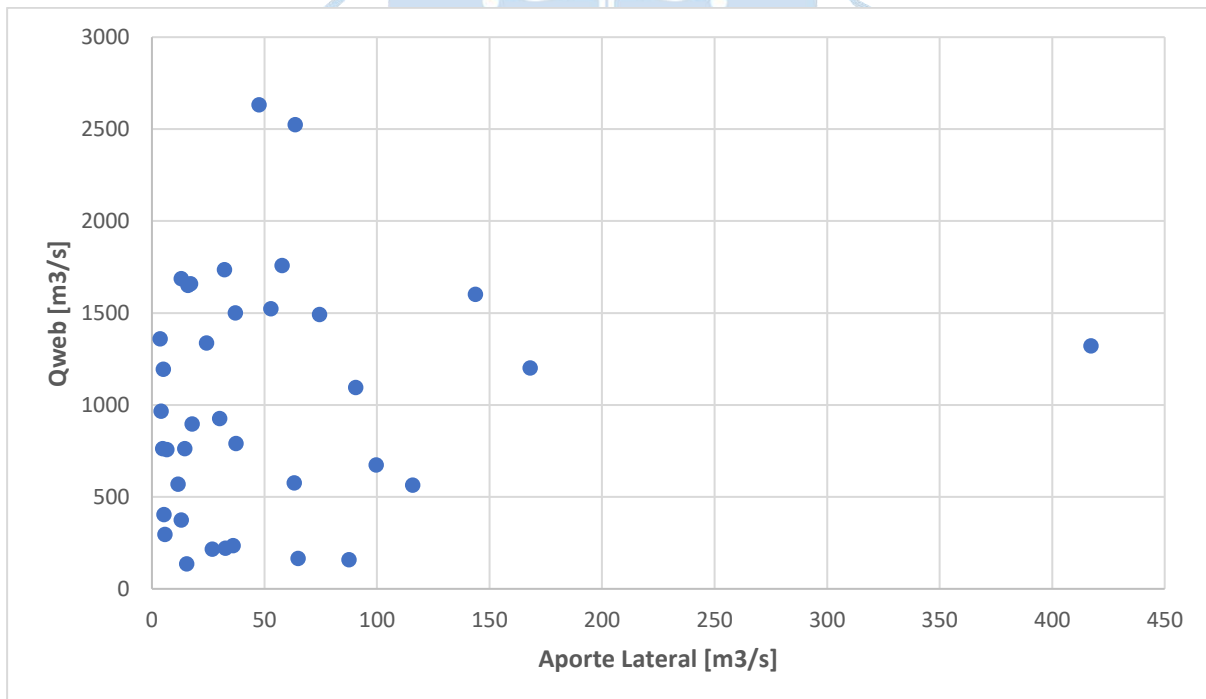
- A partir de la comparación de los valores obtenidos de aporte lateral con los Qweb proporcionados por el PECHP: se identificó que los datos de aporte lateral de las cuencas laterales y cuenca unificada de un solo tramo excedían a los valores Qweb; lo que no se puede permitir, puesto que este último contiene al primero. En cambio, los valores obtenidos para la alternativa de solución de cuenca unificada de dos tramos no presentaban estos problemas.

- A partir de ello se procedió al análisis detallado de esta alternativa de solución, obteniéndose los siguientes resultados de las Figuras 36 y 37:



**Figura 36. Gráfico de relación de datos de precipitación - aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 72 mm.**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 37. Gráfico de relación de datos de aporte lateral - Qweb para la cuenca unificada de dos tramos.**

Fuente: Elaboración propia.

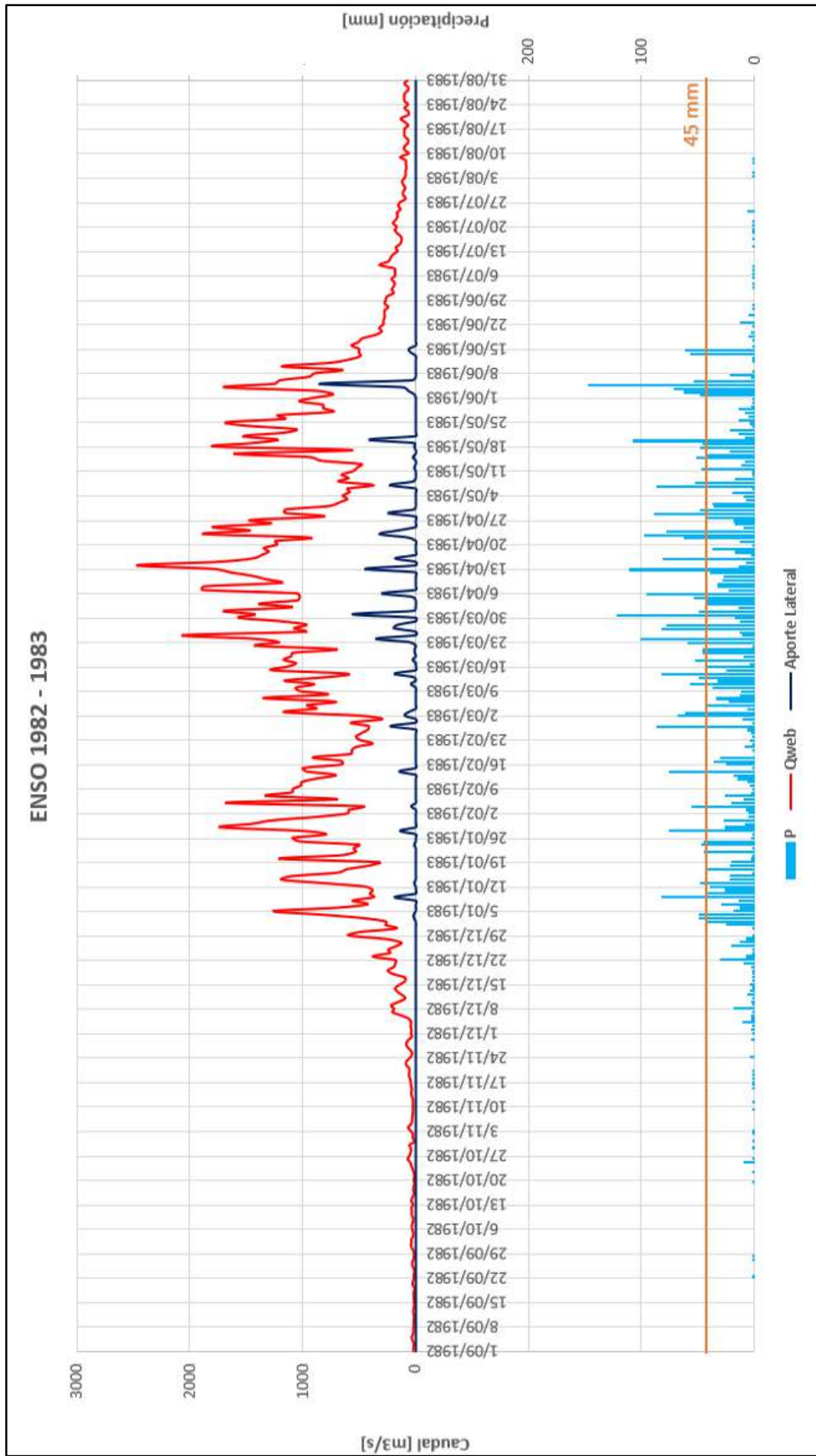


- A partir de los gráficos obtenidos se puede establecer que, si se toma la decisión de unificar la cuenca, habrá aporte lateral cuando haya presencia de precipitaciones mayores o iguales a 72 mm. Pero al comparar los resultados de los caudales de aporte lateral de la alternativa de solución con los Qweb presentados por el PECHP, se nota una gran dispersión de datos, de los cuales no se estableció alguna relación discreta y precisa de los datos, motivo por el cual, se descartó totalmente el procedimiento que incluye unificar la cuenca.

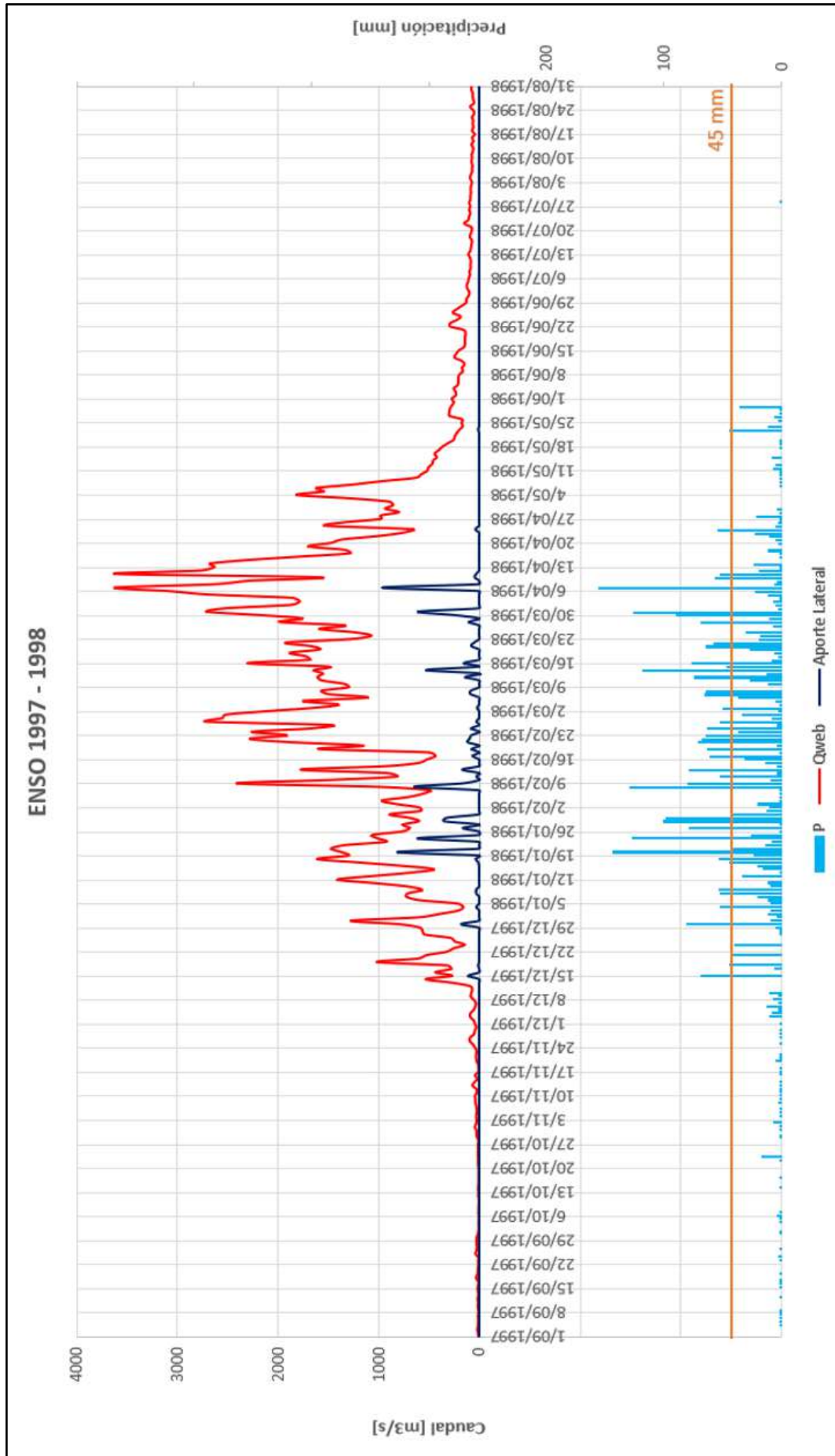
#### **4.4 Aporte lateral al reservorio proporcional al aporte de la cuenca La Solana**

Una vez efectuado el procedimiento descrito en el capítulo 3, se procedió al análisis de los resultados obtenidos:

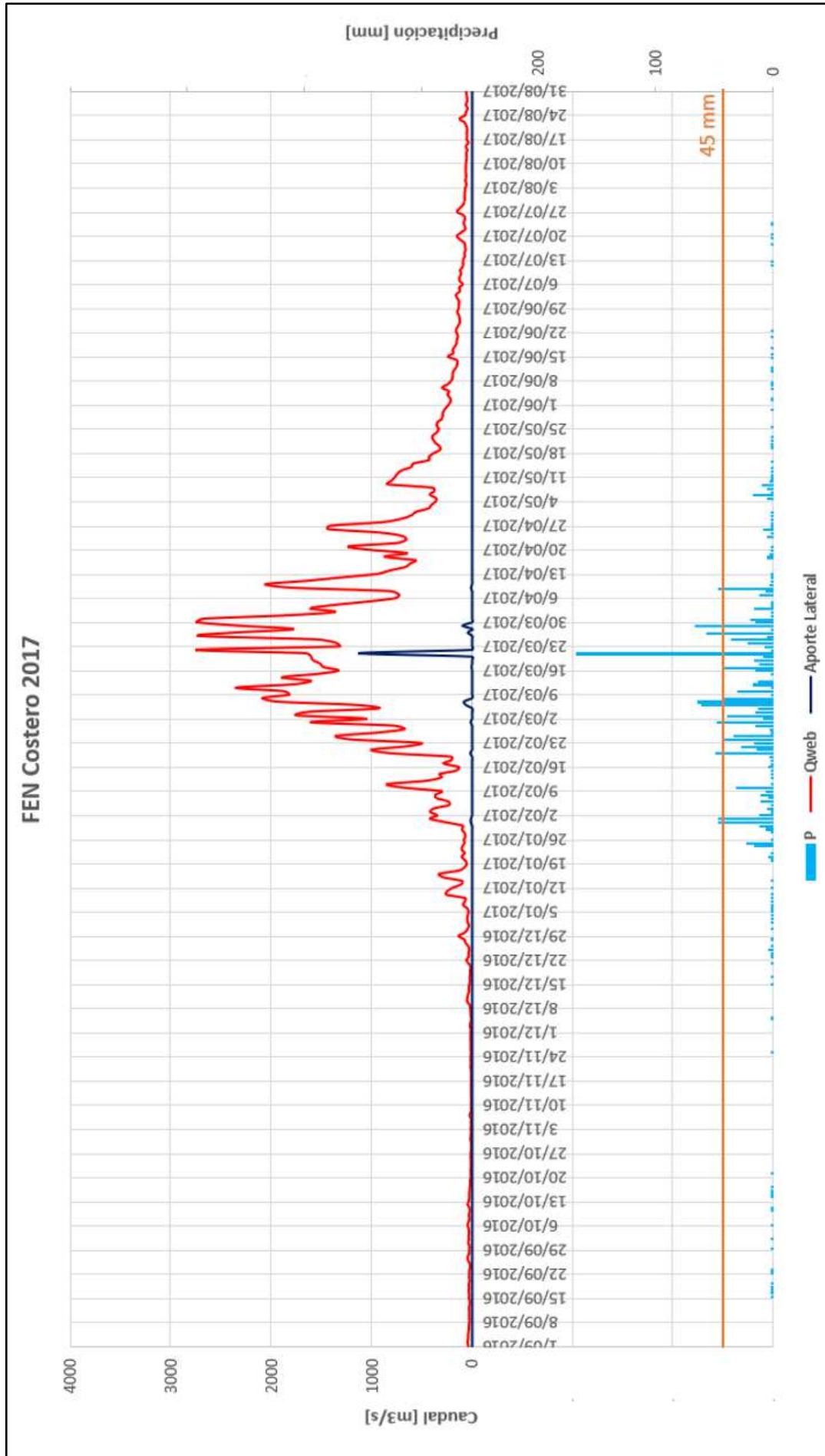
- Una vez rellenos los datos de las estaciones pluviométricas Lancones, Alamor, Ardilla y Ciruelo, a excepción de Pananga, se procedió al cálculo de la lluvia alojada en la cuenca La Solana con ayuda de los resultados obtenidos mediante el método de polígonos de Thiessen descritos en la Tabla 19. Dicha lluvia se trabajó mediante la variable P.
- Una vez aplicado el método de hidrograma unitario a la cuenca La Solana y amplificado los valores proporcionalmente al área total de influencia al reservorio Poechos (cuenca unificada) se procedió a la comparación de resultados con los datos Qweb proporcionados por PECHP para los periodos de Fenómeno el Niño 1982-1983 y 1997-1998, y para el Fenómeno El Niño Costero 2017. Se observó que se obtenían resultados de aporte lateral a partir de un P promedio de 45 mm.
- Como resultado se han obtenido las gráficas de las Figuras 38, 39, 40, donde se muestra claramente la distribución de caudales Qweb y Aporte Lateral, en función a la lluvia P alojada en la cuenca La Solana. No se han presentado problemas de excedencia, es decir se cumple que los valores obtenidos de Aporte Lateral son menores y están incluidos en los valores Qweb proporcionados por PECHP. Así mismo, se puede observar claramente la relación directa entre la lluvia P y el aporte lateral, ante la presencia de una fuerte lluvia en la cuenca se obtendrá un aporte lateral mayor; y la presencia de aporte lateral a partir de un P promedio de 45 mm.
- Finalmente se observó que la influencia directa de la lluvia convertida en aporte lateral, en el valor de caudal de ingreso al reservorio se da con un día de retardo. Es decir, si el día de hoy llueve en la cuenca, el aporte lateral al reservorio ingresará el día de mañana.



**Figura 38. Distribución del caudal estimado por balance,  $Q_{web}$ , y el aporte lateral,  $A_L$ , en función de la lluvia,  $P$ , de la cuenca La Solana para el FEN 1982-1983.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 39. Distribución del caudal estimado por balance, Qweb, y el aporte lateral, A, en función de la lluvia, P, de la cuenca La Solana para el FEN 1997-1998.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 40. Distribución del caudal estimado por balance, Qweb, y el aporte lateral, A<sub>l</sub>, en función de la lluvia, P, de la cuenca La Solana para el FEN Costero 2017.**  
Fuente: Elaboración propia.

- Los resultados de volumen de agua [hm<sup>3</sup>] de ingreso lateral al reservorio Poechos obtenidos mediante el método de hidrograma unitario, el volumen total [hm<sup>3</sup>] hallado a partir de los datos Qweb proporcionados por el PECHP (correspondientes al día posterior a la lluvia P), y la relación entre ambos expresado en porcentaje se presentan en la Tabla 38 en el Apéndice B del presente documento de investigación.
- Estos resultados unidos a los datos pluviométricos de las estaciones Lancones, Ciruelo, Alamor y Ardilla, junto a la lluvia P alojada en la cuenca Solana, representan los “input” o datos de ingreso a la aplicación del método de regresión múltiple en el software estadístico Minitab 19.
- Las variables de estudio según su función se clasifican en variables dependiente (Y) e independientes (X) según la Tabla 24:

**Tabla 24. Variables de estudio utilizadas en el método de regresión múltiple**

Variable	Descripción	Código
$X_i$	Precipitación diaria en la estación pluviométrica Lancones [mm]	$P_{LAN}$
	Precipitación diaria en la estación pluviométrica Alamor [mm]	$P_{ALA}$
	Precipitación diaria en la estación pluviométrica Ciruelo [mm]	$P_{CIR}$
	Precipitación diaria en la estación pluviométrica Ardilla [mm]	$P_{ARD}$
	Precipitación diaria promedio en la cuenca La Solana [mm]	P
$Y_i$	Relación porcentual entre el volumen de agua obtenido por aporte lateral $A_L$ mediante el método de hidrograma unitario y el volumen total de ingreso al reservorio Poechos $A_T$ obtenido por balance [%]	%

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.1 Análisis de regresión: % vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$ ; P

Luego de determinar las variables independientes (X) y la variable dependiente (Y) para el presente estudio, se procedió a aplicar el método de regresión múltiple en el software Minitab 19 considerando todas las variables, los resultados que se obtuvieron fueron:

- No se pueden estimar los siguientes términos y se eliminaron: P
- Ecuación de regresión:

$$\% = -0.664 + 0.14605 * P_{LAN} + 0.4198 * P_{ALA} - 0.02592 * P_{CIR} - 0.3290 * P_{ARD} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

- Los coeficientes de la regresión se presentan en la Tabla 25:

**Tabla 25. Coeficientes de la regresión % vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$ ; P**

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-0.664	0.109	-6.10	0.000	
$P_{LAN}$	0.14605	0.00777	18.79	0.000	2.42
$P_{ALA}$	0.4198	0.0781	5.37	0.000	430.37
$P_{CIR}$	-0.02592	0.00570	-4.55	0.000	1.18
$P_{ARD}$	-0.3290	0.0740	-4.45	0.000	430.12

Fuente: Software Minitab 19.



- El resumen del modelo se presenta en la Tabla 26:

**Tabla 26. Resumen del modelo % vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$ ;  $P$**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3.23907	64.81%	64.68%	59.22%

Fuente: Software Minitab 19.

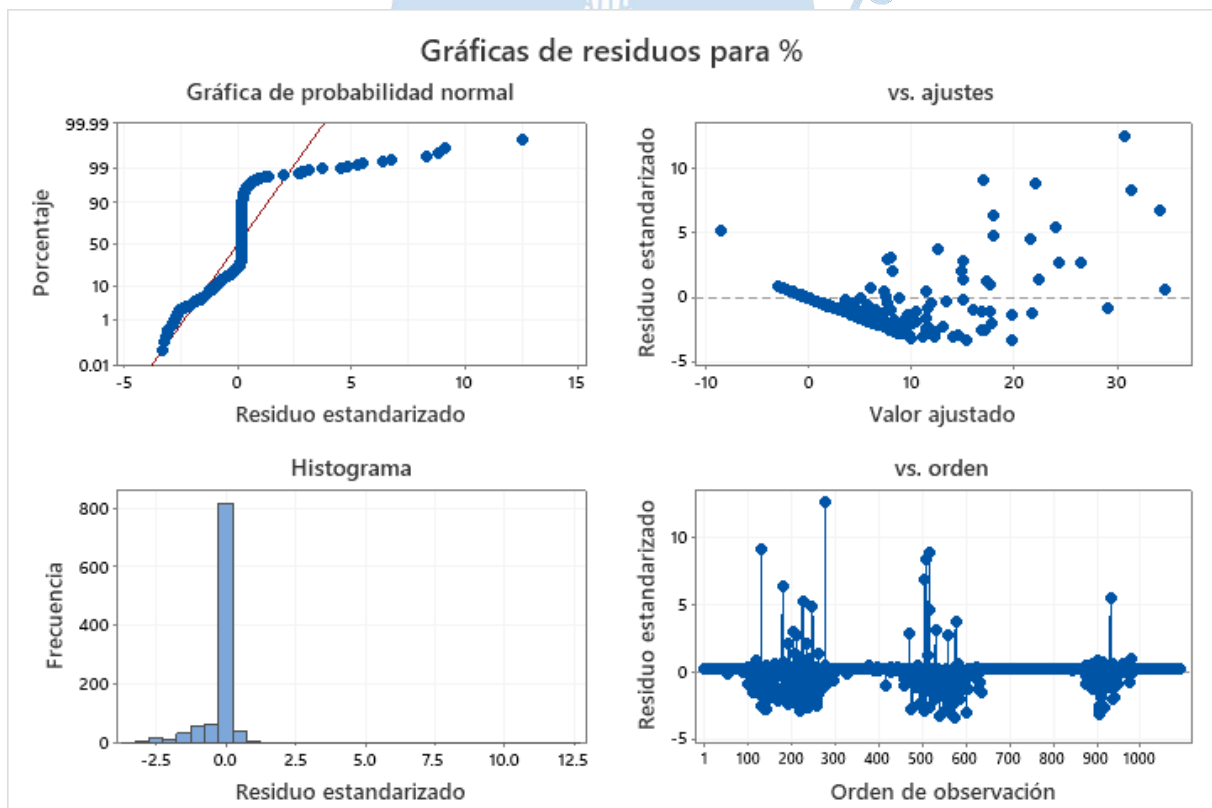
- El análisis de varianza obtenido se presenta en la Tabla 27:

**Tabla 27. Análisis de varianza del modelo % vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$ ;  $P$**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	21025.2	5256.30	501.00	0.000
$P_{LAN}$	1	3705.4	3705.44	353.18	0.000
$P_{ALA}$	1	302.9	302.94	28.87	0.000
$P_{CIR}$	1	216.9	216.88	20.67	0.000
$P_{ARD}$	1	207.5	207.52	19.78	0.000
Error	1088	11414.8	10.49		
Falta de ajuste	494	11414.8	23.11	*	*
Error puro	594	0.0	0.00		
Total	1092	32440.0			

Fuente: Software Minitab 19.

- Las gráficas de residuos para la variable Y (%) se presenta en la Figura 41:



**Figura 41. Gráficas de residuos para la variable dependiente % en el modelo de regresión % vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$ ;  $P$**

Fuente: Software Minitab 19.

A partir de los resultados obtenidos en las Tablas 25, 26 y 27, y de acuerdo a las gráficas de residuos de la Figura 41 se concluye que:

- El software Minitab 19 excluye la variable P, correspondiente a la lluvia alojada en la cuenca La Solana, esto debido a que no cumple la función de variable independiente, ya que se forma a partir de los valores pluviométricos de las estaciones Alamor, Ardilla, Lancones y Ciruelo.
- Las cuatro variables restantes  $X_i$  ( $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$  y  $P_{ARD}$ ) representan variables significativas puesto que su P-valor (0.000) de todas son menores al 5% (0.05) con una confiabilidad del 95%. De este modo se rechaza la hipótesis  $H_0$  de que el coeficiente de correlación lineal es igual a 0; o lo que es lo mismo, que las variables están incorrelacionadas.
- A partir de los valores FIV se puede decir que los valores de  $P_{LAN}$  y  $P_{CIR}$ , se encuentran moderadamente correlacionados ( $1 < FIV < 5$ ) y que los valores de  $P_{ALA}$  y  $P_{ARD}$  están muy correlacionados ( $FIV > 10$ ), esto último se debe a la cercanía de las estaciones dentro de la cuenca Chira y cuyos valores de lluvia son muy parecidos.
- Los valores  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y  $R^2$  de predicción presentan valores medianamente aceptables, por encima del valor medio (>50%).

Quedarse sólo con los datos descritos hasta el momento, no nos permite tomar una buena decisión; para hacer una correcta validación del modelo de regresión múltiple aplicado se debe realizar un análisis de los gráficos de residuos:

- La *Gráfica de probabilidad normal* no presenta un comportamiento lineal (recta), existen muchos valores dispersos y alejados a la línea de tendencia, dando un aspecto de comportamiento exponencial o logarítmico.
- Para la gráfica *vs. ajustes* se recomienda trabajar con los límites +3 y -3 como rango aceptable de valores de residuos estandarizados y que tiendan al valor 0 por la zona positiva y negativa. Por lo tanto, existen muchos puntos que sobrepasan dichos niveles, incluso presentando errores altos (<-4 y >4) y un valor con un error muy alto (>10).
- El hidrograma presenta una distribución leptocúrtica debido a la gran cantidad de valores nulos en la variable % y muy pequeños valores a sus lados. Para dicho gráfico se recomienda tener una distribución mesocúrtica alrededor del valor 0, y se encuentra muy alejado de este comportamiento.
- Finalmente, para la gráfica *vs. orden* se toman las mismas consideraciones de la gráfica de ajustes, presentando muchos valores que incumplen dicha condición.

En función a todo lo expuesto, especialmente a los resultados obtenidos en las gráficas de residuos como nuestro principal indicador de aceptación, se tomó la decisión de rechazar el modelo y optar por buscar nuevas variables que mejoren el comportamiento de los residuos.

#### 4.4.2 Análisis de regresión: LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{CIR}$ ; $P_{ARD}$

Para este nuevo modelo de regresión, se modificó las variables independientes y la variable dependiente frente al modelo descrito en el apartado 1.4.1:

- Las variables independientes  $X_i$  de este nuevo modelo serán las mismas variables lineales utilizadas en el modelo anterior, pero con la exclusión de la variable  $P$ ; es decir se mantienen  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$  y  $P_{ARD}$ .

Además, añadidas a estas, se trabajará con sus valores cuadráticos  $X_i^2$ :  $P_{LAN}^2$ ,  $P_{ALA}^2$ ,  $P_{CIR}^2$  y  $P_{ARD}^2$ . En total se trabajará con 8 variables.

- La variable dependiente  $Y_i$  cambiará del valor % al valor LN%, que representa el logaritmo natural de los datos de porcentajes.

Luego de determinar las variables independientes (X) y la variable dependiente (Y) para el presente estudio, se procedió a aplicar el método de regresión múltiple en el software Minitab 19 tomando la decisión de eliminar todos los valores nulos (0) de los datos de porcentajes, los resultados que se obtuvieron fueron:

- Ecuación de regresión:

$$\text{LN\%} = -4.322 + 0.04164 * P_{LAN} - 0.297 * P_{ALA} - 0.00061 * P_{CIR} + 0.359 * P_{ARD} - 0.000237 * P_{LAN}^2 + 0.001429 * P_{ALA}^2 - 0.000005 * P_{CIR}^2 - 0.001488 * P_{ARD}^2 \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

- Los coeficientes de la regresión se presentan en la Tabla 28:

**Tabla 28. Coeficientes de la regresión LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$**

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-4.322	0.514	-8.41	0.000	
$P_{LAN}$	0.04164	0.00523	7.96	0.000	12.88
$P_{ALA}$	-0.297	0.236	-1.26	0.212	15062.88
$P_{CIR}$	-0.00061	0.00364	-0.17	0.866	5.78
$P_{ARD}$	0.359	0.225	1.60	0.114	14916.96
$P_{LAN}^2$	-0.000237	0.000045	-5.26	0.000	17.43
$P_{ALA}^2$	0.001429	0.000985	1.45	0.150	11987.41
$P_{CIR}^2$	-0.000005	0.000022	-0.24	0.808	5.99
$P_{ARD}^2$	-0.001488	0.000885	-1.68	0.096	11836.08

Fuente: Software Minitab 19.

- El resumen del modelo se presenta en la Tabla 29:

**Tabla 29. Resumen del modelo LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.577734	80.95%	79.27%	74.91%

Fuente: Software Minitab 19.

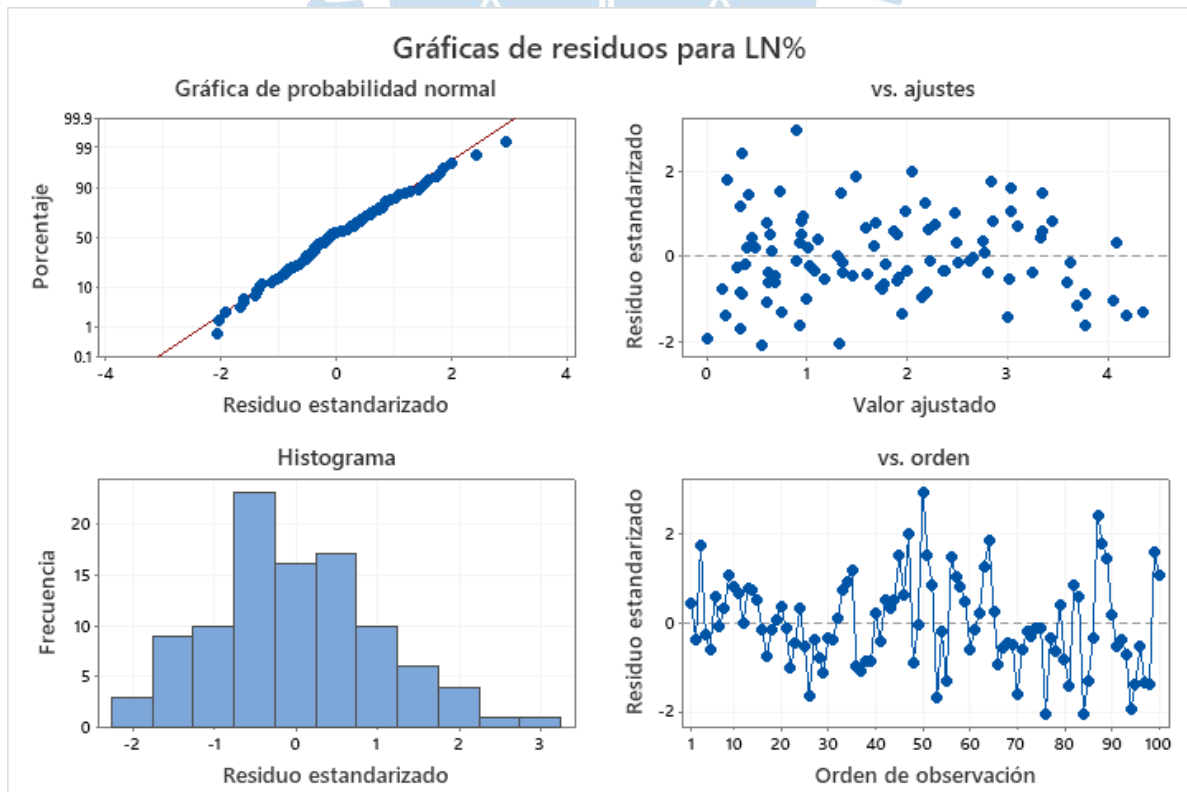
- El análisis de varianza obtenido se presenta en la Tabla 30:

**Tabla 30. Análisis de varianza del modelo LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	8	129.029	16.1286	48.32	0.000
$P_{LAN}$	1	21.147	21.1470	63.36	0.000
$P_{ALA}$	1	0.527	0.5271	1.58	0.212
$P_{CIR}$	1	0.010	0.0095	0.03	0.866
$P_{ARD}$	1	0.852	0.8517	2.55	0.114
$P_{LAN}^2$	1	9.248	9.2483	27.71	0.000
$P_{ALA}^2$	1	0.703	0.7027	2.11	0.150
$P_{CIR}^2$	1	0.020	0.0198	0.06	0.808
$P_{ARD}^2$	1	0.943	0.9432	2.83	0.096
Error	91	30.374	0.3338		
Total	99	159.402			

Fuente: Software Minitab 19.

- Las gráficas de residuos para la variable Y (LN%) se presenta en la Figura 42:



**Figura 42. Gráficas de residuos para la variable dependiente LN% en el modelo de regresión LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$ ;  $P_{ARD}$**

Fuente: Software Minitab 19.

A partir de los resultados obtenidos en las Tablas 28, 29 y 30, y de acuerdo a las gráficas de residuos de la Figura 42 se concluye que:

- Las variables  $X_i$  de  $P_{LAN}$  y  $P_{LAN}^2$  representan variables significativas puesto que su P-valor (0.000) de ambas son menores al 5% (0.05). Pero las variables  $P_{ALA}$ ,  $P_{CIR}$ ,  $P_{ARD}$ ,  $P_{ALA}^2$ ,  $P_{CIR}^2$  y  $P_{ARD}^2$  no son variables significativas (P-valor > 5%), por lo que tendrá que tomarse una decisión de aceptar o eliminar algunas de ellas.
- A partir de los valores FIV se puede decir que los valores de  $P_{LAN}$  y  $P_{CIR}$  se encuentran correlacionados con sus valores cuadráticos y que los valores de  $P_{ALA}$  y  $P_{ARD}$  siguen presentando una muy fuerte correlación entre ellos y sus valores cuadráticos.
- Los valores  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y  $R^2$  de predicción mejoraron notablemente en relación al modelo anterior; el primero aumentó de un 64.81% a 80.95%, el segundo de un 64.68% a 79.27% y el último de 59.22% a 74.91%; presentando una mejoría del 24.90%, 22.56% y 26.49% del valor inicial respectivamente. Ahora presentan valores muy aceptables, mayores al 75% para los dos primeros y aproximadamente 75% para el último.
- La *gráfica de probabilidad normal* presenta un comportamiento próximo a lineal (recta), el comportamiento de los valores mejoró notablemente.
- Para la *gráfica vs. ajustes* los valores conseguidos se encuentran dentro de la zona aceptable e incluso muy cercanos a la zona  $<-2;2>$ .
- El hidrograma presenta una distribución muy cercana a la mesocúrtica, ya presenta una mejor distribución de valores a los lados del 0.
- Finalmente, para la *gráfica vs. orden* presentó la mejoría notable similar a la gráfica de ajustes.

En función a todo lo expuesto, las gráficas de residuos nos permiten aceptar el modelo, pero los P-valor de algunas variables aún no cumplen con la condición crítica ( $<0.05$ ), y forma el principal indicador de rechazo y mejoramiento de este nuevo modelo.

#### **4.4.3 Análisis de regresión: LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ALA}$ ; $P_{ARD}$**

Para este nuevo modelo de regresión, se modificó las variables independientes frente al modelo descrito en el apartado 1.4.2. La variable dependiente sigue trabajando como LN%:

- Las variables independientes  $X_i$  de este nuevo modelo serán las mismas variables lineales y cuadráticas utilizadas en el modelo anterior, pero con la exclusión de las variables  $P_{CIR}$  y  $P_{CIR}^2$ , las cuales presentaron los más altos P-valor, con la finalidad de mejorarlo.

Luego de determinar las variables independientes (X) y la variable dependiente (Y) para el presente estudio, se procedió a aplicar el método de regresión múltiple en el software Minitab 19, los resultados que se obtuvieron fueron:



- Ecuación de regresión:

$$\text{LN\%} = -4.373 + 0.04073 * P_{\text{LAN}} - 0.309 * P_{\text{ALA}} + 0.371 * P_{\text{ARD}} - 0.000228 * P_{\text{LAN}}^2 + 0.001461 * P_{\text{ALA}}^2 - 0.001527 * P_{\text{ARD}}^2 \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

- Los coeficientes de la regresión se presentan en la Tabla 31:

**Tabla 31. Coeficientes de la regresión LN% vs.  $P_{\text{LAN}}$ ;  $P_{\text{ALA}}$ ;  $P_{\text{ARD}}$**

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-4.373	0.507	-8.63	0.000	
$P_{\text{LAN}}$	0.04073	0.00507	8.04	0.000	12.24
$P_{\text{ALA}}$	-0.309	0.234	-1.32	0.189	14912.87
$P_{\text{ARD}}$	0.371	0.222	1.67	0.098	14768.07
$P_{\text{LAN}}^2$	-0.000228	0.000043	-5.24	0.000	16.41
$P_{\text{ALA}}^2$	0.001461	0.000976	1.50	0.138	11931.11
$P_{\text{ARD}}^2$	-0.001527	0.000877	-1.74	0.085	11775.05

Fuente: Software Minitab 19.

- El resumen del modelo se presenta en la Tabla 32:

**Tabla 32. Resumen del modelo LN% vs.  $P_{\text{LAN}}$ ;  $P_{\text{ALA}}$ ;  $P_{\text{ARD}}$**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.573871	80.79%	79.55%	75.89%

Fuente: Software Minitab 19.

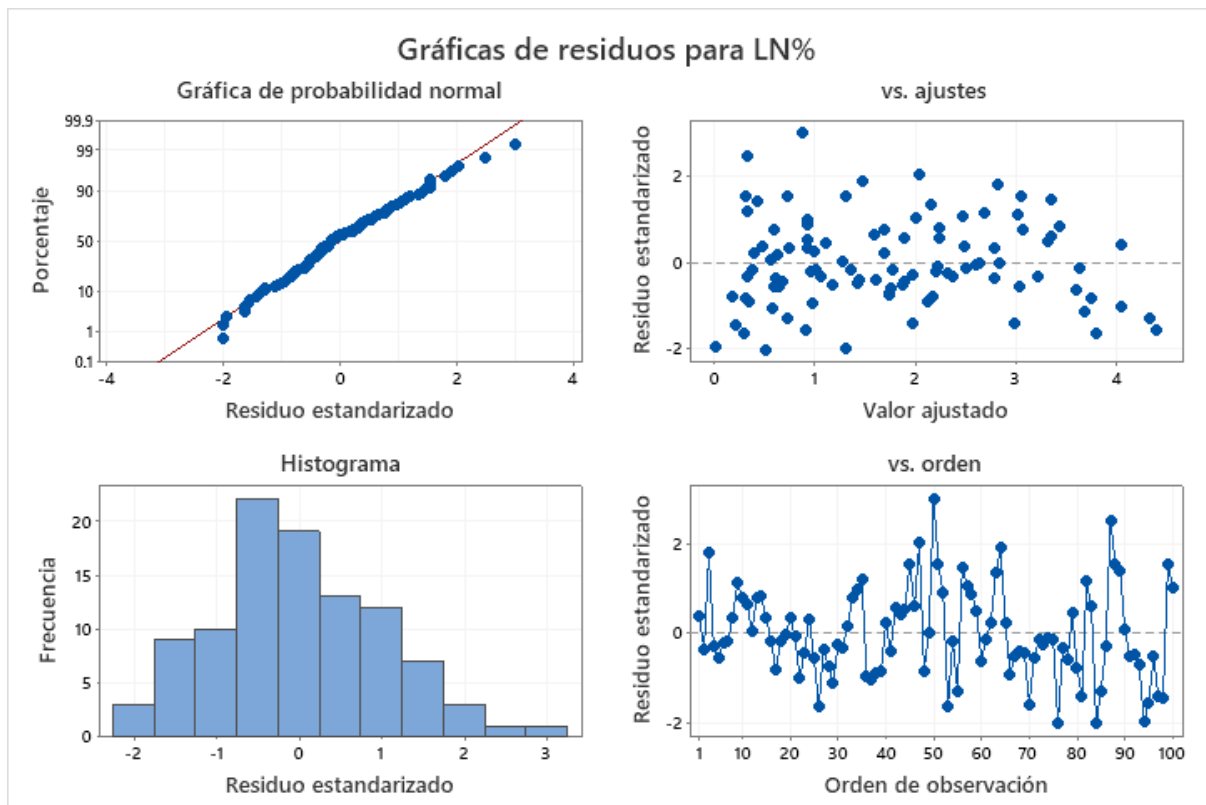
- El análisis de varianza obtenido se presenta en la Tabla 33:

**Tabla 33. Análisis de varianza del modelo LN% vs.  $P_{\text{LAN}}$ ;  $P_{\text{ALA}}$ ;  $P_{\text{ARD}}$**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	6	128.775	21.4625	65.17	0.000
$P_{\text{LAN}}$	1	21.290	21.2899	64.65	0.000
$P_{\text{ALA}}$	1	0.576	0.5760	1.75	0.189
$P_{\text{ARD}}$	1	0.922	0.9221	2.80	0.098
$P_{\text{LAN}}^2$	1	9.053	9.0531	27.49	0.000
$P_{\text{ALA}}^2$	1	0.738	0.7380	2.24	0.138
$P_{\text{ARD}}^2$	1	0.998	0.9981	3.03	0.085
Error	93	30.627	0.3293		
Total	99	159.402			

Fuente: Software Minitab 19.

- Las gráficas de residuos para la variable Y (LN%) se presenta en la Figura 43:



**Figura 43. Gráficas de residuos para la variable dependiente LN% en el modelo de regresión LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{ARD}$**   
 Fuente: Software Minitab 19.

A partir de los resultados obtenidos en las Tablas 31, 32 y 33, y de acuerdo a las gráficas de residuos de la Figura 43 se concluye que:

- Las variables  $X_i$  de  $P_{LAN}$  y  $P_{LAN}^2$  representan variables significativas puesto que su P-valor (0.000) de ambas son menores al 5% (0.05). Pero las variables  $P_{ALA}$ ,  $P_{ARD}$ ,  $P_{ALA}^2$ , y  $P_{ARD}^2$  no son variables significativas (P-valor>5%), por lo que tendrá que tomarse una decisión de aceptar o eliminar algunas de ellas.
- A partir de los valores FIV se puede decir que los valores de  $P_{ALA}$  y  $P_{ARD}$  siguen presentando una muy fuerte correlación entre ellos y sus valores cuadráticos.
- Los valores  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y  $R^2$  de predicción presentaron una pequeña variación: el primero disminuyó de un 80.95% a 80.79%, una reducción despreciable; el segundo y el tercero mejoraron de un 79.27% a 79.55% (+0.35% del valor inicial) y de un 74.91% a 75.89% (+1.31% del valor inicial) respectivamente. Ahora presentan valores muy aceptables, mayores al 75% para los tres indicadores.
- Las gráficas de residuos presentan un comportamiento similar al modelo anterior.

En función a todo lo expuesto, las gráficas de residuos nos permiten aceptar el modelo, pero los P-valor de algunas variables aún no cumplen con la condición crítica (<0.05), y forma el principal indicador de rechazo y mejoramiento de este nuevo modelo.

#### 4.4.4 Análisis de regresión: LN% vs. $P_{LAN}$ ; $P_{ARD}$

Para este nuevo modelo de regresión, se modificó las variables independientes frente al modelo descrito en el apartado 1.4.3. La variable dependiente sigue trabajando como LN%:

- Las variables independientes  $X_i$  de este nuevo modelo serán las mismas variables lineales y cuadráticas utilizadas en el modelo anterior, pero con la exclusión de las variables  $P_{ALA}$  y  $P_{ALA}^2$ , las cuales presentaron los más altos P-valor del análisis del apartado anterior, con la finalidad de mejorarlo.

Luego de determinar las variables independientes (X) y la variable dependiente (Y) para el presente estudio, se procedió a aplicar el método de regresión múltiple en el software Minitab 19, los resultados que se obtuvieron fueron:

- Ecuación de regresión:

$$LN\% = -4.297 + 0.03920 * P_{LAN} + 0.07805 * P_{ARD} - 0.000209 * P_{LAN}^2 - 0.000216 * P_{ARD}^2 \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

- Los coeficientes de la regresión se presentan en la Tabla 34:

**Tabla 34. Coeficientes de la regresión LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ARD}$**

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-4.297	0.505	-8.50	0.000	
$P_{LAN}$	0.03920	0.00480	8.17	0.000	10.95
$P_{ARD}$	0.07805	0.00900	8.67	0.000	24.19
$P_{LAN}^2$	-0.000209	0.000039	-5.33	0.000	13.33
$P_{ARD}^2$	-0.000216	0.000039	-5.61	0.000	22.66

Fuente: Software Minitab 19.

- El resumen del modelo se presenta en la Tabla 35:

**Tabla 35. Resumen del modelo LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ARD}$**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.575062	80.29%	79.46%	77.60%

Fuente: Software Minitab 19.

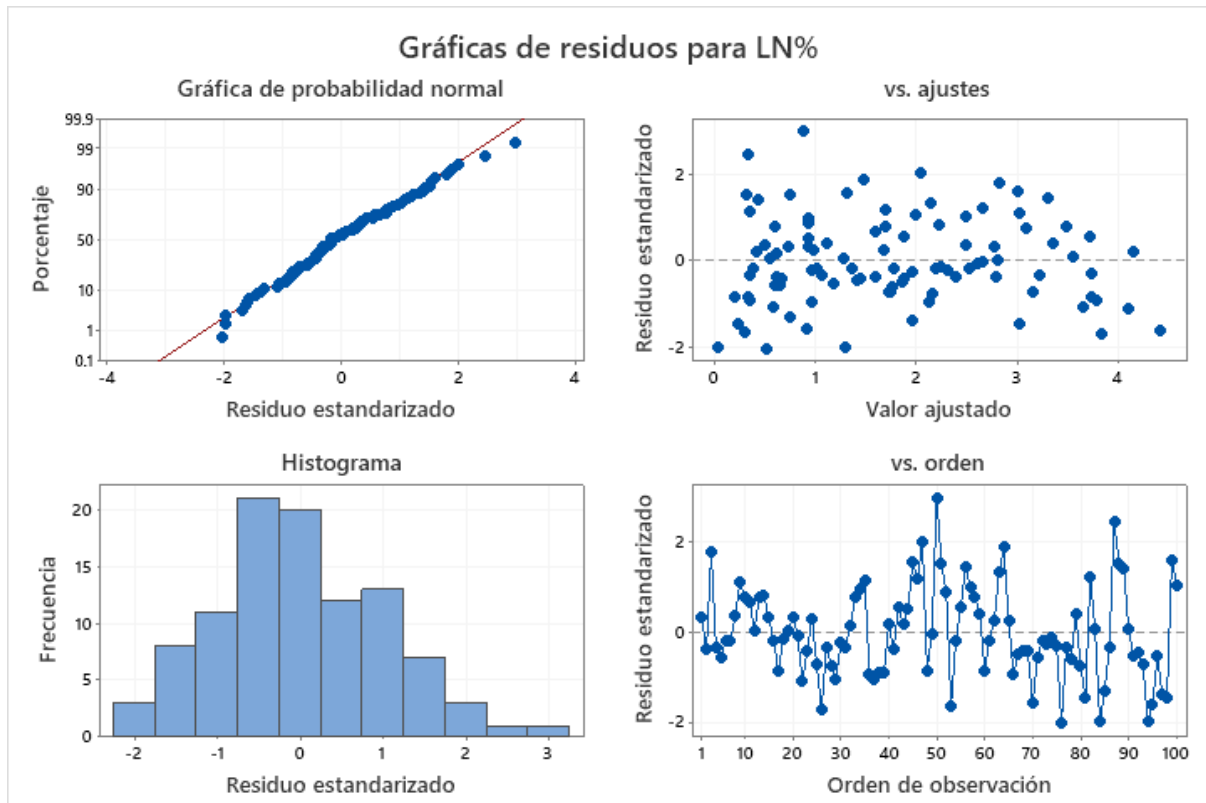
- El análisis de varianza obtenido se presenta en la Tabla 36:

**Tabla 36. Análisis de varianza del modelo LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ARD}$**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	4	127.986	31.9965	96.76	0.000
$P_{LAN}$	1	22.049	22.0492	66.68	0.000
$P_{ARD}$	1	24.879	24.8791	75.23	0.000
$P_{LAN}^2$	1	9.405	9.4053	28.44	0.000
$P_{ARD}^2$	1	10.391	10.3914	31.42	0.000
Error	95	31.416	0.3307		
Total	99	159.402			

Fuente: Software Minitab 19.

- Las gráficas de residuos para la variable Y (LN%) se presenta en la Figura 44:



**Figura 44. Gráficas de residuos para la variable dependiente LN% en el modelo de regresión LN% vs.  $P_{LAN}$ ;  $P_{ARD}$**   
Fuente: Software Minitab 19.

A partir de los resultados obtenidos en las Tablas 34, 35 y 36, y de acuerdo a las gráficas de residuos de la Figura 44 se concluye que:

- Todas las variables  $X_i$  ( $P_{LAN}$ ,  $P_{ARD}$ ,  $P_{LAN}^2$  y  $P_{ARD}^2$ ) utilizadas en el modelo representan variables significativas puesto que su P-valor (0.000) son menores al 5% (0.05).
- A partir de los valores FIV se puede decir que los valores de  $P_{LAN}$  y  $P_{ARD}$  presentan una fuerte correlación, pero no significan un problema.
- Los valores  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y  $R^2$  de predicción presentaron una pequeña variación: el primero y segundo disminuyeron de un 80.79% a 80.29% y de 79.55% a 79.46%, reducciones despreciables; pero el tercero presentó una mejoría del 75.89% a 77.60% (+2.25% del valor inicial), lo cual es un gran indicador de que se obtendrán mejores resultados en el modelo de predicción. Así mismo cabe resaltar que se ha obtenido una notable mejoría total de estos valores respecto del modelo inicial: el  $R^2$  mejoró de un 64.81% a 80.29% (+23.89%); el  $R^2$  ajustado mejoró de un 64.68% a 79.46% (+22.85%) y finalmente, el  $R^2$  de predicción mejoró de un 59.22% a 77.60% (+31.04%).
- Las gráficas de residuos presentan un comportamiento similar al modelo anterior.

En función a todo lo expuesto, se valida y acepta el modelo de predicción.

Una vez elegido el modelo, se procedió a hallar las distintas predicciones de LN%, % y Volumen [hm<sup>3</sup>] correspondiente al aporte lateral al reservorio Poechos mediante la aplicación de la Ecuación 4.4. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente Tabla 37:

**Tabla 37. Aplicación del modelo de predicción**

Fecha	LN%	Predicción LN%	%	Predicción %	Volumen [hm <sup>3</sup> ]	Predicción Volumen [hm <sup>3</sup> ]	Error
3/01/1983	0.70	0.50	2.01	1.65	1.45	1.19	17.94%
4/01/1983	0.41	0.62	1.50	1.86	1.63	2.02	-24.20%
9/01/1983	3.84	2.83	46.46	16.92	16.22	5.91	63.58%
13/01/1983	0.16	0.35	1.17	1.42	1.20	1.45	-20.69%
24/01/1983	0.28	0.60	1.33	1.83	1.18	1.62	-37.58%
28/01/1983	2.10	2.20	8.13	9.00	12.13	13.42	-10.64%
4/02/1983	0.86	0.97	2.36	2.64	3.42	3.83	-11.79%
14/02/1983	2.69	2.49	14.74	12.05	12.60	10.31	18.21%
27/02/1983	3.65	3.03	38.52	20.73	18.97	10.21	46.18%
2/03/1983	2.13	1.69	8.42	5.43	8.44	5.44	35.50%
3/03/1983	1.97	1.59	7.18	4.93	5.47	3.76	31.38%
11/03/1983	1.31	1.28	3.69	3.60	3.69	3.60	2.32%
13/03/1983	1.04	0.61	2.84	1.83	1.49	0.97	35.35%
14/03/1983	2.69	2.24	14.80	9.35	16.24	10.26	36.80%
18/03/1983	0.93	0.74	2.52	2.10	2.40	2.00	16.68%
20/03/1983	0.30	0.40	1.35	1.48	0.82	0.90	-10.00%
21/03/1983	-0.27	0.20	0.77	1.23	0.93	1.49	-59.99%
23/03/1983	1.27	1.37	3.57	3.92	4.42	4.87	-10.00%
24/03/1983	2.83	2.81	16.94	16.61	30.14	29.54	1.97%
27/03/1983	2.97	2.78	19.46	16.18	16.26	13.52	16.86%
28/03/1983	2.57	2.60	13.03	13.52	13.46	13.96	-3.71%
31/03/1983	3.49	4.10	32.93	60.45	48.15	88.37	-83.55%
1/04/1983	0.44	0.68	1.55	1.97	1.47	1.86	-27.19%
5/04/1983	1.12	0.94	3.06	2.57	2.77	2.32	16.26%
6/04/1983	2.74	3.15	15.54	23.32	25.36	38.06	-50.09%
13/04/1983	2.89	3.84	17.97	46.31	38.34	98.80	-157.72%
16/04/1983	2.59	2.79	13.32	16.26	15.66	19.12	-22.06%
22/04/1983	1.32	1.74	3.74	5.68	6.06	9.21	-51.93%
23/04/1983	3.08	3.66	21.73	38.82	27.53	49.17	-78.62%
24/04/1983	2.19	2.31	8.92	10.08	13.85	15.66	-13.04%
29/04/1983	3.04	3.22	20.90	25.03	20.76	24.87	-19.75%
30/04/1983	0.72	0.63	2.06	1.88	1.36	1.24	8.76%
7/05/1983	3.51	3.08	33.53	21.84	19.55	12.74	34.84%
8/05/1983	1.49	0.94	4.43	2.55	2.27	1.31	42.47%
12/05/1983	1.01	0.36	2.74	1.44	1.14	0.60	47.63%
15/05/1983	0.44	0.97	1.55	2.64	2.14	3.65	-70.48%
18/05/1983	-0.01	0.59	0.99	1.80	1.25	2.26	-81.11%
19/05/1983	-0.14	0.36	0.87	1.44	0.92	1.52	-65.60%
20/05/1983	3.29	3.79	26.76	44.16	35.23	58.14	-65.03%

Fuente: Elaboración propia



Continuación Tabla 37. Aplicación del modelo de predicción

Fecha	LN%	Predicción LN%	%	Predicción %	Volumen [hm³]	Predicción Volumen [hm³]	Error
2/06/1983	0.53	0.42	1.70	1.53	1.29	1.16	10.24%
3/06/1983	1.38	1.60	3.96	4.93	5.79	7.22	-24.56%
4/06/1983	2.20	1.88	9.02	6.57	9.75	7.10	27.20%
5/06/1983	4.26	4.15	70.57	63.57	73.29	66.02	9.92%
6/06/1983	1.24	0.94	3.45	2.56	2.81	2.09	25.89%
14/06/1983	2.20	1.32	8.99	3.74	3.88	1.62	58.40%
15/06/1983	2.38	1.70	10.77	5.47	5.25	2.67	49.22%
15/12/1997	3.19	2.04	24.21	7.73	9.07	2.90	68.08%
18/12/1997	-0.14	0.33	0.87	1.40	0.76	1.22	-60.01%
30/12/1997	2.65	2.66	14.15	14.37	15.59	15.84	-1.55%
4/01/1998	2.56	0.88	12.99	2.42	2.37	0.44	81.37%
8/01/1998	1.60	0.75	4.96	2.12	2.43	1.04	57.21%
9/01/1998	1.43	0.94	4.18	2.55	2.58	1.57	39.05%
17/01/1998	-0.60	0.31	0.55	1.37	0.77	1.90	-148.61%
18/01/1998	0.91	1.01	2.50	2.75	2.81	3.10	-10.36%
20/01/1998	4.01	3.72	55.34	41.46	70.33	52.70	25.07%
24/01/1998	4.05	3.31	57.54	27.32	52.87	25.10	52.52%
27/01/1998	3.07	2.49	21.45	12.06	14.03	7.89	43.76%
29/01/1998	3.92	3.48	50.43	32.60	30.24	19.55	35.36%
30/01/1998	3.59	3.36	36.12	28.71	27.80	22.10	20.51%
8/02/1998	3.29	3.74	26.72	42.14	55.61	87.69	-57.67%
9/02/1998	2.43	2.53	11.37	12.51	14.75	16.23	-10.01%
11/02/1998	1.13	0.99	3.09	2.69	2.43	2.12	12.98%
13/02/1998	2.89	2.14	18.02	8.52	14.57	6.89	52.70%
17/02/1998	2.55	1.49	12.80	4.42	5.46	1.88	65.50%
19/02/1998	1.82	1.68	6.19	5.35	6.16	5.33	13.52%
21/02/1998	1.61	2.14	4.98	8.46	9.82	16.68	-69.81%
22/02/1998	1.60	1.87	4.95	6.51	8.19	10.76	-31.41%
23/02/1998	1.21	1.44	3.35	4.23	6.54	8.26	-26.43%
25/02/1998	1.63	1.88	5.13	6.53	6.52	8.30	-27.38%
27/02/1998	0.02	0.92	1.02	2.50	2.26	5.52	-144.44%
3/03/1998	0.34	0.66	1.41	1.93	1.70	2.34	-37.43%
7/03/1998	1.69	1.78	5.41	5.95	7.31	8.04	-10.05%
8/03/1998	1.83	1.96	6.21	7.13	6.98	8.01	-14.85%
12/03/1998	2.18	2.25	8.80	9.45	11.84	12.71	-7.32%
14/03/1998	3.56	3.73	35.28	41.74	45.48	53.81	-18.31%
15/03/1998	-0.61	0.53	0.54	1.70	1.08	3.38	-211.52%
16/03/1998	2.19	2.39	8.94	10.93	13.04	15.92	-22.15%
21/03/1998	1.41	1.76	4.12	5.81	6.83	9.64	-41.20%
22/03/1998	1.36	1.12	3.88	3.06	4.29	3.39	20.97%
28/03/1998	1.74	2.17	5.67	8.72	8.62	13.26	-53.89%
30/03/1998	2.21	3.02	9.13	20.55	21.38	48.12	-125.10%
31/03/1998	3.18	2.65	23.95	14.19	52.26	30.95	40.77%

Fuente: Elaboración propia

Continuación Tabla 37. Aplicación del modelo de predicción

Fecha	LN%	Predicción LN%	%	Predicción %	Volumen [hm <sup>3</sup> ]	Predicción Volumen [hm <sup>3</sup> ]	Error
7/04/1998	3.60	3.56	36.71	35.22	83.51	80.14	4.04%
10/04/1998	0.18	1.31	1.20	3.70	3.73	11.52	-208.65%
11/04/1998	0.02	0.76	1.03	2.13	2.45	5.09	-107.77%
24/04/1998	0.89	1.07	2.43	2.91	3.19	3.83	-19.92%
23/05/1998	1.72	0.34	5.56	1.40	0.78	0.20	74.74%
31/01/2017	1.19	0.33	3.29	1.39	1.16	0.49	57.71%
1/02/2017	1.23	0.45	3.44	1.56	1.03	0.47	54.55%
20/02/2017	0.60	0.56	1.83	1.76	1.58	1.51	3.93%
1/03/2017	0.36	0.65	1.44	1.91	1.30	1.74	-33.10%
6/03/2017	1.16	1.42	3.18	4.14	5.35	6.97	-30.17%
7/03/2017	1.33	1.74	3.80	5.70	6.84	10.27	-50.08%
17/03/2017	-1.06	0.05	0.34	1.05	0.45	1.37	-203.79%
21/03/2017	3.71	4.41	40.74	82.40	96.52	195.25	-102.27%
27/03/2017	0.89	1.18	2.42	3.26	3.72	5.00	-34.24%
29/03/2017	1.19	1.96	3.28	7.11	7.78	16.83	-116.47%
9/04/2017	-0.58	0.24	0.56	1.27	1.00	2.26	-126.90%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 37 muestra los valores de % y volumen de aporte lateral al reservorio Poechos estimados mediante hidrograma unitario y sus predicciones mediante la aplicación de la Ecuación 4.4 (Predicción % y Predicción Volumen), así como el error encontrado al compararlos. Estos resultados se muestran gráficamente en las Figuras 45, 46 y 47:

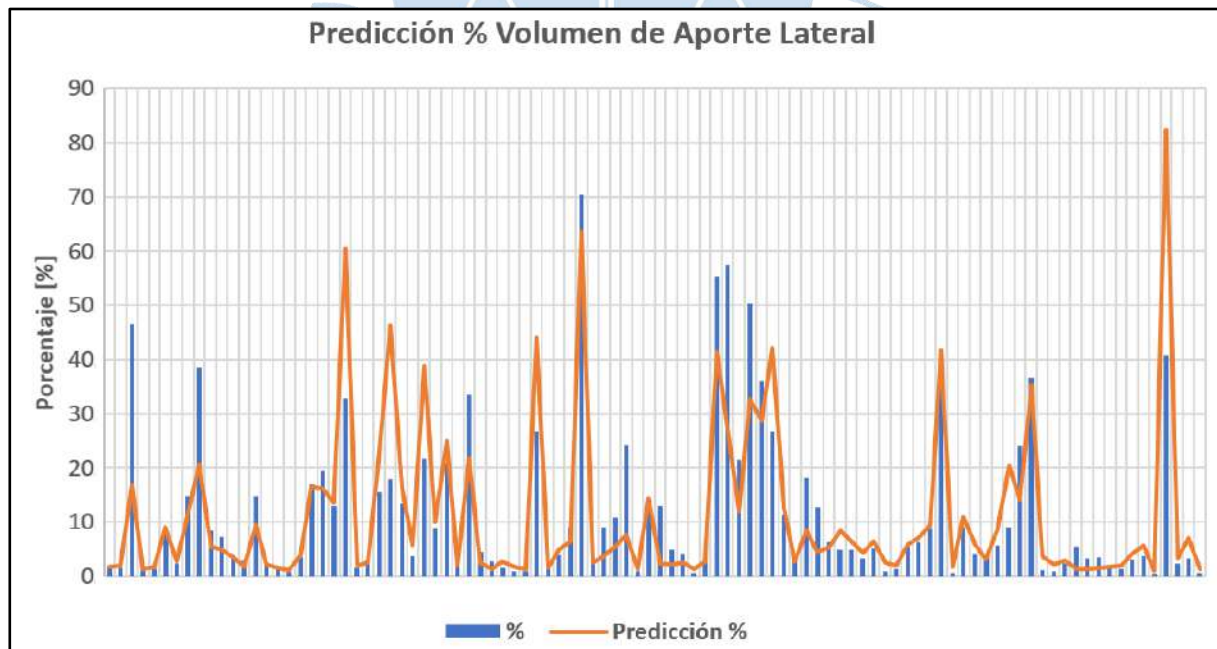
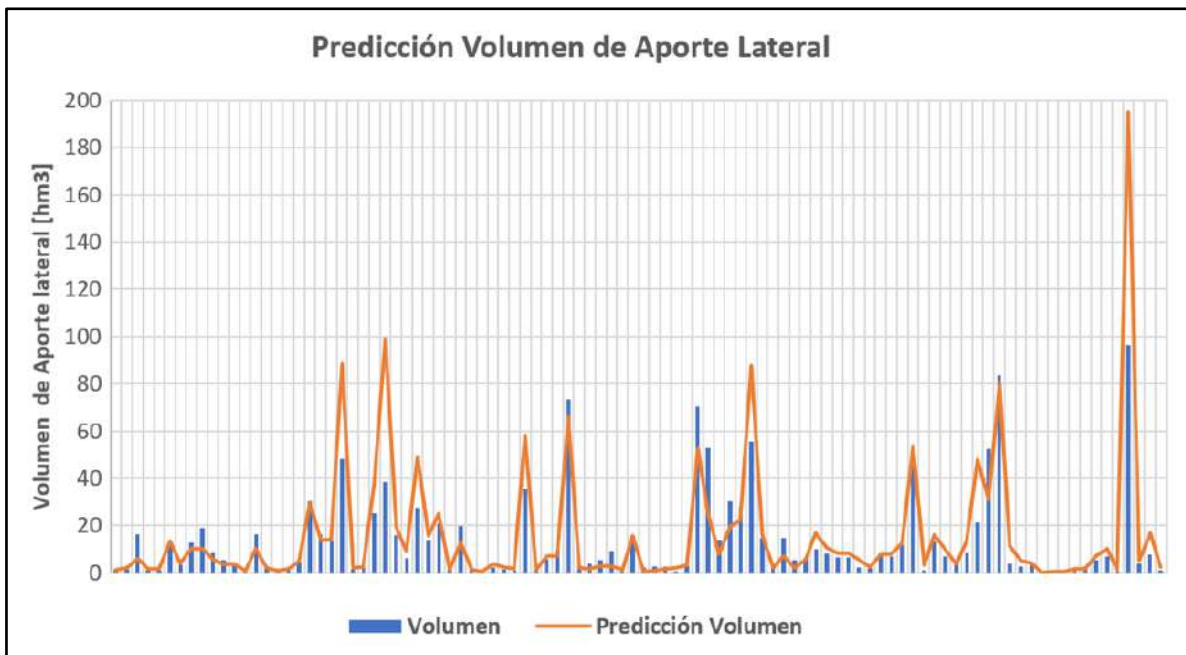


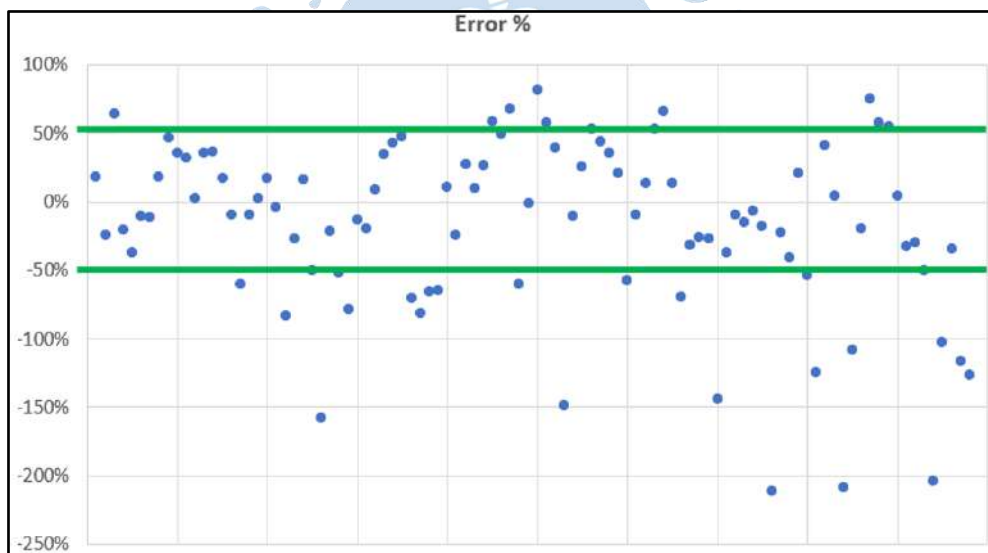
Figura 45. Predicción del porcentaje del volumen de aporte lateral respecto del total (%).

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 46. Predicción del volumen de aporte lateral Al.**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 47. Error de predicción del porcentaje del volumen de aporte lateral respecto del total.**

Fuente: Elaboración propia.

- A partir de los resultados obtenidos, se observa que el modelo presenta un 38.8% de valores con error mayor al 50%, en las zonas positiva y negativa en conjunto.
- Del total de errores presentados, un 47.4% se presentaron en datos con valores inferiores a 10  $\text{hm}^3$ . De este grupo selecto, el 83.3% se alojaron en datos con un volumen inferior a 5  $\text{hm}^3$ . Finalmente, del total de errores se tiene que el 34.2% difiere en un valor menor a 2  $\text{hm}^3$ .
- De lo expuesto, se concluye que se presenta un modelo de predicción aceptable, con errores de menor consideración, pero que se podría mejorar y complementar con una mejor base de datos.

Una vez determinado el modelo de predicción, adicionalmente, se buscó una ecuación que permita expresar y relacionar el volumen total ( $A_T$ ) de ingreso al reservorio [ $\text{hm}^3$ ] en función del aporte principal ( $A_P$ ) medido en la estación hidrométrica Ardilla [ $\text{hm}^3$ ] y a la relación porcentual (%) que es objeto de estudio de esta presente tesis.

Partimos de las ecuaciones que expresan al volumen total ( $A_T$ ) como la suma de los aportes principal ( $A_P$ ) y lateral ( $A_L$ ) evaluados en unidades de  $\text{hm}^3$ , y de la relación porcentual (%) entre el aporte lateral y el volumen total de ingreso al reservorio Poechos. (ver Ecuaciones 4.5 y 4.6):

$$A_T = A_P + A_L \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

$$\% = \frac{A_L}{A_T} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Despejando la variable  $A_L$  de la Ecuación 4.6 y reemplazándola en la Ecuación 4.5, se obtiene una expresión de  $A_T$  en función de  $A_P$  y %, mostrada en la siguiente Ecuación 4.7:

$$\begin{aligned} \% * A_T &= A_L \\ A_T &= A_P + \% * A_T \\ A_T &= A_P \left( \frac{1}{1 - \%} \right) \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Cabe resaltar que la variable  $A_P$  es objeto de estudio de la Universidad de Piura, y se tiene un modelo de predicción a disposición, el cual, unido a nuestro modelo, nos brindarán los valores necesarios ( $A_P$  y %) que satisfacen a la Ecuación 4.7.





## Conclusiones

- Desde Julio del año 2020, el PECHP no está realizando aforos en la estación hidrométrica Ardilla debido a la ausencia de un puente desde el cual medir y la alta variabilidad de la sección con el pasar del tiempo, lo que genera datos no representativos. En cambio, el caudal medio diario de ingreso total al reservorio Poechos ( $Q_{web}$ ) es calculado mediante balance hídrico, a partir de la variación de volumen almacenado en el reservorio al inicio y final del día y las salidas registradas por el aliviadero y los canales que atiende.
- La falta de representatividad de las mediciones existentes en la estación Ardilla por el PECHP quedó demostrada al comparar el aporte lateral al reservorio determinado a partir de los niveles ( $H$ ) con el caudal total ( $Q_{web}$ ). La comparación presentó un alto grado de inconsistencia e irregularidad, obteniendo incluso excedencia del primero, lo que no debe ocurrir.
- Para realizar un estudio hidrológico de predicción de caudal se requiere de una constante y fiable información recopilada de aforos, lo que no se obtuvo en el presente estudio, ya que sólo hubo a disposición información de los años 2018, 2019 y parte del 2020. Por lo expuesto, se tomó la decisión de descartar el cálculo de aporte lateral a partir de los caudales en función de los niveles de agua.
- Los caudales obtenidos por el método del hidrograma unitario aplicado a las cuencas laterales independientes (La Solana, Pilares, Gramadal, Panales y Venados) y al área en conjunto presentaron valores de aporte mayores al caudal total de ingreso ( $Q_{web}$ ), lo que llevó a descartar dicho análisis. Cabe resaltar que el estudio por cuencas independientes proporcionó el valor de precipitación promedio de 50 mm como un valor umbral de generación de aporte lateral al reservorio.
- La escasez de datos y estaciones pluviométricas de la cuenca Chira, sumada al retiro de la estación pluviométrica Pananga y al gran número de datos faltantes e inconsistentes, se convirtieron en el principal problema de la presente investigación hidrológica.
- La determinación del caudal lateral por el método de hidrograma unitario aplicado a la cuenca La Solana y escalado al área total en estudio, presentó resultados adecuados

para la investigación, destacando la presencia de aporte lateral a partir de una precipitación promedio de 45 mm en épocas de máximas avenidas (Fenómenos El Niño 1982-1983 y 1997-1998; y El Niño Costero 2017); y cuyos valores fueron menores a los Qweb registrados por el PECHP, determinando así la coexistencia de aporte principal y lateral en el reservorio. Así mismo, se observó una influencia tardía de un día entre la lluvia y el aporte al reservorio.

- Se ajustó un modelo de predicción inicial obtenido a partir del análisis de regresión múltiple aplicado a las variables independientes  $X_i$ :  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$  y  $P_{ARD}$  y  $P$ ; las cuales representan las precipitaciones diarias registradas en las estaciones pluviométricas de Ardilla, Alamor, Ciruelo, Lancones y la precipitación media en la cuenca La Solana respectivamente; y a la variable dependiente  $Y_i$  (%) que expresa la relación porcentual entre el volumen de agua obtenido por aporte lateral mediante el método de hidrograma unitario  $A_L$  y el volumen total de ingreso al reservorio Poechos  $A_T$ . Este modelo determinó que todas las variables  $X_i$  eran significativas a excepción de la variable  $P$ .
- El modelo inicial ajustado quedó descartado de la investigación debido a los siguientes indicadores principales:
  - Gráficas de residuos: la gráfica de probabilidad normal no presenta un comportamiento de tendencia lineal, las gráficas de ajustes y orden presentan valores con errores muy altos y que no se encontraban dentro del rango de aceptación  $<-3;3>$ ; y el hidrograma no presenta una forma mesocúrtica alrededor del valor 0, sino que por el contrario tenía una distribución leptocúrtica.
  - Los valores  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y  $R^2$  de predicción presentan valores medianamente aceptables, por encima del valor medio ( $>50\%$ ), pero se podían mejorar.
- El modelo de predicción final a partir de las variables independientes lineales y cuadráticas de  $P_{LAN}$ ;  $P_{ALA}$ ;  $P_{CIR}$  y  $P_{ARD}$ ; y con variable dependiente  $LN\%$ , mejoró significativamente el comportamiento de los resultados de las gráficas de residuos y los valores de  $R^2$ ,  $R^2$  ajustado y  $R^2$  de predicción, con 23.9%, 22.8% y 31.0% respectivamente, en comparación a los valores obtenidos en el modelo inicial.
- En función a los valores de significancia (P-valor) y multicolinealidad (FIV) se tuvo que descartar las variables de  $P_{CIR}$  y  $P_{ALA}$  junto a sus valores cuadráticos, quedando como resultado final:  $LN\% = -4.297 + 0.03920 * P_{LAN} + 0.07805 * P_{ARD} - 0.000209 * P_{LAN}^2 - 0.000216 * P_{ARD}^2$ .
- A partir de los resultados se concluye que el modelo de predicción final del volumen de aporte lateral en función de las precipitaciones diarias en Lancones y Ardilla, es aceptable. Los errores encontrados al compararlos con las estimaciones mediante hidrograma unitario son de menor consideración: Del total, un 47.4% se presentaron

en datos con valores inferiores a  $10 \text{ hm}^3$ , de este grupo selecto, el 83.3% se alojaron en datos con un volumen inferior a  $5 \text{ hm}^3$ . Finalmente, del total de errores se tiene que el 34.2% difiere en un valor menor a  $2 \text{ hm}^3$ .

- La expresión del volumen total de ingreso al reservorio Poechos  $A_T = A_P \cdot (1 / (1 - \%))$  permitirá modificar las reglas de operación de forma que se incluya el proceso de descolmatación, con el objetivo de mitigar los efectos de los fenómenos climatológicos extremos que azotan la región.





### **Recomendaciones**

- Se recomienda la creación de un plan de acción que tenga como objetivo principal la recuperación de las estaciones pluviométricas, como Pananga, Venados y Ciruelo, que, por alguna razón, se encuentran abandonadas o presentan errores sistemáticos en la toma de datos. Así mismo, es indispensable aumentar la densidad de la red pluviométrica de la cuenca Chira; la Organización Meteorológica Mundial (OMM) presenta valores mínimos requeridos que no se cumplen. Con ello, se obtendrá una base de datos más densa y confiable para la elaboración de una mejor herramienta de predicción.
- Las dificultades que presenta la ausencia de puente y la gran variabilidad de la sección hidráulica de la estación hidrométrica Ardilla, se traducen en la escasez de aforos y en considerables errores de medición. Se recomienda la automatización de la estación y la modernización de las campañas de aforo; por ejemplo, con el uso de pistola radar de velocidades que permite obtener datos más precisos ante la presencia de caudales de gran magnitud. Esto permitirá fortalecer la base de datos y brindarle calidad a la herramienta de predicción de caudales en la entrada del reservorio Poechos.





### Referencias bibliográficas

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón. (2011). *Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones en la cuenca de Río Chira*. Piura, Perú.
- Aguilar-Villena, R. (2016). *Predicción de caudales en el río Chira con fines de descolmatación del embalse de Poechos. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil)*. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2007). *Plan maestro de gestión integrada de los Recursos Hídricos en las cuencas hidrográficas de la región Piura*. Piura, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Codificación y clasificación de cursos de agua superficiales del Perú*. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2012 a). *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú*. Lima, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2012 b). *Diagnóstico de la Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura*. Piura, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Plan de aprovechamiento de la disponibilidad hídrica - PADH cuenca Chira - Piura*. Piura, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Generación del mapa temático de curva número (CN)*.
- Calle, M. (2016). *Análisis hidrológico del reservorio Poechos y nivel de atención a los valles del Chira y Piura. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil)*. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Campos, A.; Konstantinovich E. y Igorevich, I. (2016). *Hidráulica e Hidrología para Ingeniería*. Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia. Moscú, Rusia.
- Chow V.; Maidment D. y Mays L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá, Colombia.: Nomos S.A.
- Congreso de la República. (2009). Ley de Recursos Hídricos. LEY Nº 29338. Lima, Perú.
- CONSORCIO ATA-UNL-UNP. (2002). *Caracterización hídrica y adecuación entre la oferta y la demanda en el ámbito de la cuenca binacional Ctamayo-Chira*. Piura, Perú.

- Correa, H. (2015). Proyectos Regionales como oportunidad para la generación de Desarrollo Económico. Seminario "Promoviendo el desarrollo económico en el norte del Perú". Piura.
- Farias M. y Ruiz M. (2018). Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero. Caso: ciudad de Piura. *16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion"*, Universidad de Piura, Lima, Perú.
- Farías de Reyes, M. (2018). *Apuntes del curso de Hidrología Avanzada - Maestría en Recursos Hídricos*. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Ferradas, P. (2000). *El Fenómeno "El Niño" y los desastres: enfoque y estrategias de las ONGs*. Lima, Perú.
- González, I. (2019). *Regresión Múltiple. Apuntes del curso de Estadística Aplicada*. Universidad de Piura. Piura, Perú.
- INGEMMET. (2009). *Asistencia técnica a la minería de pequeña escala. Mapa 3: Subcuencas Chira - Catamayo*. Lima, Perú.
- INRENA. (2007). *Memoria Descriptiva de la Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima, Perú.
- Minitab 18 Statistical Software. (2018). *Interpretar todos los estadísticos para Regresión de mejores subconjuntos*. Revisado el día 20 de enero de 2021 de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/how-to/best-subsets-regression/interpret-the-results/all-statistics/>
- Moreno, J. (2004). *Especificaciones Técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales*. Lima, Perú.
- Organización Panamericana de la Salud. (2017). *Emergencia por impacto del Fenómeno "El Niño Costero" – Perú, 2017*. Revisado el día 12 de enero de 2021 de [https://www.paho.org/per/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3710:emergencia-por-impacto-del-fenomeno-el-nino-costero-2017-peru&Itemid=1060](https://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=article&id=3710:emergencia-por-impacto-del-fenomeno-el-nino-costero-2017-peru&Itemid=1060)
- Panta, J. (2022). *Análisis hidrológico de las cuencas laterales al reservorio Poechos. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil inédita)*. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Proyecto Especial Chira Piura. (s.f.). *Proyecto Especial Chira Piura*. Revisado el día 5 de enero de 2021 de <http://www.chirapiura.gob.pe/index.php?pag=13&id=43>

- Proyecto Especial Chira Piura I. (s.f.). *Proyecto Especial Chira Piura*. Revisado el día 5 de enero de 2021 de <http://www.chirapiura.gob.pe/index.php?pag=13&id=44>
- Proyecto Especial Chira Piura II. (s.f.). *Proyecto Especial Chira Piura*. Revisado el día 5 de enero de 2021 de <http://www.chirapiura.gob.pe/index.php?pag=13&id=45>
- Proyecto Especial Chira Piura III. (s.f.). *Proyecto Especial Chira Piura*. Revisado el día 5 de enero de 2021 de <http://www.chirapiura.gob.pe/index.php?pag=13&id=46>
- Proyecto Especial Chira Piura IV. (s.f.). *Proyecto Especial Chira Piura*. Revisado el día 5 de enero de 2021 de <http://www.chirapiura.gob.pe/index.php?pag=13&id=49>
- Reyes, J. (28 de Enero de 2014). *Nos hemos convertido en dependientes del reservorio de Poechos*. (A. Boza, Entrevistador)
- Reyes, J., Tucci, C., & Bertoni, J. (2003). *Inundacoes Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre, Brasil.
- Reyes, J.; Farías de Reyes, M.; Guerrero, L. y Tesén, K. (2018). *Modelación numérica del proceso de descolmatación del reservorio Poechos utilizando la misma energía del agua*. Lima, Perú: The 16th LACCEI Internacional Multi-Conference for Engineering Education and Technology "Innovation in Education and Inclusion".
- Rodríguez M. y Mora R. (2001). *Análisis de regresión múltiple*. Universidad de Alicante. Departamento de Sociología. Alicante, España.: Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones.
- Universidad de Piura. (2015). *Análisis hidrológico. Proyecto PIAP-2-P-519-14 Desarrollo de una metodología de descolmatación de un reservorio utilizando la misma energía del agua y a un bajo costo. Caso piloto: Reservorio Poechos Piura*. Piura, Perú.
- Varona, M. (2018). *Modelo hidrológico de la cuenca Catamayo-Chira hasta el ingreso al reservorio Poechos usando Hec-Hms. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil)*. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Venkateswaran, K., MacClune, K., & Enríquez, M. (2017). *El Niño Costero: The 2017 Floods in Peru*. Zurich Flood Resilience Alliance. Boulder, CO. Estados Unidos.
- Vilchez, M., Nuñez, S., & Valenzuela, G. (2006). *Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Chira-Catamayo*. Lima: Boletín N° 31 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica.



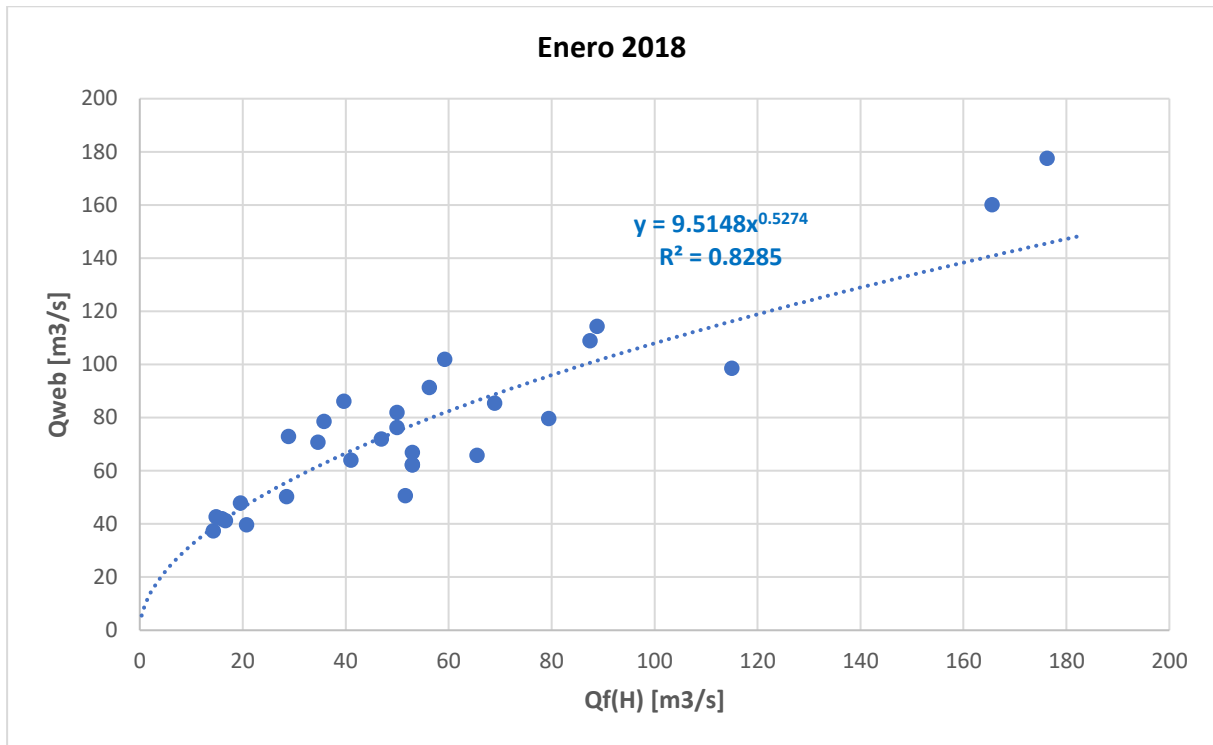


## Apéndices



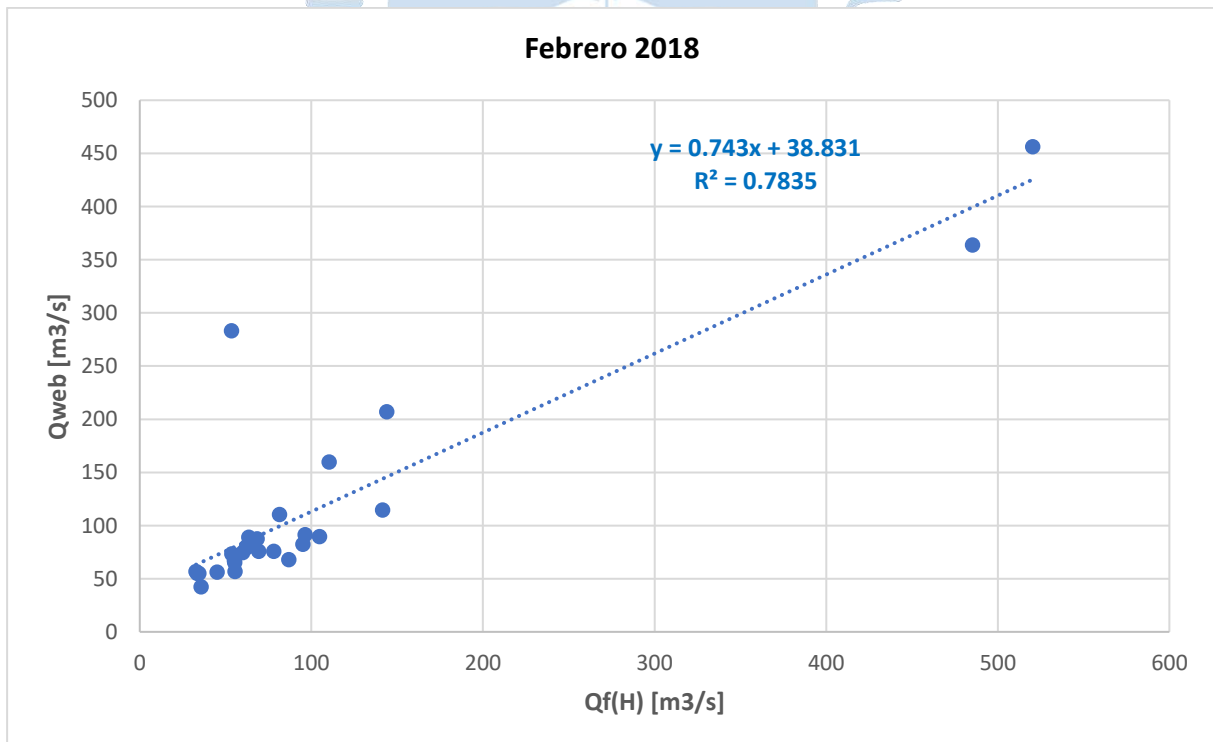


## Apéndice A. Gráficos de comparación de caudales para un análisis mensual



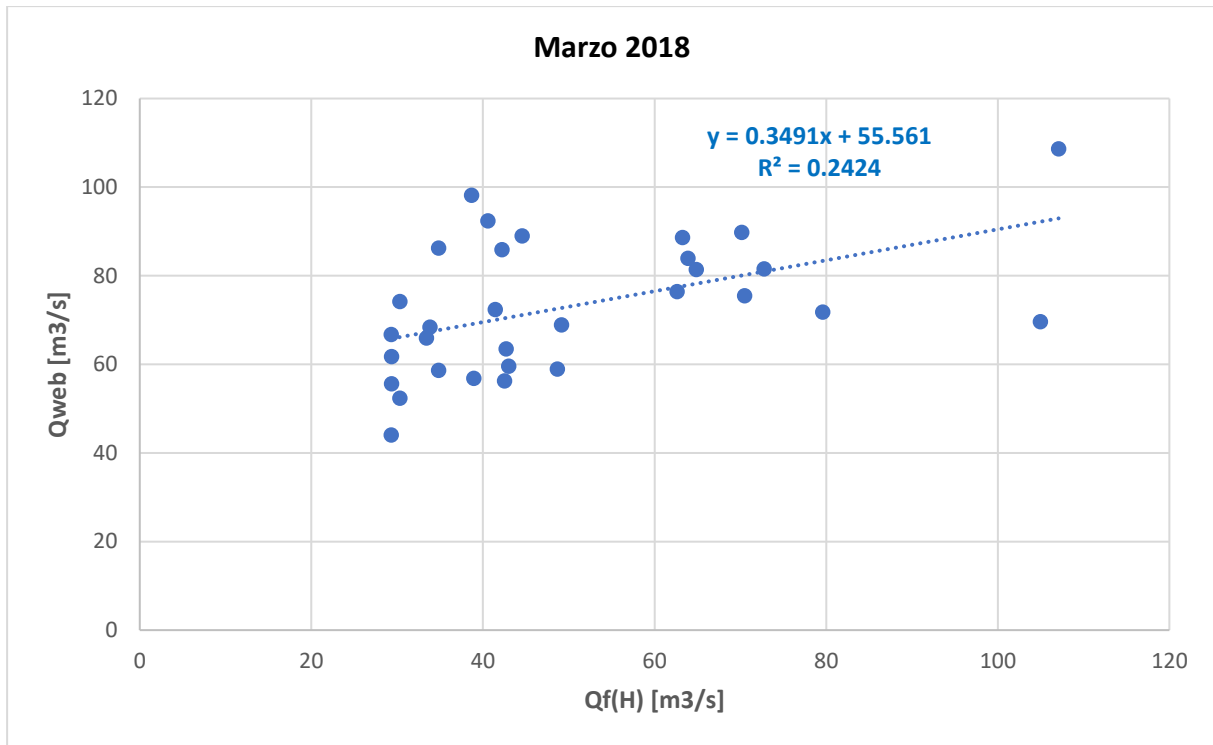
**Figura 48.** Gráfico de comparación de caudales  $Q_f(H)$  vs  $Q_{web}$  para el mes de enero del año 2018.

Fuente: Elaboración propia



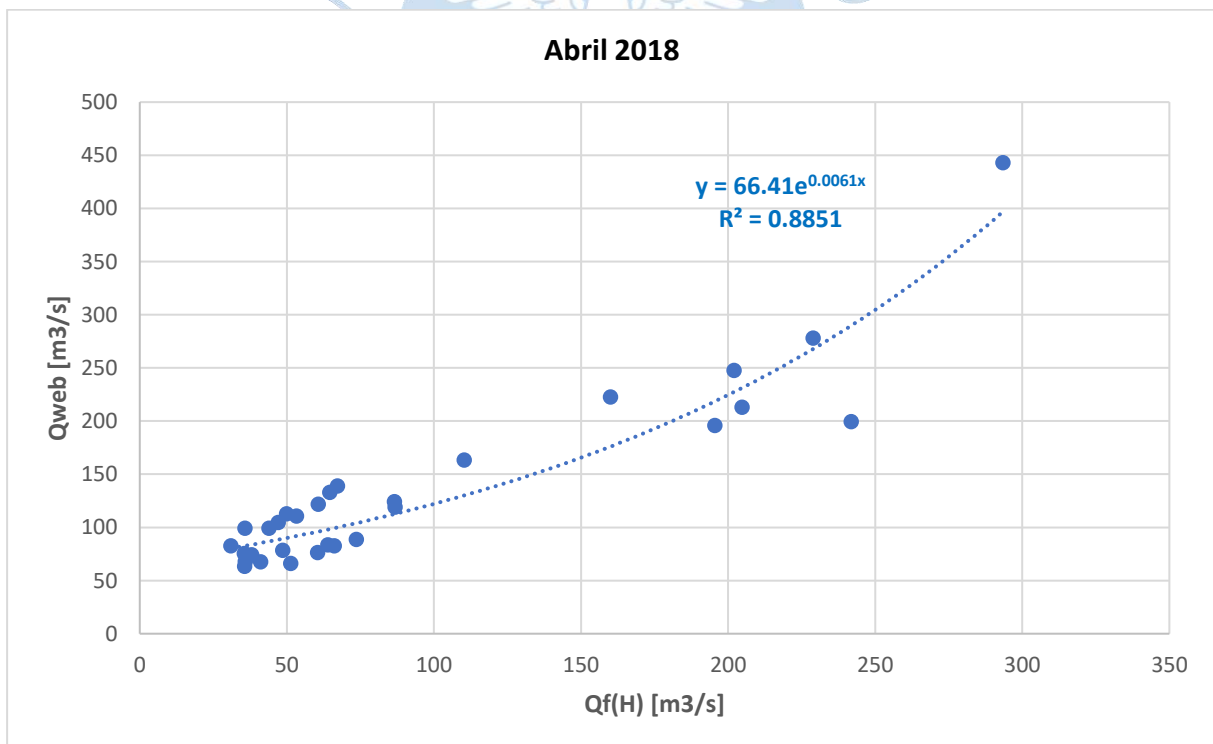
**Figura 49.** Gráfico de comparación de caudales  $Q_f(H)$  vs  $Q_{web}$  para el mes de febrero del año 2018.

Fuente: Elaboración propia



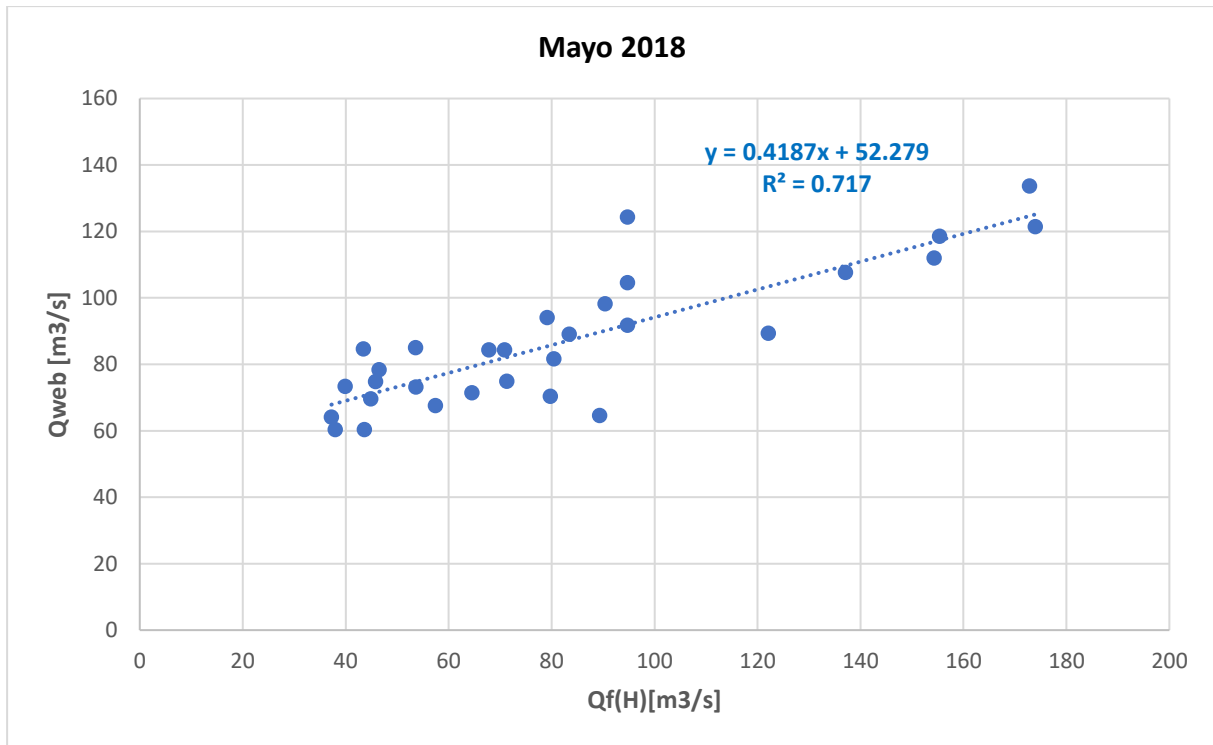
**Figura 50. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de marzo del año 2018.**

Fuente: Elaboración propia



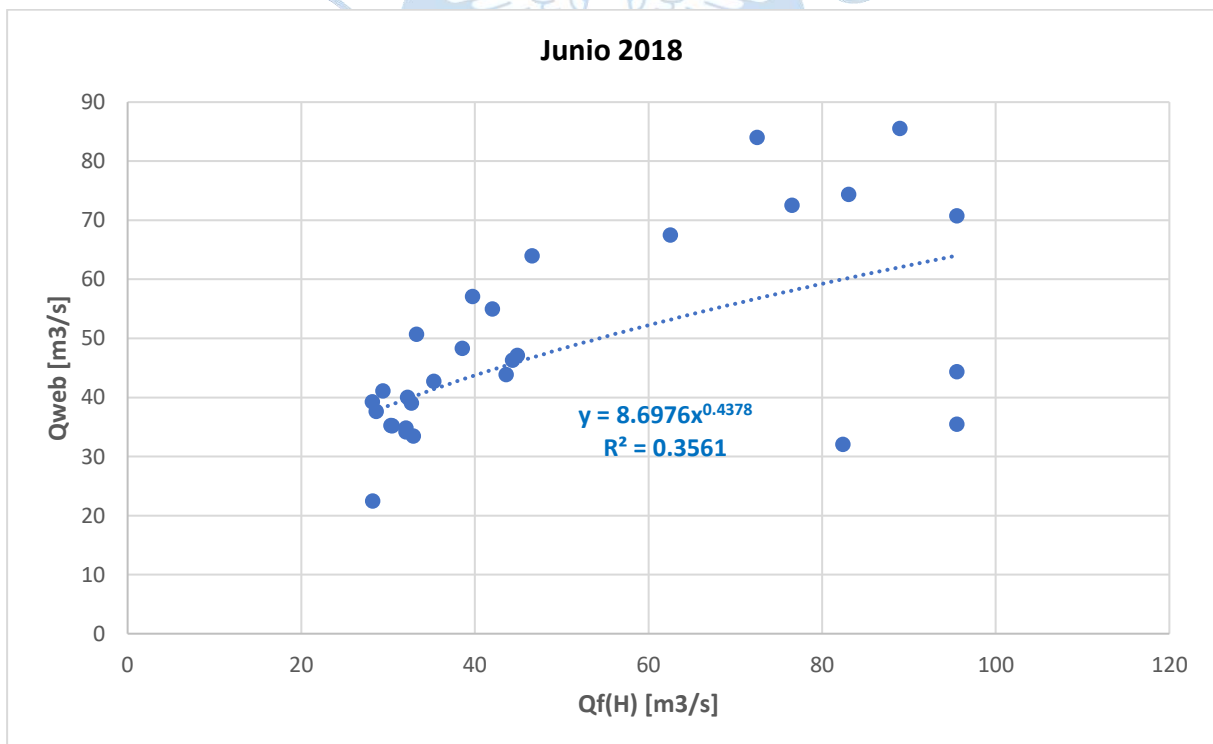
**Figura 51. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de abril del año 2018.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 52. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de mayo del año 2018.**

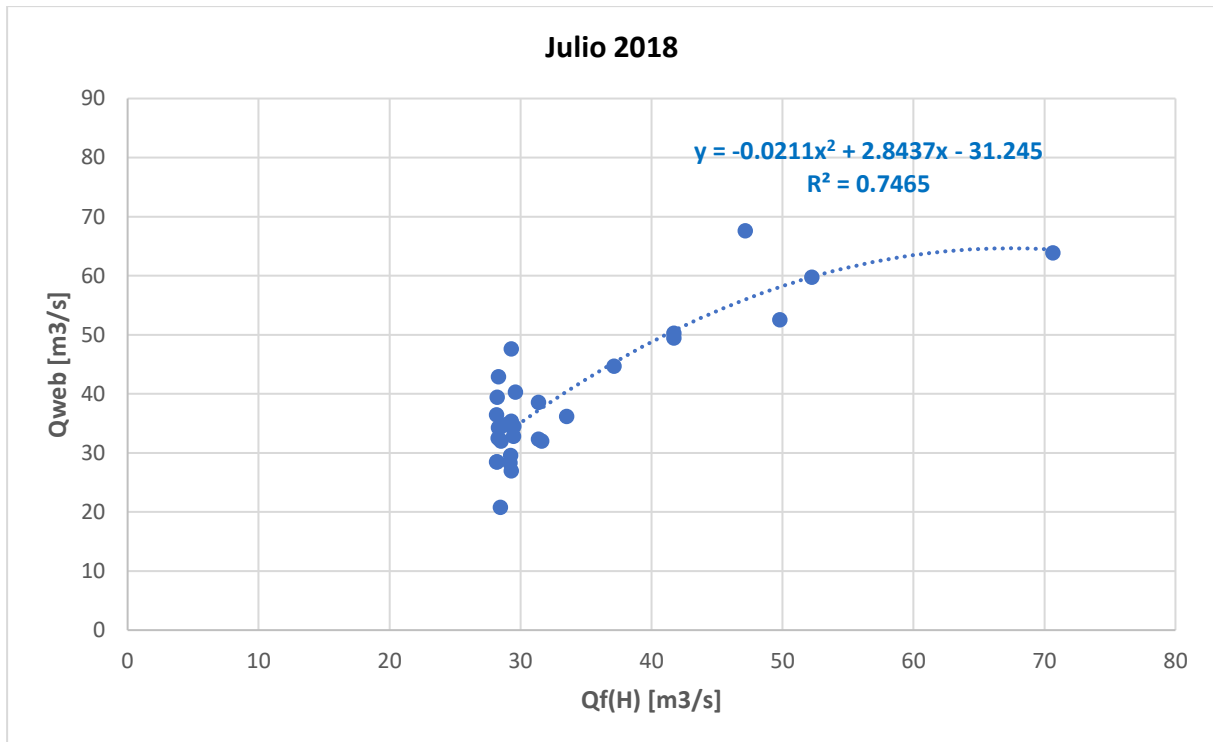
Fuente: Elaboración propia



**Figura 53. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de junio del año 2018.**

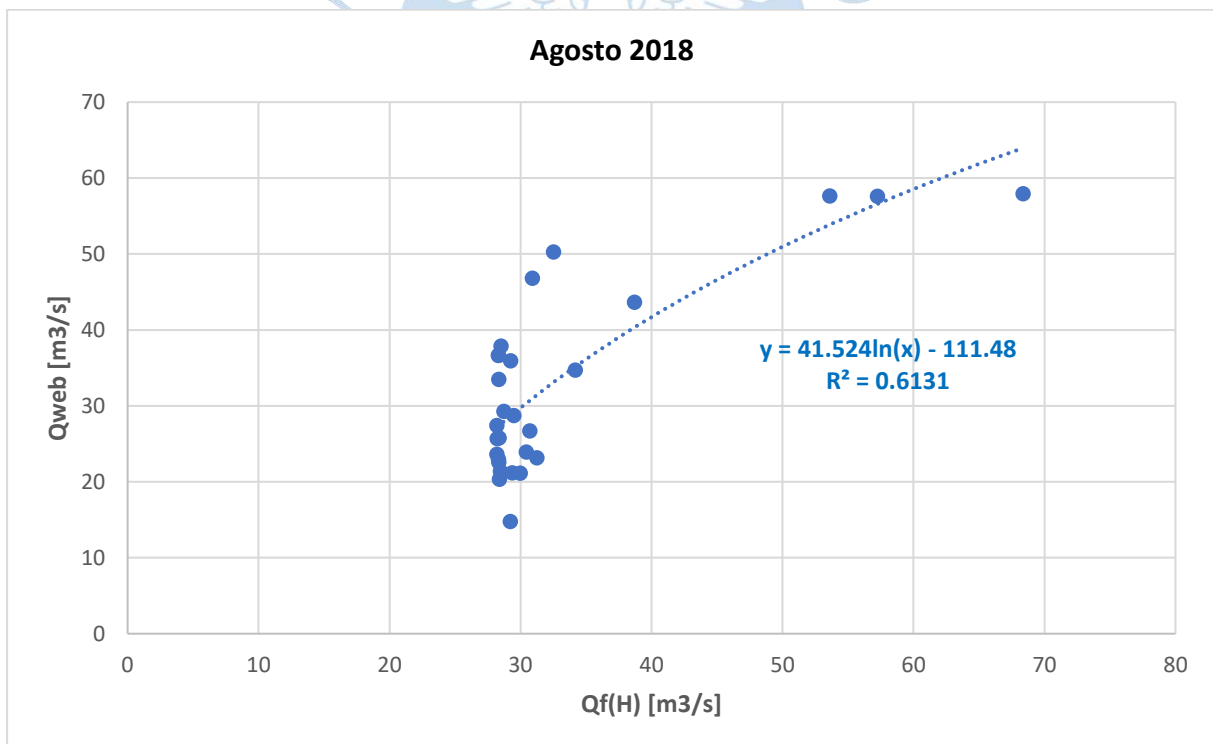
Fuente: Elaboración propia





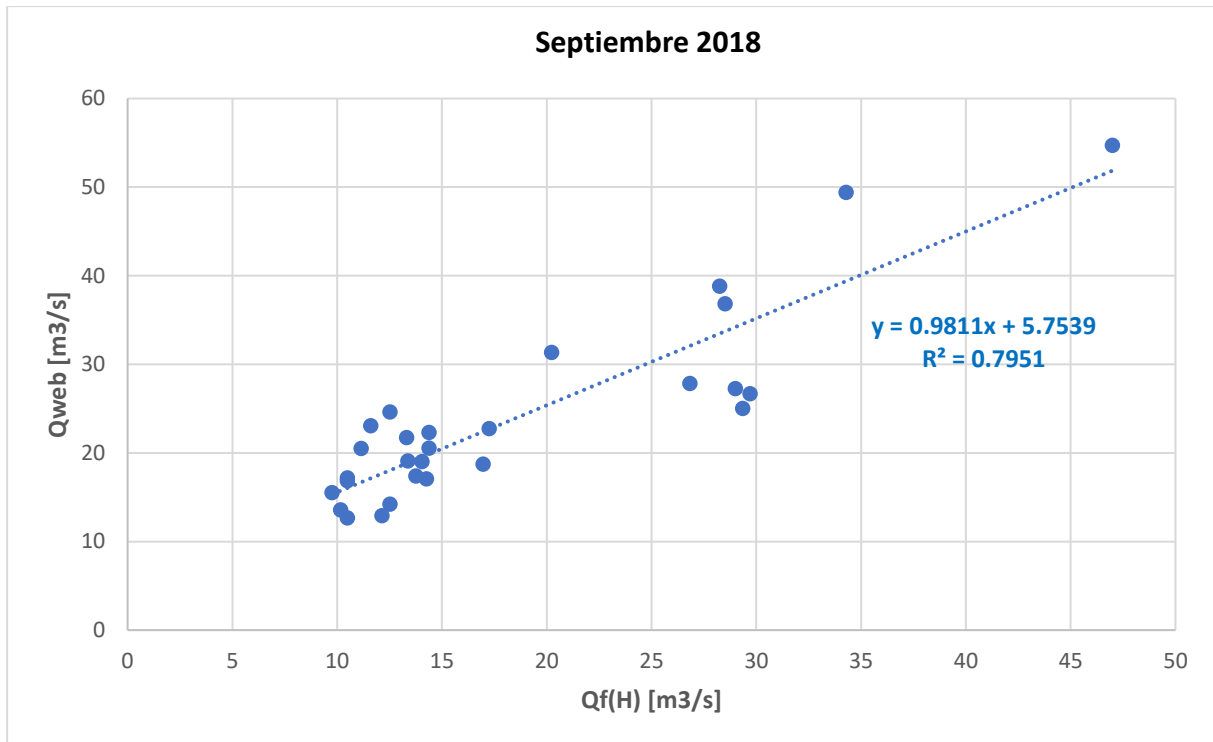
**Figura 54. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de julio del año 2018.**

Fuente: Elaboración propia

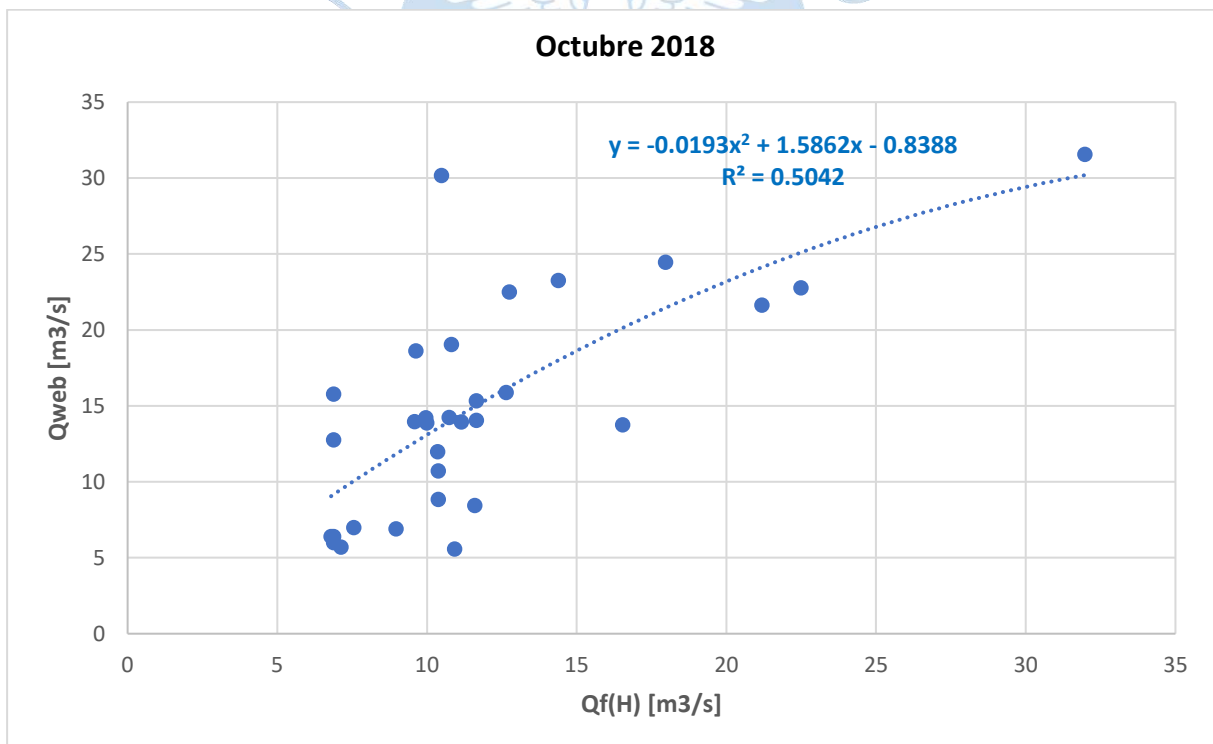


**Figura 55. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de agosto del año 2018.**

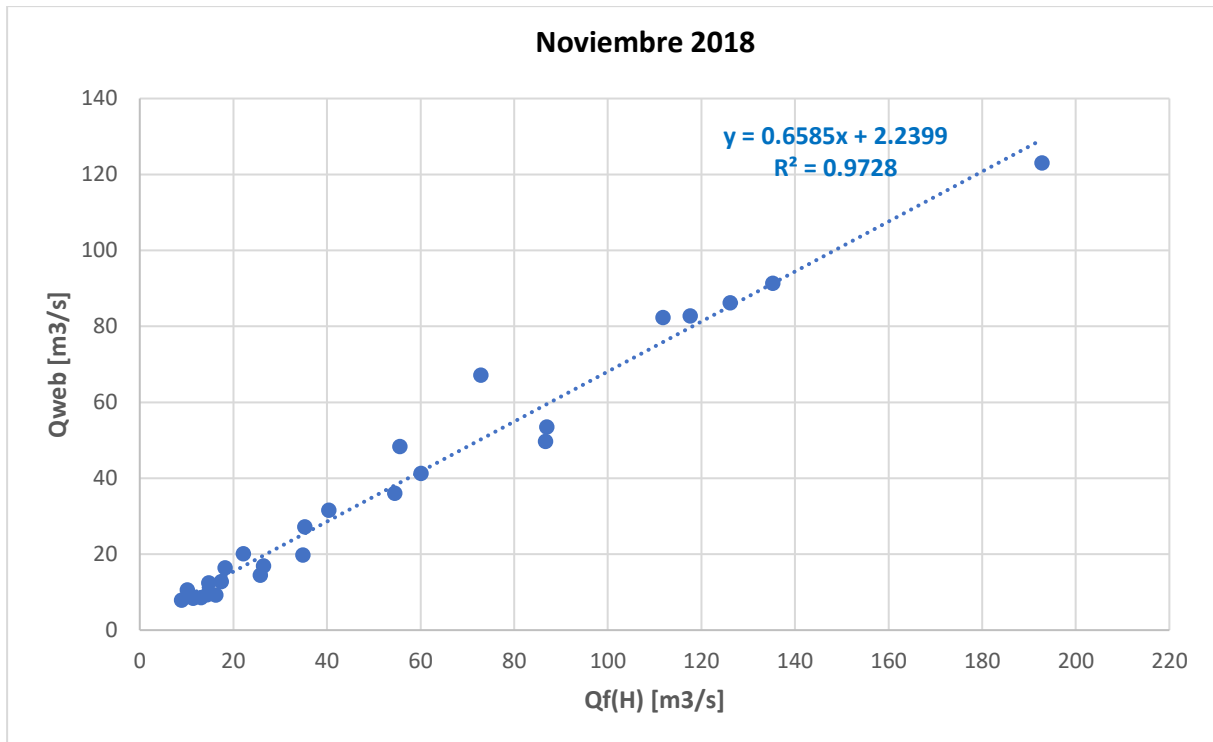
Fuente: Elaboración propia



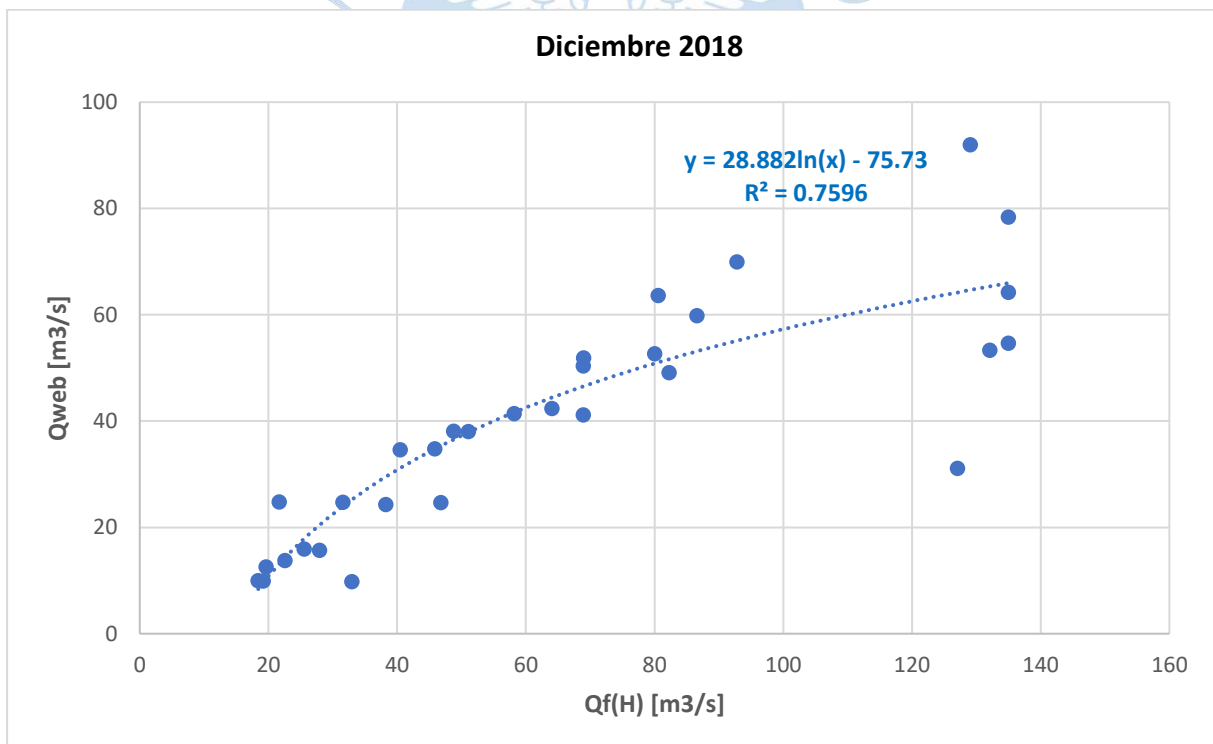
**Figura 56. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de septiembre del año 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



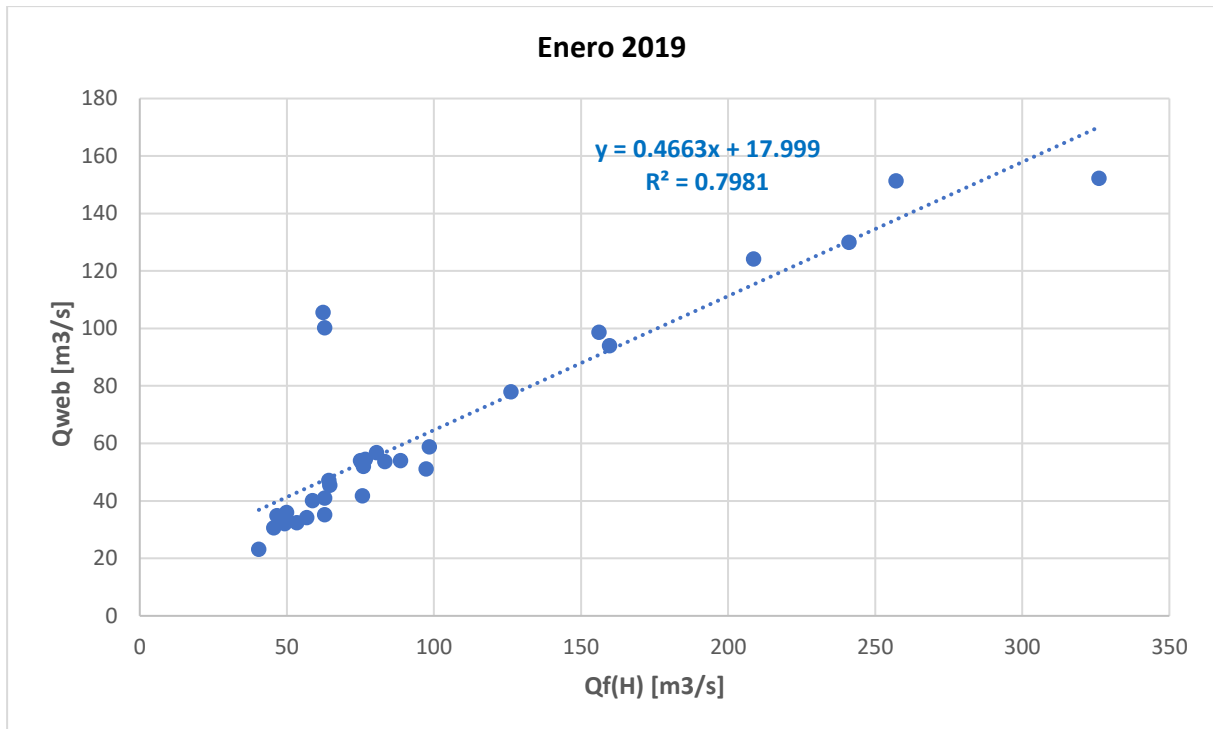
**Figura 57. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de octubre del año 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 58. Gráfico de comparación de caudales  $Q_f(H)$  vs  $Q_{web}$  para el mes de noviembre del año 2018.**  
Fuente: Elaboración propia

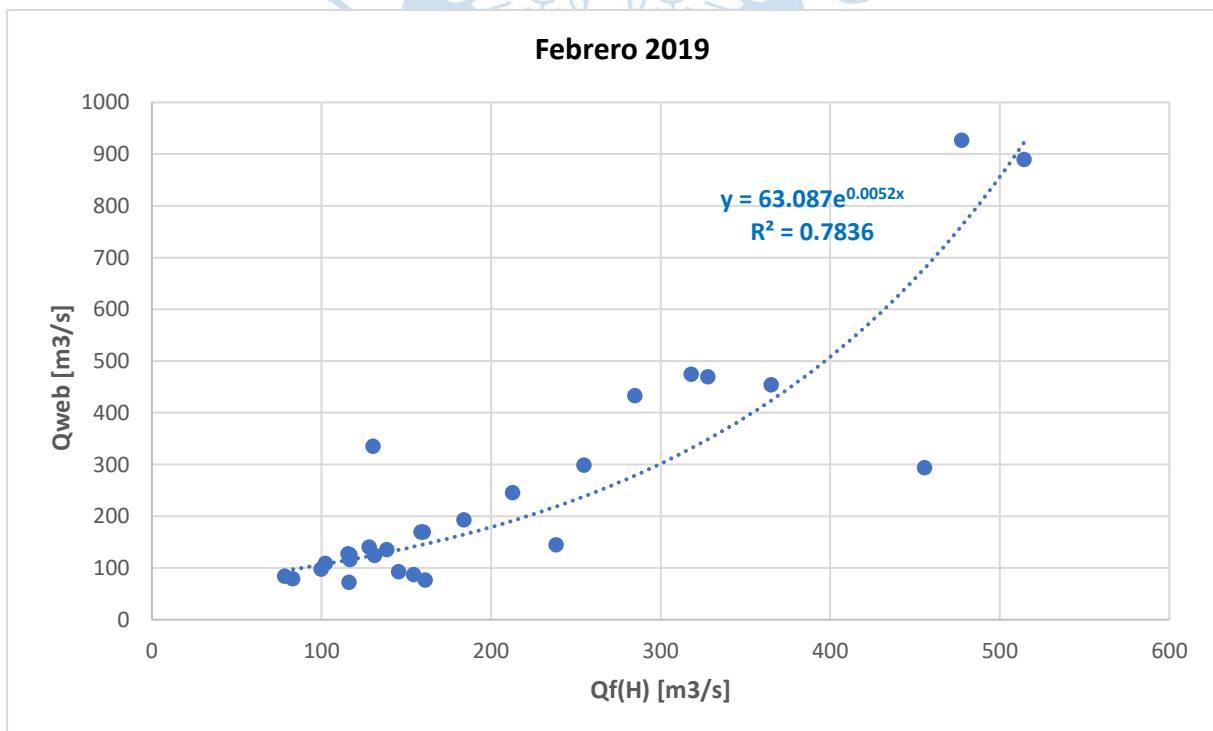


**Figura 59. Gráfico de comparación de caudales  $Q_f(H)$  vs  $Q_{web}$  para el mes de diciembre del año 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



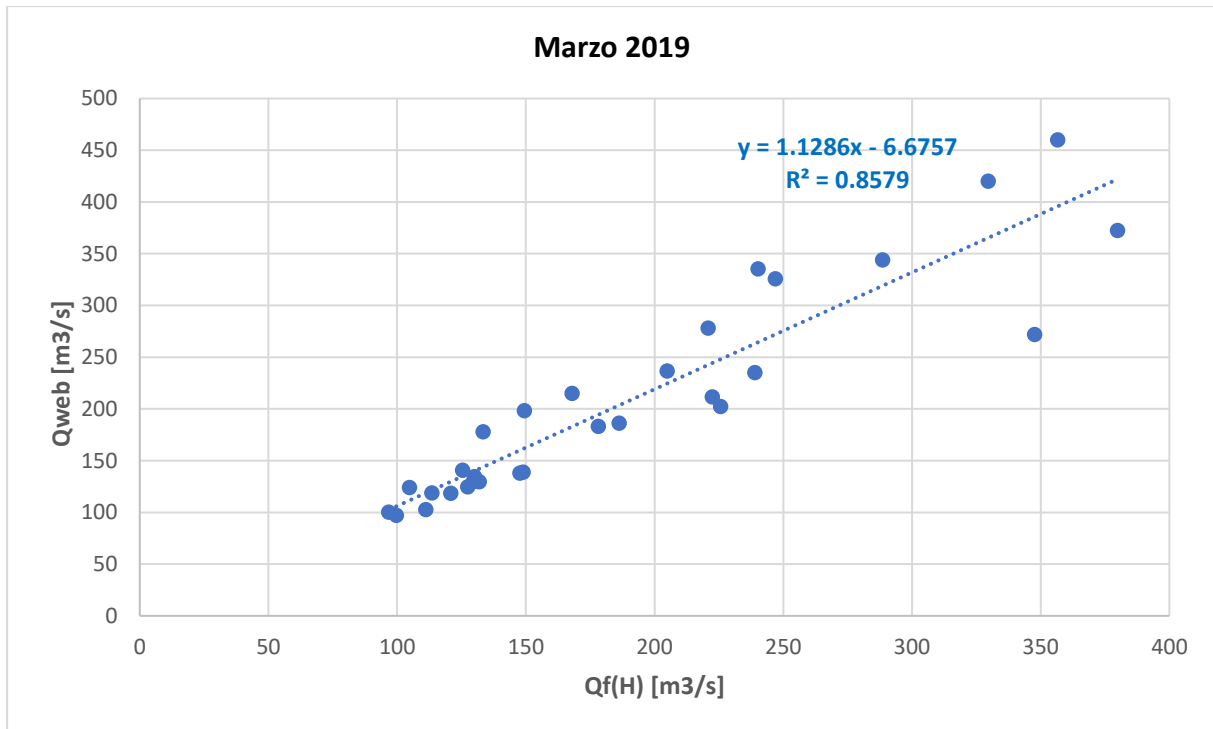
**Figura 60. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de enero del año 2019.**

Fuente: Elaboración propia



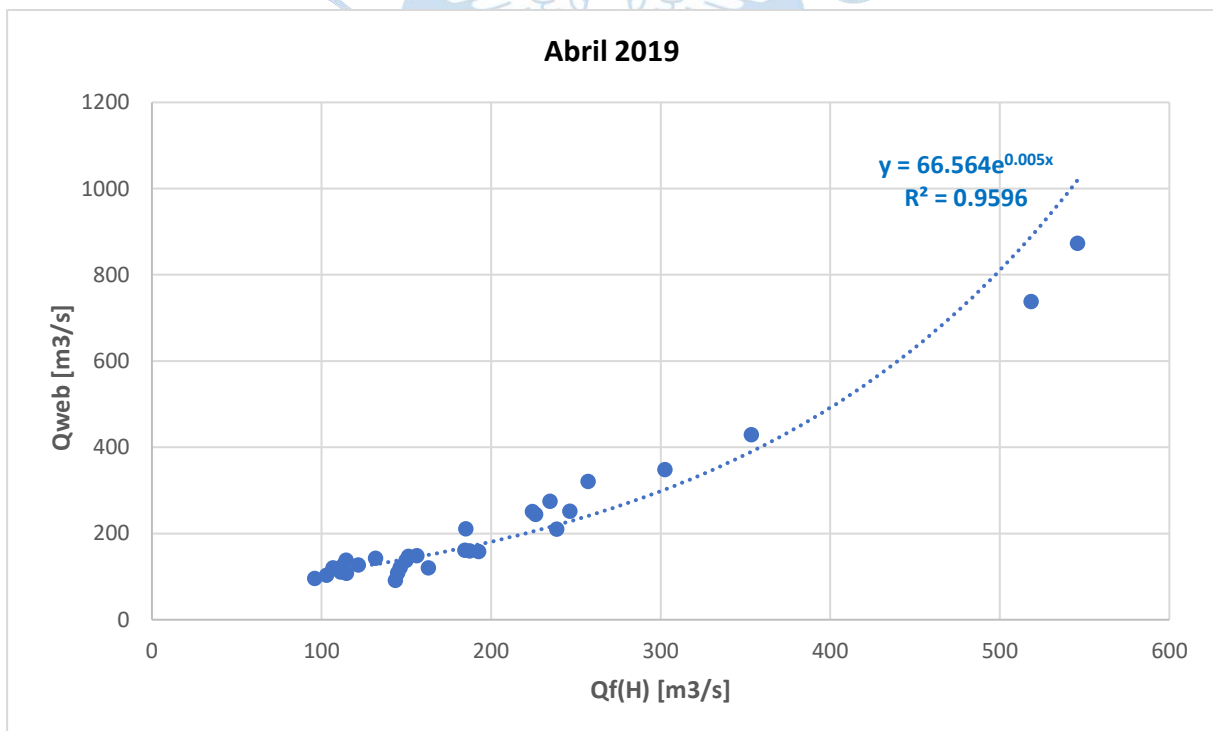
**Figura 61. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de febrero del año 2019.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 62. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de marzo del año 2019.**

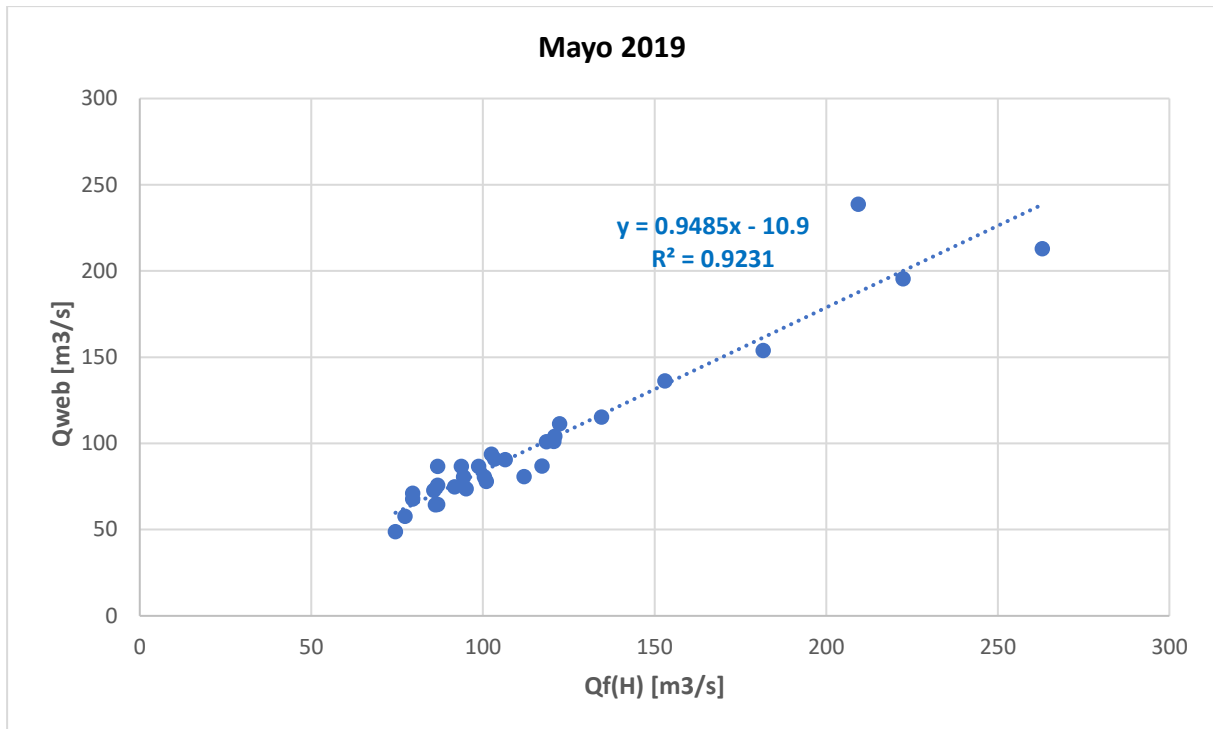
Fuente: Elaboración propia



**Figura 63. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de abril del año 2019.**

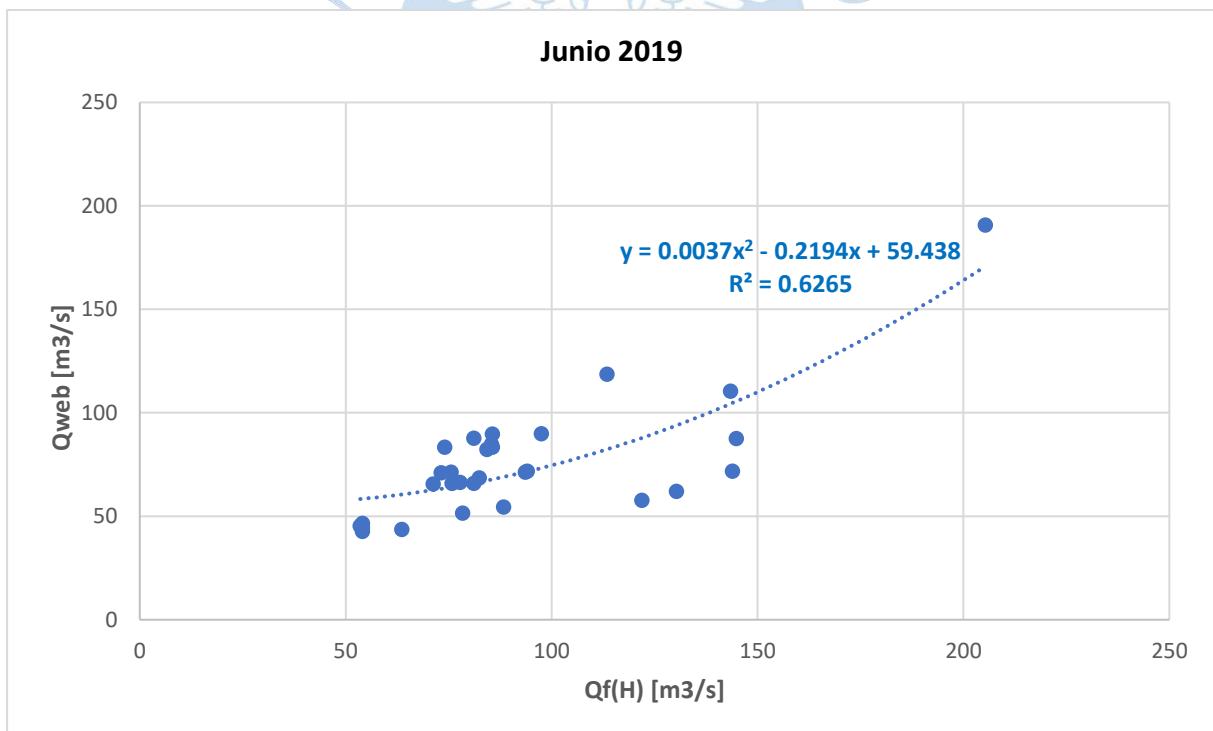
Fuente: Elaboración propia





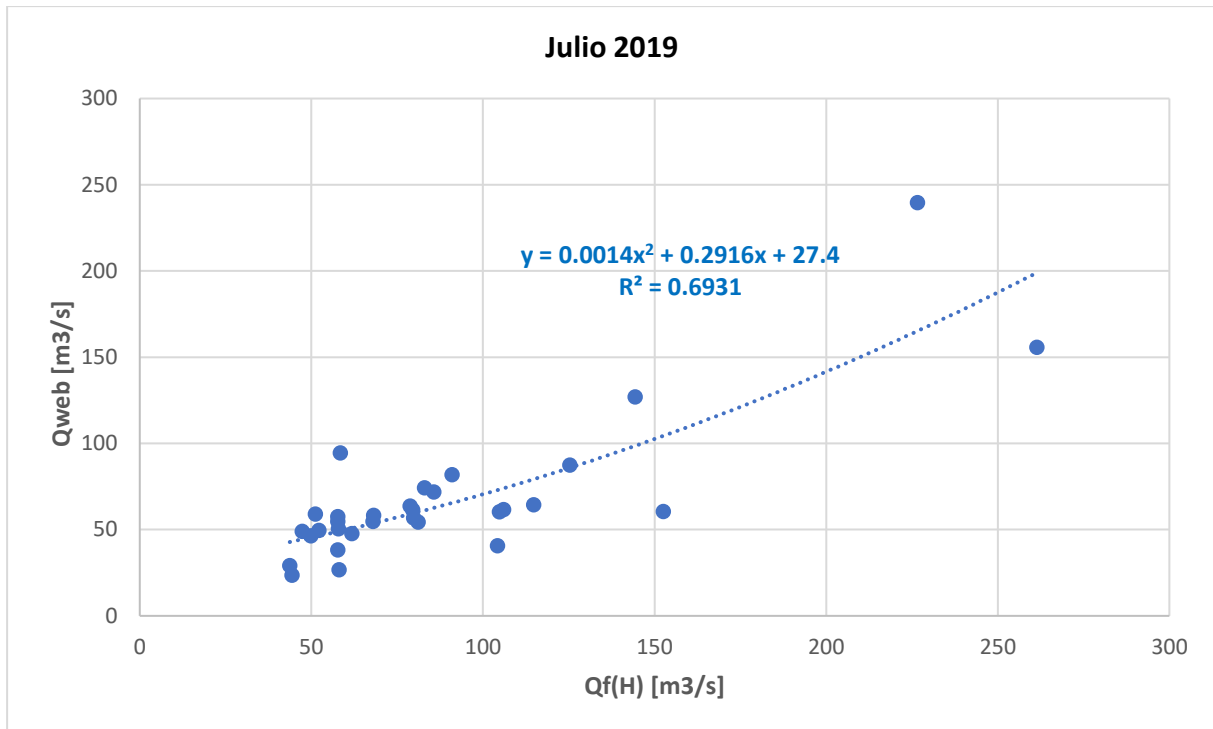
**Figura 64. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de mayo del año 2019.**

Fuente: Elaboración propia



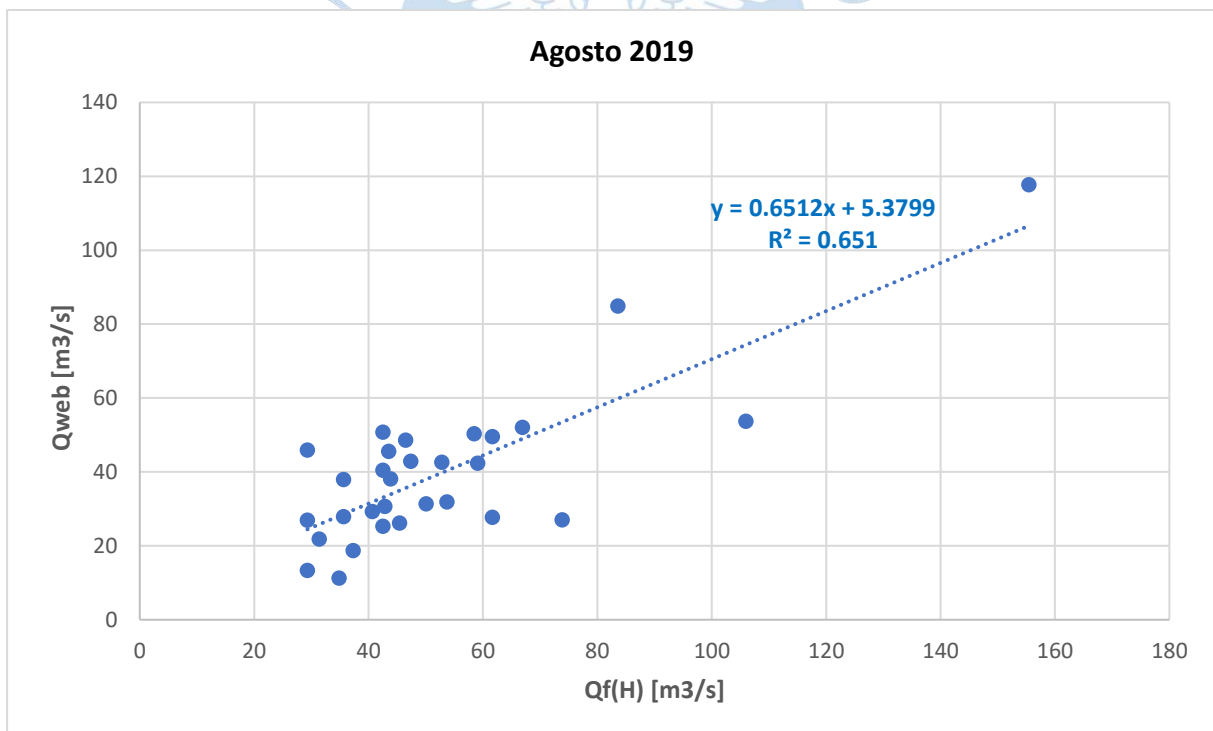
**Figura 65. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de junio del año 2019.**

Fuente: Elaboración propia



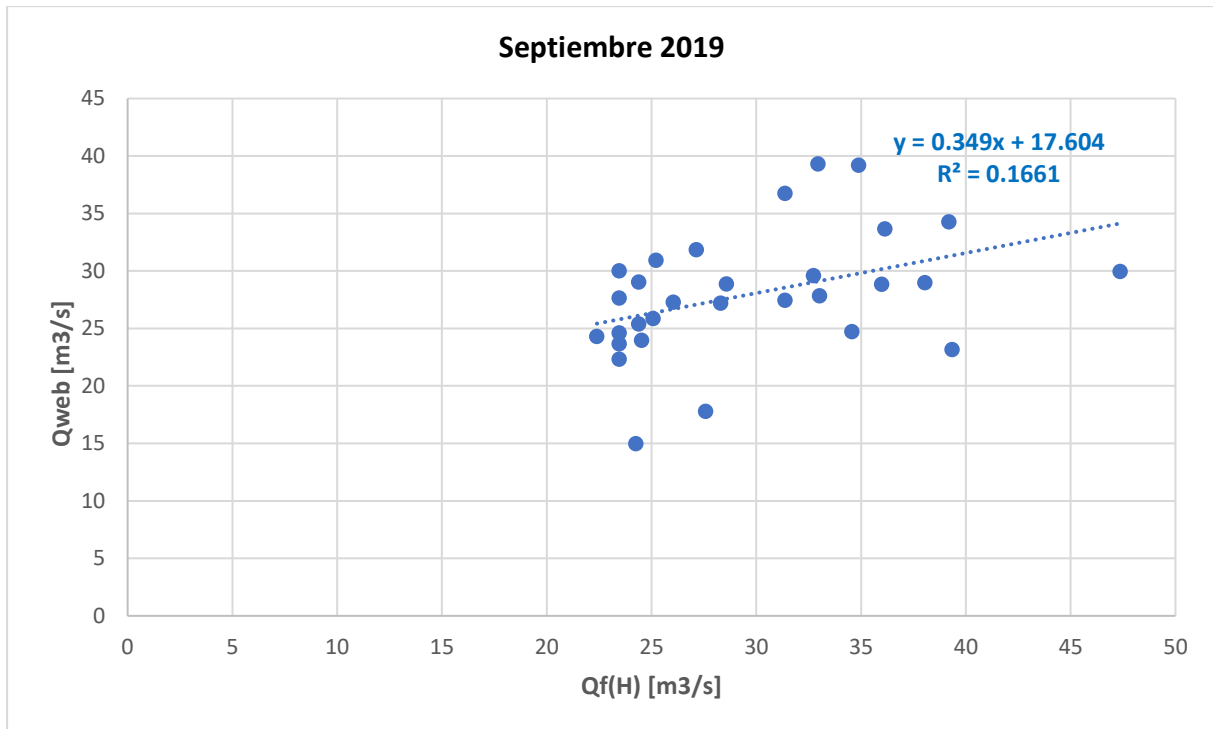
**Figura 66. Gráfico de comparación de caudales  $Q_f(H)$  vs  $Q_{web}$  para el mes de julio del año 2019.**

Fuente: Elaboración propia

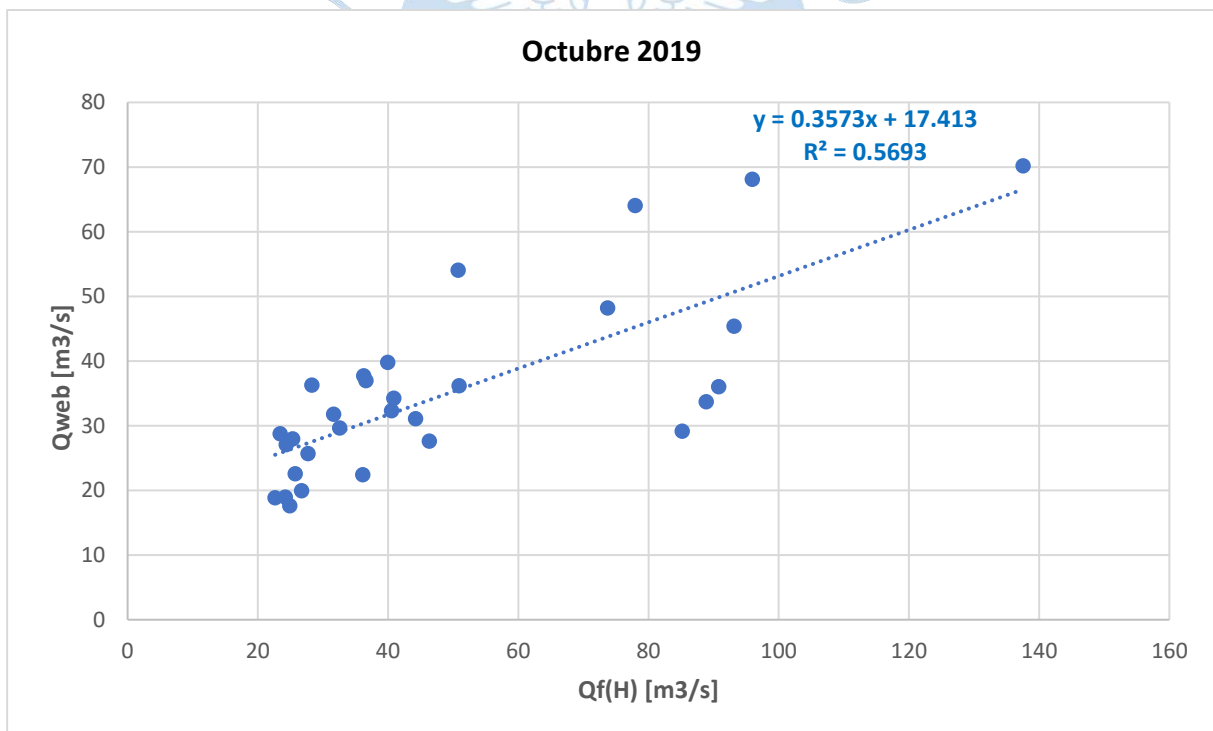


**Figura 67. Gráfico de comparación de caudales  $Q_f(H)$  vs  $Q_{web}$  para el mes de agosto del año 2019.**

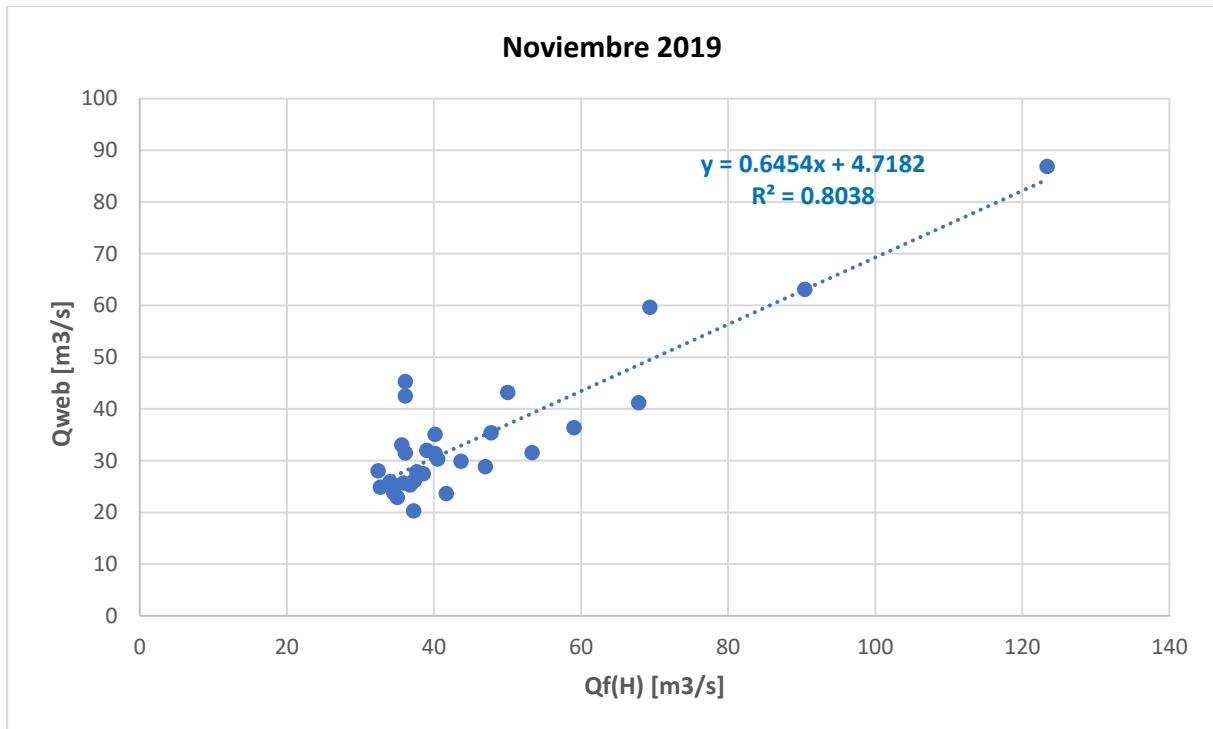
Fuente: Elaboración propia



**Figura 68. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de septiembre del año 2019.**  
Fuente: Elaboración propia

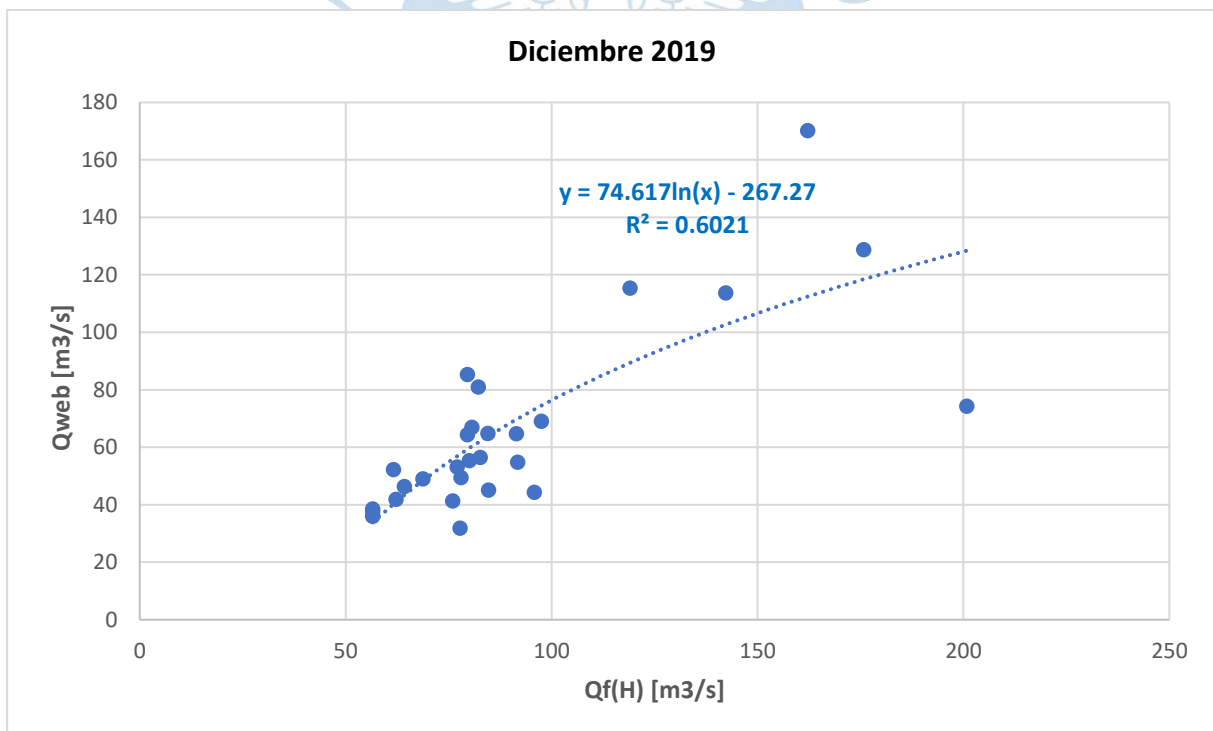


**Figura 69. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de octubre del año 2019.**  
Fuente: Elaboración propia



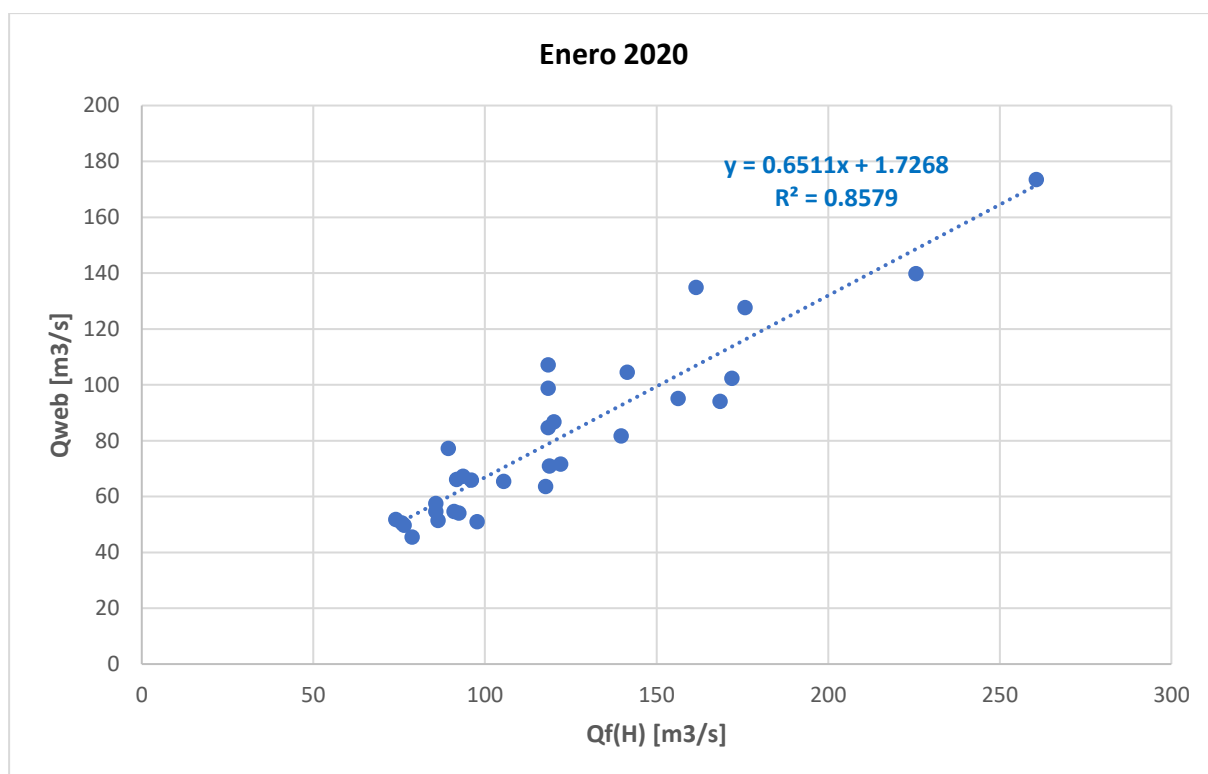
**Figura 70. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de noviembre del año 2019.**

Fuente: Elaboración propia



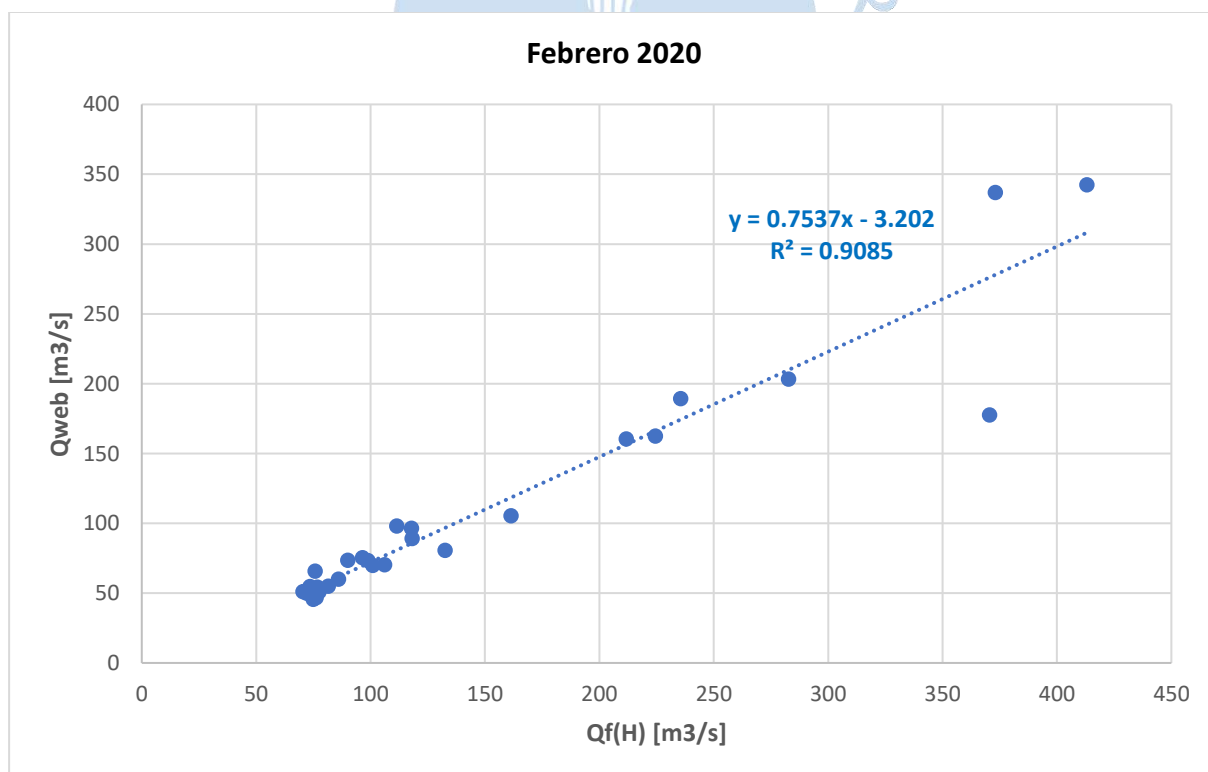
**Figura 71. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de diciembre del año 2019.**

Fuente: Elaboración propia



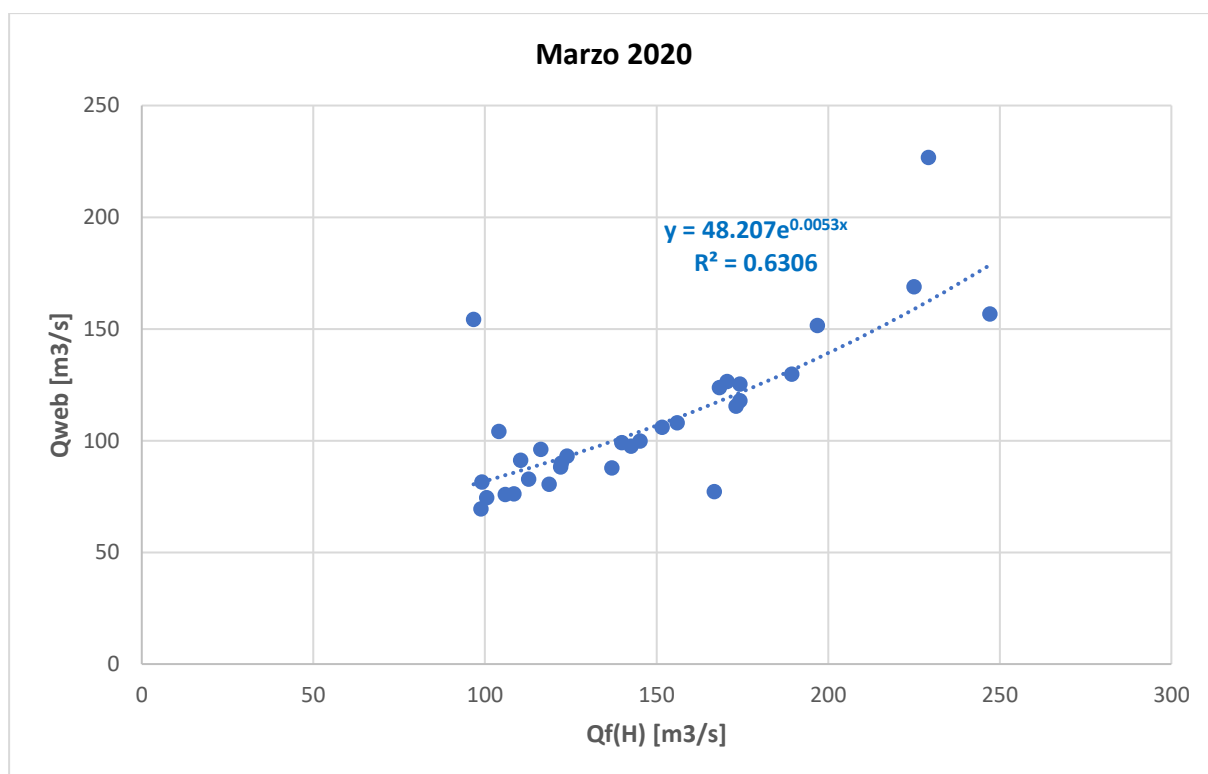
**Figura 72. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de enero del año 2020.**

Fuente: Elaboración propia



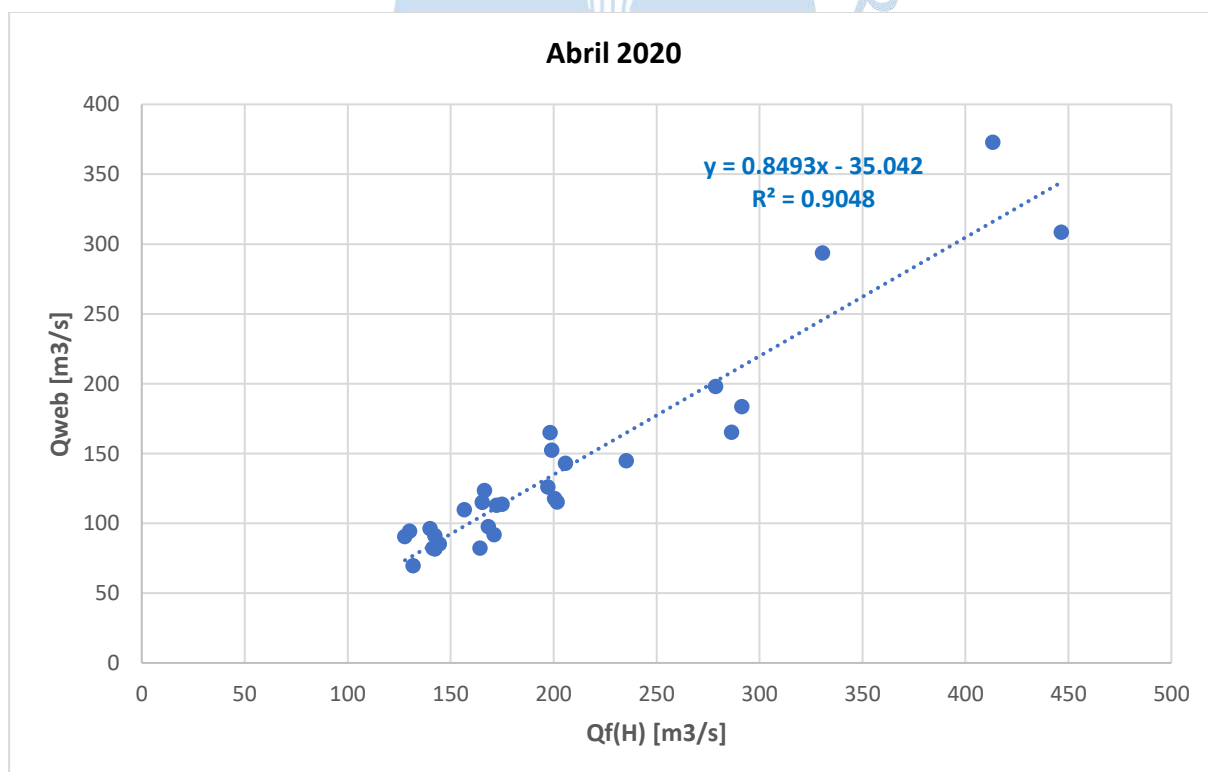
**Figura 73. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de febrero del año 2020.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 74. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de marzo del año 2020.**

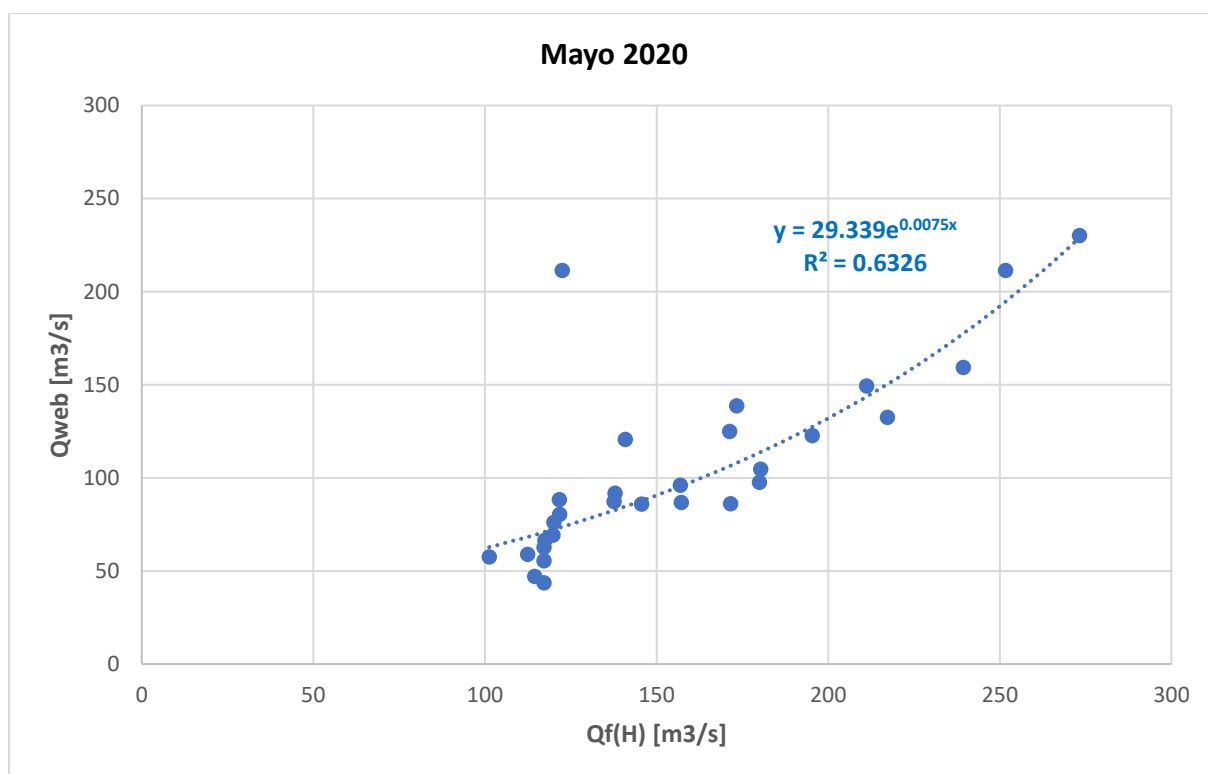
Fuente: Elaboración propia



**Figura 75. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de abril del año 2020.**

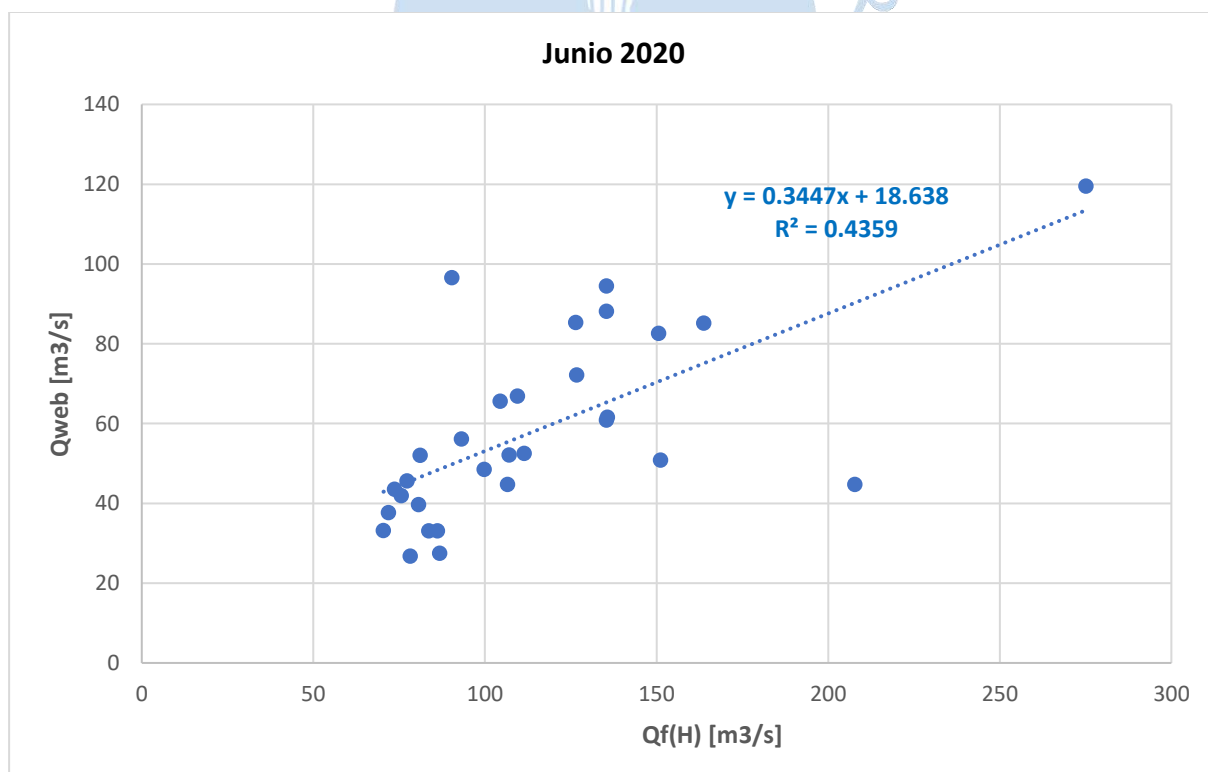
Fuente: Elaboración propia





**Figura 76. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de mayo del año 2020.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 77. Gráfico de comparación de caudales Qf(H) vs Qweb para el mes de junio del año 2020.**

Fuente: Elaboración propia



## Apéndice B. Datos de ingreso al modelo de predicción por regresión múltiple

**Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.**

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
1/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/09/1982	0.00	0.60	0.90	0.63	0.42	0.00	0.00	0.00%
23/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/09/1982	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/09/1982	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/09/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones pluviométricas [mm]				Lluvia en cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
11/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/10/1982	0.00	0.00	0.80	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
20/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/10/1982	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
23/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/10/1982	1.60	12.50	4.10	13.21	8.80	0.00	0.00	0.00%
26/10/1982	0.00	2.50	0.00	2.64	1.63	0.00	0.00	0.00%
27/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/10/1982	0.00	0.00	0.80	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
30/10/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/10/1982	0.00	1.30	1.20	1.37	0.89	0.00	0.00	0.00%
1/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/11/1982	0.00	0.30	11.20	0.32	0.53	0.00	0.00	0.00%
3/11/1982	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
4/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/11/1982	0.00	2.00	11.10	2.11	1.64	0.00	0.00	0.00%
10/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/11/1982	0.00	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
12/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/11/1982	0.00	0.50	0.00	0.53	0.33	0.00	0.00	0.00%
16/11/1982	0.00	0.80	3.50	0.85	0.63	0.00	0.00	0.00%
17/11/1982	0.00	0.20	0.60	0.21	0.15	0.00	0.00	0.00%
18/11/1982	0.00	1.30	1.40	1.37	0.89	0.00	0.00	0.00%
19/11/1982	0.00	0.10	0.10	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
20/11/1982	0.00	2.70	0.80	2.85	1.79	0.00	0.00	0.00%
21/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
22/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/11/1982	0.00	4.70	16.00	4.97	3.55	0.00	0.00	0.00%
25/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/11/1982	2.30	2.60	0.00	2.75	2.43	0.00	0.00	0.00%
30/11/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/12/1982	0.00	0.30	2.40	0.32	0.27	0.00	0.00	0.00%
2/12/1982	2.20	3.10	7.40	3.27	2.94	0.00	0.00	0.00%
3/12/1982	0.00	0.20	2.70	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00%
4/12/1982	2.70	12.50	47.70	13.21	10.45	0.00	0.00	0.00%
5/12/1982	0.00	4.30	0.80	4.54	2.84	0.00	0.00	0.00%
6/12/1982	0.00	4.20	4.60	4.44	2.88	0.00	0.00	0.00%
7/12/1982	0.00	0.40	6.20	0.42	0.45	0.00	0.00	0.00%
8/12/1982	16.50	18.30	6.30	19.33	17.38	0.00	0.00	0.00%
9/12/1982	0.00	1.40	5.90	1.48	1.09	0.00	0.00	0.00%
10/12/1982	0.00	3.30	14.80	3.49	2.60	0.00	0.00	0.00%
11/12/1982	0.00	2.10	18.20	2.22	1.92	0.00	0.00	0.00%
12/12/1982	0.00	8.30	18.50	8.77	5.98	0.00	0.00	0.00%
13/12/1982	3.00	3.30	0.90	3.49	3.13	0.00	0.00	0.00%
14/12/1982	0.00	0.30	0.00	0.32	0.20	0.00	0.00	0.00%
15/12/1982	2.90	4.10	3.90	4.33	3.72	0.00	0.00	0.00%
16/12/1982	0.00	1.40	3.20	1.48	1.01	0.00	0.00	0.00%
17/12/1982	0.00	0.80	24.50	0.85	1.26	0.00	0.00	0.00%
18/12/1982	0.00	0.00	4.50	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00%
19/12/1982	0.00	0.20	0.40	0.21	0.14	0.00	0.00	0.00%
20/12/1982	0.00	3.30	5.40	3.49	2.32	0.00	0.00	0.00%
21/12/1982	0.00	13.60	4.30	14.37	9.02	0.00	0.00	0.00%
22/12/1982	21.80	35.00	2.20	36.97	29.85	0.00	0.00	0.00%
23/12/1982	6.60	7.30	0.00	7.71	6.86	0.00	0.00	0.00%
24/12/1982	0.00	0.70	3.80	0.74	0.57	0.00	0.00	0.00%
25/12/1982	0.00	0.10	0.70	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00%
26/12/1982	0.00	28.40	37.00	30.00	19.68	0.00	0.00	0.00%
27/12/1982	0.00	15.60	57.00	16.48	11.90	0.00	0.00	0.00%
28/12/1982	0.00	5.10	100.80	5.39	6.35	0.00	0.00	0.00%
29/12/1982	0.00	0.10	0.40	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00%
30/12/1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/12/1982	0.00	0.10	1.10	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00%
1/01/1983	20.20	27.10	3.60	28.63	24.22	0.00	0.00	0.00%
2/01/1983	30.00	47.10	109.70	49.76	43.57	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
3/01/1983	10.60	66.30	55.10	70.04	48.35	1.45	72.23	2.01%
4/01/1983	6.00	72.10	2.70	76.17	49.12	1.63	108.60	1.50%
5/01/1983	0.00	26.00	28.00	27.47	17.84	0.00	0.00	0.00%
6/01/1983	12.00	13.40	0.20	14.16	12.57	0.00	0.00	0.00%
7/01/1983	26.80	30.50	3.20	32.22	28.52	0.00	0.00	0.00%
8/01/1983	13.00	14.30	1.10	15.11	13.50	0.00	0.00	0.00%
9/01/1983	78.60	86.70	0.30	91.59	81.57	16.22	34.91	46.46%
10/01/1983	39.40	43.80	4.60	46.27	41.25	0.00	0.00	0.00%
11/01/1983	15.70	30.00	39.50	31.69	25.77	0.00	0.00	0.00%
12/01/1983	16.90	44.00	157.80	46.48	38.84	0.00	0.00	0.00%
13/01/1983	2.70	69.00	40.20	72.89	47.17	1.20	102.47	1.17%
14/01/1983	19.70	22.40	11.40	23.66	21.22	0.00	0.00	0.00%
15/01/1983	19.70	21.70	9.80	22.92	20.72	0.00	0.00	0.00%
16/01/1983	0.00	0.10	0.90	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00%
17/01/1983	42.00	46.30	1.30	48.91	43.60	0.00	0.00	0.00%
18/01/1983	19.60	21.90	21.40	23.14	21.16	0.00	0.00	0.00%
19/01/1983	0.00	30.30	15.00	32.01	20.26	0.00	0.00	0.00%
20/01/1983	0.00	1.50	41.40	1.58	2.22	0.00	0.00	0.00%
21/01/1983	0.00	0.30	7.30	0.32	0.41	0.00	0.00	0.00%
22/01/1983	42.10	46.50	3.90	49.12	43.84	0.00	0.00	0.00%
23/01/1983	0.50	1.70	12.80	1.80	1.65	0.00	0.00	0.00%
24/01/1983	31.90	56.00	11.30	59.16	47.05	1.18	88.82	1.33%
25/01/1983	12.50	61.00	13.80	64.44	44.25	0.00	0.00	0.00%
26/01/1983	0.00	2.60	11.90	2.75	2.06	0.00	0.00	0.00%
27/01/1983	0.00	0.50	8.80	0.50	0.59	0.00	0.00	0.00%
28/01/1983	55.10	78.10	209.10	82.50	74.76	12.13	149.13	8.13%
29/01/1983	0.00	38.50	30.60	40.67	26.09	0.00	0.00	0.00%
30/01/1983	7.40	8.60	2.80	9.09	8.05	0.00	0.00	0.00%
31/01/1983	25.80	28.50	8.00	30.11	27.04	0.00	0.00	0.00%
1/02/1983	5.00	5.50	0.50	5.81	5.19	0.00	0.00	0.00%
2/02/1983	4.20	4.70	0.40	4.97	4.41	0.00	0.00	0.00%
3/02/1983	0.00	10.00	0.00	11.10	6.54	0.00	0.00	0.00%
4/02/1983	9.20	77.10	72.50	81.45	55.49	3.42	145.07	2.36%
5/02/1983	4.40	27.70	17.50	29.26	20.03	0.00	0.00	0.00%
6/02/1983	4.60	9.50	36.50	10.04	8.76	0.00	0.00	0.00%
7/02/1983	0.00	37.20	25.50	39.30	25.09	0.00	0.00	0.00%
8/02/1983	2.00	2.20	11.00	2.32	2.40	0.00	0.00	0.00%
9/02/1983	0.00	0.10	11.50	0.11	0.41	0.00	0.00	0.00%
10/02/1983	0.00	3.00	60.50	3.17	3.77	0.00	0.00	0.00%
11/02/1983	5.70	6.30	2.50	6.66	6.00	0.00	0.00	0.00%
12/02/1983	0.00	20.30	46.50	21.44	14.66	0.00	0.00	0.00%
13/02/1983	0.00	24.20	51.50	25.56	17.36	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.



Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
14/02/1983	71.90	79.90	19.90	84.41	75.59	12.60	85.54	14.74%
15/02/1983	0.00	0.00	1.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00%
16/02/1983	23.10	25.50	4.70	26.94	24.12	0.00	0.00	0.00%
17/02/1983	34.10	37.80	4.90	39.93	35.65	0.00	0.00	0.00%
18/02/1983	28.00	32.70	0.00	34.54	30.24	0.00	0.00	0.00%
19/02/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/02/1983	0.00	0.00	0.80	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
21/02/1983	7.30	8.30	11.10	8.77	8.07	0.00	0.00	0.00%
22/02/1983	0.60	1.40	0.00	1.48	1.11	0.00	0.00	0.00%
23/02/1983	2.80	3.10	6.00	3.27	3.09	0.00	0.00	0.00%
24/02/1983	0.00	0.40	0.00	0.42	0.26	0.00	0.00	0.00%
25/02/1983	2.00	2.20	0.00	2.32	2.07	0.00	0.00	0.00%
26/02/1983	0.00	8.40	2.40	8.87	5.56	0.00	0.00	0.00%
27/02/1983	82.40	91.30	0.00	96.45	85.78	18.97	49.25	38.52%
28/02/1983	0.00	0.10	4.70	0.11	0.21	0.00	0.00	0.00%
1/03/1983	8.00	11.00	20.10	11.70	10.33	0.00	0.00	0.00%
2/03/1983	4.30	99.70	39.70	105.32	67.74	8.44	100.22	8.42%
3/03/1983	50.70	67.00	41.20	70.78	61.09	5.47	76.20	7.18%
4/03/1983	4.10	6.10	7.90	6.44	5.52	0.00	0.00	0.00%
5/03/1983	0.00	63.20	19.80	66.76	41.91	0.00	0.00	0.00%
6/03/1983	20.20	24.00	3.20	25.35	22.18	0.00	0.00	0.00%
7/03/1983	23.90	38.40	18.10	40.57	33.21	0.00	0.00	0.00%
8/03/1983	10.00	13.60	9.80	14.37	12.35	0.00	0.00	0.00%
9/03/1983	9.00	13.10	3.40	13.84	11.52	0.00	0.00	0.00%
10/03/1983	9.30	51.80	7.40	54.72	37.03	0.00	0.00	0.00%
11/03/1983	54.20	59.80	1.00	63.17	56.28	3.69	99.96	3.69%
12/03/1983	31.10	34.30	0.50	36.23	32.28	0.00	0.00	0.00%
13/03/1983	44.00	51.10	39.80	53.98	48.53	1.49	52.62	2.84%
14/03/1983	0.00	124.70	2.50	131.73	81.61	16.24	109.73	14.80%
15/03/1983	14.30	28.70	26.80	30.32	24.09	0.00	0.00	0.00%
16/03/1983	29.90	48.40	19.50	51.13	41.69	0.00	0.00	0.00%
17/03/1983	0.00	5.20	3.80	5.49	3.51	0.00	0.00	0.00%
18/03/1983	44.50	53.30	106.50	56.31	52.12	2.40	95.04	2.52%
19/03/1983	8.50	9.40	0.60	9.93	8.85	0.00	0.00	0.00%
20/03/1983	22.30	57.10	23.80	60.32	45.10	0.82	60.65	1.35%
21/03/1983	0.00	68.20	39.10	72.05	45.76	0.93	121.65	0.77%
22/03/1983	0.00	0.60	14.60	0.63	0.83	0.00	0.00	0.00%
23/03/1983	51.20	62.40	45.50	65.90	58.36	4.42	123.98	3.57%
24/03/1983	5.30	146.50	114.30	154.76	100.88	30.14	177.90	16.94%
25/03/1983	4.60	12.00	24.10	12.68	10.02	0.00	0.00	0.00%
26/03/1983	11.30	13.90	6.40	14.68	12.86	0.00	0.00	0.00%
27/03/1983	74.60	86.30	53.40	91.17	81.63	16.26	83.55	19.46%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
28/03/1983	73.60	82.20	0.60	86.84	77.06	13.46	103.25	13.03%
29/03/1983	0.00	16.50	43.80	17.43	12.10	0.00	0.00	0.00%
30/03/1983	7.90	21.00	2.40	22.18	16.30	0.00	0.00	0.00%
31/03/1983	112.90	129.70	32.90	137.02	121.52	48.15	146.19	32.93%
1/04/1983	20.00	63.70	14.30	67.30	48.41	1.47	94.69	1.55%
2/04/1983	13.30	14.70	0.00	15.53	13.82	0.00	0.00	0.00%
3/04/1983	4.70	61.30	0.60	64.76	41.59	0.00	0.00	0.00%
4/04/1983	38.70	46.30	2.40	48.91	42.59	0.00	0.00	0.00%
5/04/1983	11.30	74.90	28.90	79.12	53.41	2.77	90.46	3.06%
6/04/1983	95.20	96.40	52.70	99.00	94.73	25.36	163.21	15.54%
7/04/1983	21.10	23.50	4.70	24.83	22.18	0.00	0.00	0.00%
8/04/1983	23.70	36.60	34.70	38.66	32.47	0.00	0.00	0.00%
9/04/1983	53.80	23.30	3.70	23.60	32.37	0.00	0.00	0.00%
10/04/1983	0.00	37.70	107.00	39.83	27.85	0.00	0.00	0.00%
11/04/1983	20.00	29.30	40.60	30.95	26.70	0.00	0.00	0.00%
12/04/1983	7.70	51.90	72.90	54.83	38.55	0.00	0.00	0.00%
13/04/1983	105.00	116.10	51.60	122.60	110.69	38.34	213.32	17.97%
14/04/1983	31.90	4.00	7.00	42.30	13.02	0.00	0.00	0.00%
15/04/1983	6.60	7.40	5.20	7.82	7.08	0.00	0.00	0.00%
16/04/1983	77.50	85.90	0.00	90.74	80.69	15.66	117.59	13.32%
17/04/1983	0.00	0.50	86.40	0.53	2.91	0.00	0.00	0.00%
18/04/1983	14.60	18.10	0.10	19.12	16.46	0.00	0.00	0.00%
19/04/1983	32.20	39.50	23.00	41.73	36.71	0.00	0.00	0.00%
20/04/1983	0.50	2.40	1.10	2.54	1.76	0.00	0.00	0.00%
21/04/1983	2.20	13.50	83.00	14.26	12.00	0.00	0.00	0.00%
22/04/1983	56.50	67.90	7.80	71.73	62.51	6.06	162.09	3.74%
23/04/1983	59.80	117.50	60.80	124.13	97.57	27.53	126.66	21.73%
24/04/1983	8.60	114.70	0.20	121.20	77.72	13.85	155.26	8.92%
25/04/1983	7.50	9.80	9.40	10.40	9.06	0.00	0.00	0.00%
26/04/1983	15.60	17.30	8.00	18.28	16.49	0.00	0.00	0.00%
27/04/1983	0.00	27.30	5.50	28.84	18.01	0.00	0.00	0.00%
28/04/1983	40.90	45.90	3.00	48.49	43.05	0.00	0.00	0.00%
29/04/1983	78.70	96.90	4.30	102.40	88.39	20.76	99.36	20.90%
30/04/1983	44.80	51.20	8.30	54.10	47.90	1.36	65.92	2.06%
1/05/1983	41.50	34.00	0.60	54.00	35.43	0.00	0.00	0.00%
2/05/1983	35.70	39.40	0.60	41.62	37.08	0.00	0.00	0.00%
3/05/1983	6.40	7.80	0.20	8.24	7.13	0.00	0.00	0.00%
4/05/1983	8.40	9.50	0.10	10.04	8.87	0.00	0.00	0.00%
5/05/1983	18.30	20.20	0.00	21.34	19.00	0.00	0.00	0.00%
6/05/1983	0.00	1.80	1.40	1.90	1.22	0.00	0.00	0.00%
7/05/1983	82.20	92.70	0.30	97.93	86.64	19.55	58.32	33.53%
8/05/1983	49.80	54.90	0.10	58.00	51.66	2.27	51.24	4.43%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
9/05/1983	15.70	17.30	2.00	18.28	16.34	0.00	0.00	0.00%
10/05/1983	0.00	0.20	0.30	0.21	0.14	0.00	0.00	0.00%
11/05/1983	0.70	0.80	0.00	0.85	0.74	0.00	0.00	0.00%
12/05/1983	1.40	70.30	14.60	74.26	46.84	1.14	41.47	2.74%
13/05/1983	0.00	17.40	7.50	18.38	11.60	0.00	0.00	0.00%
14/05/1983	0.00	10.20	54.40	10.78	8.30	0.00	0.00	0.00%
15/05/1983	32.60	62.50	0.00	66.03	51.18	2.14	138.50	1.55%
16/05/1983	0.00	60.00	73.30	63.38	41.42	0.00	0.00	0.00%
17/05/1983	0.00	32.50	0.60	34.33	21.27	0.00	0.00	0.00%
18/05/1983	44.10	50.70	9.10	53.56	47.38	1.25	125.63	0.99%
19/05/1983	32.30	51.60	56.90	54.51	45.66	0.92	105.41	0.87%
20/05/1983	102.50	113.90	5.20	120.32	107.07	35.23	131.67	26.76%
21/05/1983	7.50	8.30	0.80	8.77	7.82	0.00	0.00	0.00%
22/05/1983	0.00	20.10	0.80	21.23	13.17	0.00	0.00	0.00%
23/05/1983	13.70	25.50	3.60	26.94	21.12	0.00	0.00	0.00%
24/05/1983	0.60	1.70	14.70	1.80	1.74	0.00	0.00	0.00%
25/05/1983	0.00	5.90	5.90	6.23	4.03	0.00	0.00	0.00%
26/05/1983	12.50	15.00	3.40	15.85	13.87	0.00	0.00	0.00%
27/05/1983	2.50	6.10	14.10	6.44	5.20	0.00	0.00	0.00%
28/05/1983	3.60	10.00	10.80	10.56	8.00	0.00	0.00	0.00%
29/05/1983	10.40	16.40	0.00	17.32	14.01	0.00	0.00	0.00%
30/05/1983	2.10	2.30	5.80	2.43	2.34	0.00	0.00	0.00%
31/05/1983	0.00	0.00	0.70	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
1/06/1983	0.00	0.00	0.90	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
2/06/1983	0.00	72.70	1.50	76.80	47.58	1.29	75.69	1.70%
3/06/1983	17.00	85.50	19.70	90.32	61.87	5.79	146.28	3.96%
4/06/1983	4.70	105.00	7.30	110.92	70.36	9.75	108.09	9.02%
5/06/1983	137.20	157.70	0.10	166.59	146.54	73.29	103.85	70.57%
6/06/1983	6.00	79.00	0.00	83.46	53.55	2.81	81.48	3.45%
7/06/1983	2.60	2.90	0.00	3.06	2.72	0.00	0.00	0.00%
8/06/1983	0.00	30.30	42.60	32.01	21.09	0.00	0.00	0.00%
9/06/1983	0.00	1.70	0.80	1.80	1.14	0.00	0.00	0.00%
10/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/06/1983	0.00	0.00	0.70	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
13/06/1983	0.00	1.10	0.40	1.16	0.73	0.00	0.00	0.00%
14/06/1983	54.50	60.40	3.80	63.81	56.85	3.88	43.20	8.99%
15/06/1983	67.00	60.10	0.40	68.00	60.52	5.25	48.73	10.77%
16/06/1983	0.00	0.00	5.10	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00%
17/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/06/1983	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
19/06/1983	4.20	4.60	0.00	4.86	4.34	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
20/06/1983	2.50	2.90	0.00	3.06	2.69	0.00	0.00	0.00%
21/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/06/1983	1.80	2.00	0.00	2.11	1.88	0.00	0.00	0.00%
23/06/1983	11.70	12.90	0.00	13.63	12.14	0.00	0.00	0.00%
24/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/06/1983	4.50	5.00	0.00	5.28	4.69	0.00	0.00	0.00%
26/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/06/1983	0.00	0.00	0.70	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
28/06/1983	0.00	0.00	0.50	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
29/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/06/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/07/1983	0.00	0.00	1.60	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
4/07/1983	0.00	0.00	1.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00%
5/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/07/1983	0.00	0.00	5.60	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00%
7/07/1983	0.00	1.10	4.60	1.16	0.86	0.00	0.00	0.00%
8/07/1983	0.00	0.30	0.00	0.32	0.20	0.00	0.00	0.00%
9/07/1983	0.00	0.10	1.50	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00%
10/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/07/1983	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
16/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/07/1983	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
18/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/07/1983	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
20/07/1983	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
21/07/1983	0.00	0.00	0.50	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
22/07/1983	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/07/1983	5.40	6.00	0.00	6.34	5.63	0.00	0.00	0.00%
26/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/07/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
1/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/08/1983	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
5/08/1983	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
6/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/08/1983	0.00	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
9/08/1983	0.00	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
10/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/08/1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/09/1997	0.00	0.00	2.60	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00%
5/09/1997	0.00	0.00	1.80	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
6/09/1997	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
7/09/1997	0.00	0.00	1.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
8/09/1997	0.00	0.00	0.50	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
9/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
12/09/1997	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
13/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/09/1997	0.00	0.00	30.60	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00%
16/09/1997	0.00	0.00	7.60	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00%
17/09/1997	0.00	0.00	2.40	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00%
18/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/09/1997	0.00	0.00	0.60	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
20/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/09/1997	0.00	0.00	2.70	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00%
24/09/1997	0.00	3.90	0.80	4.12	2.57	0.00	0.00	0.00%
25/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/09/1997	0.00	0.00	0.90	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
27/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/09/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/10/1997	0.00	0.00	1.80	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
2/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/10/1997	0.00	0.00	15.80	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00%
5/10/1997	0.00	0.00	1.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00%
6/10/1997	0.00	5.80	0.10	6.13	3.80	0.00	0.00	0.00%
7/10/1997	0.00	0.00	3.20	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00%
8/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/10/1997	0.00	0.00	5.70	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00%
15/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/10/1997	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
18/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/10/1997	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
23/10/1997	18.00	17.00	0.00	17.96	16.81	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.



Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
24/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/10/1997	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
30/10/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/10/1997	0.00	0.00	7.70	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00%
1/11/1997	0.00	0.00	0.90	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
2/11/1997	0.00	10.70	0.00	11.30	7.00	0.00	0.00	0.00%
3/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/11/1997	0.00	0.00	15.70	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00%
5/11/1997	0.00	0.00	5.70	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00%
6/11/1997	0.00	0.00	1.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
7/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/11/1997	0.00	3.50	0.60	3.70	2.31	0.00	0.00	0.00%
9/11/1997	2.00	0.00	3.90	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00%
10/11/1997	0.00	0.00	3.40	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00%
11/11/1997	0.00	0.00	1.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
12/11/1997	0.00	2.60	1.90	2.75	1.76	0.00	0.00	0.00%
13/11/1997	0.00	0.00	4.40	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00%
14/11/1997	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
15/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/11/1997	0.00	2.60	1.60	2.75	1.75	0.00	0.00	0.00%
17/11/1997	0.00	2.50	8.70	2.64	1.89	0.00	0.00	0.00%
18/11/1997	0.00	0.00	19.10	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00%
19/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/11/1997	0.00	6.20	3.10	6.55	4.15	0.00	0.00	0.00%
21/11/1997	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
22/11/1997	0.00	0.00	1.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
23/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/11/1997	0.00	0.00	0.70	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
26/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/11/1997	0.00	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
28/11/1997	0.00	0.00	1.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
29/11/1997	0.00	0.00	5.10	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00%
30/11/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/12/1997	3.50	0.00	0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00%
2/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/12/1997	10.80	10.70	0.00	11.30	10.41	0.00	0.00	0.00%
4/12/1997	26.30	0.00	0.00	0.00	8.32	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
5/12/1997	8.50	0.00	0.00	0.00	2.69	0.00	0.00	0.00%
6/12/1997	13.00	12.00	0.00	12.70	11.96	0.00	0.00	0.00%
7/12/1997	9.00	0.00	0.00	0.00	2.85	0.00	0.00	0.00%
8/12/1997	3.50	8.60	9.10	8.50	7.00	0.00	0.00	0.00%
9/12/1997	0.00	2.90	3.10	3.06	1.99	0.00	0.00	0.00%
10/12/1997	0.00	14.10	15.00	14.90	9.67	0.00	0.00	0.00%
11/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/12/1997	73.50	70.00	0.00	73.95	69.03	9.07	37.49	24.21%
16/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/12/1997	6.30	6.00	0.00	6.34	5.92	0.00	0.00	0.00%
18/12/1997	48.50	45.00	0.00	47.54	44.77	0.76	87.45	0.87%
19/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/12/1997	0.00	59.90	63.60	63.28	41.07	0.00	0.00	0.00%
22/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/12/1997	42.40	40.00	0.00	42.26	39.57	0.00	0.00	0.00%
25/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/12/1997	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/12/1997	0.50	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00%
28/12/1997	2.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00%
29/12/1997	5.50	5.00	0.00	5.28	5.01	0.00	0.00	0.00%
30/12/1997	85.20	82.00	0.00	86.62	80.58	15.59	110.23	14.15%
31/12/1997	9.80	9.00	0.00	9.50	8.99	0.00	0.00	0.00%
1/01/1998	8.40	0.30	16.60	0.32	3.35	0.00	0.00	0.00%
2/01/1998	14.80	10.00	16.60	10.56	11.72	0.00	0.00	0.00%
3/01/1998	9.80	9.00	0.00	9.50	8.99	0.00	0.00	0.00%
4/01/1998	57.50	51.70	0.00	54.62	52.00	2.37	18.20	12.99%
5/01/1998	13.40	7.90	0.40	8.35	9.42	0.00	0.00	0.00%
6/01/1998	13.70	10.50	0.00	11.09	11.20	0.00	0.00	0.00%
7/01/1998	4.70	28.90	0.00	30.53	20.38	0.00	0.00	0.00%
8/01/1998	0.00	79.90	0.00	84.41	52.24	2.43	49.08	4.96%
9/01/1998	58.30	52.40	2.00	55.36	52.77	2.58	61.76	4.18%
10/01/1998	0.00	14.10	0.00	14.90	9.22	0.00	0.00	0.00%
11/01/1998	13.30	10.00	0.20	10.56	10.75	0.00	0.00	0.00%
12/01/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/01/1998	0.00	50.70	0.10	53.56	33.15	0.00	0.00	0.00%
14/01/1998	0.00	0.00	2.10	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00%
15/01/1998	19.40	15.00	0.00	15.85	15.95	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
16/01/1998	21.30	20.00	0.00	21.13	19.82	0.00	0.00	0.00%
17/01/1998	50.60	44.00	0.00	46.48	44.78	0.77	139.23	0.55%
18/01/1998	57.40	54.00	2.30	57.05	53.54	2.81	112.60	2.50%
19/01/1998	28.60	21.60	0.90	22.82	23.20	0.00	0.00	0.00%
20/01/1998	149.20	147.60	1.20	148.60	143.75	70.33	127.10	55.34%
21/01/1998	45.70	40.00	1.40	42.26	40.66	0.00	0.00	0.00%
22/01/1998	14.40	14.10	0.00	14.90	13.78	0.00	0.00	0.00%
23/01/1998	8.00	8.00	0.00	8.45	7.76	0.00	0.00	0.00%
24/01/1998	146.60	122.50	0.00	123.80	126.48	52.87	91.90	57.54%
25/01/1998	0.00	39.00	0.00	46.80	25.51	0.00	0.00	0.00%
26/01/1998	0.70	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00%
27/01/1998	85.40	78.00	0.00	82.40	78.03	14.03	65.42	21.45%
28/01/1998	4.60	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00%
29/01/1998	104.30	104.00	0.00	109.87	101.01	30.24	59.96	50.43%
30/01/1998	102.80	100.00	0.10	105.64	97.92	27.80	76.97	36.12%
31/01/1998	40.50	43.00	0.00	45.43	40.93	0.00	0.00	0.00%
1/02/1998	14.60	11.10	0.00	11.73	11.88	0.00	0.00	0.00%
2/02/1998	10.20	10.00	1.70	10.56	9.82	0.00	0.00	0.00%
3/02/1998	22.60	20.00	0.10	21.13	20.23	0.00	0.00	0.00%
4/02/1998	0.00	0.40	0.70	0.40	0.28	0.00	0.00	0.00%
5/02/1998	0.00	0.00	2.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00%
6/02/1998	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
7/02/1998	0.80	0.80	2.50	0.85	0.85	0.00	0.00	0.00%
8/02/1998	139.80	130.00	1.60	137.33	129.29	55.61	208.10	26.72%
9/02/1998	87.70	78.70	0.00	83.10	79.21	14.75	129.70	11.37%
10/02/1998	11.60	7.60	0.40	8.03	8.65	0.00	0.00	0.00%
11/02/1998	18.50	70.90	0.80	74.90	52.24	2.43	78.56	3.09%
12/02/1998	0.00	5.10	1.90	5.39	3.39	0.00	0.00	0.00%
13/02/1998	0.00	120.70	0.00	127.51	78.92	14.57	80.87	18.02%
14/02/1998	0.00	4.70	6.60	4.97	3.27	0.00	0.00	0.00%
15/02/1998	18.20	12.10	6.10	12.78	13.85	0.00	0.00	0.00%
16/02/1998	0.00	47.30	1.20	49.97	30.96	0.00	0.00	0.00%
17/02/1998	68.40	60.00	5.60	63.38	61.05	5.46	42.64	12.80%
18/02/1998	0.00	1.80	4.10	1.90	1.30	0.00	0.00	0.00%
19/02/1998	23.60	82.60	42.80	87.26	62.76	6.16	99.64	6.19%
20/02/1998	10.50	0.00	6.50	0.00	3.52	0.00	0.00	0.00%
21/02/1998	74.50	71.70	1.40	75.74	70.50	9.82	197.23	4.98%
22/02/1998	12.00	97.00	0.00	102.47	67.22	8.19	165.35	4.95%
23/02/1998	0.00	97.30	0.00	102.79	63.62	6.54	195.18	3.35%
24/02/1998	6.30	52.50	0.00	55.46	36.32	0.00	0.00	0.00%
25/02/1998	33.10	81.20	0.20	85.78	63.57	6.52	127.06	5.13%
26/02/1998	8.00	1.90	0.00	2.01	3.77	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
27/02/1998	15.60	71.30	1.90	75.32	51.61	2.26	220.74	1.02%
28/02/1998	0.00	11.50	0.30	12.15	7.53	0.00	0.00	0.00%
1/03/1998	10.90	45.60	0.00	48.17	33.26	0.00	0.00	0.00%
2/03/1998	7.60	0.00	0.00	0.00	2.41	0.00	0.00	0.00%
3/03/1998	57.00	48.00	0.10	50.71	49.43	1.70	120.82	1.41%
4/03/1998	2.10	1.50	0.40	1.58	1.66	0.00	0.00	0.00%
5/03/1998	0.00	6.80	0.90	7.18	4.47	0.00	0.00	0.00%
6/03/1998	0.00	56.80	0.00	60.00	37.14	0.00	0.00	0.00%
7/03/1998	72.20	65.00	0.00	68.67	65.35	7.31	135.13	5.41%
8/03/1998	45.50	76.80	0.00	81.13	64.62	6.98	112.43	6.21%
9/03/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/03/1998	18.20	8.20	0.00	8.66	11.12	0.00	0.00	0.00%
11/03/1998	24.70	28.60	0.00	30.21	26.52	0.00	0.00	0.00%
12/03/1998	84.20	72.80	0.00	76.91	74.25	11.84	134.52	8.80%
13/03/1998	18.30	10.00	0.00	10.56	12.33	0.00	0.00	0.00%
14/03/1998	127.00	120.00	0.00	126.77	118.66	45.48	128.92	35.28%
15/03/1998	45.30	49.30	0.00	52.08	46.57	1.08	199.15	0.54%
16/03/1998	84.40	75.90	0.00	80.18	76.34	13.04	145.73	8.94%
17/03/1998	0.00	11.60	2.40	12.25	7.66	0.00	0.00	0.00%
18/03/1998	0.00	4.10	0.70	4.33	2.70	0.00	0.00	0.00%
19/03/1998	19.00	0.00	0.00	0.00	6.01	0.00	0.00	0.00%
20/03/1998	0.00	40.60	0.10	42.89	26.55	0.00	0.00	0.00%
21/03/1998	68.20	65.30	0.00	68.98	64.28	6.83	165.89	4.12%
22/03/1998	0.00	88.70	0.40	93.70	58.01	4.29	110.71	3.88%
23/03/1998	37.80	11.10	0.10	11.73	19.22	0.00	0.00	0.00%
24/03/1998	17.10	19.60	0.00	20.71	18.23	0.00	0.00	0.00%
25/03/1998	34.40	30.00	0.00	31.69	30.50	0.00	0.00	0.00%
26/03/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/03/1998	0.00	10.30	0.00	10.88	6.73	0.00	0.00	0.00%
28/03/1998	55.70	77.20	0.00	81.55	68.11	8.62	151.98	5.67%
29/03/1998	0.00	16.30	0.20	17.22	10.66	0.00	0.00	0.00%
30/03/1998	95.30	90.40	0.00	95.50	89.27	21.38	234.12	9.13%
31/03/1998	0.00	191.40	23.40	202.19	125.84	52.26	218.20	23.95%
1/04/1998	5.80	1.50	0.00	1.58	2.82	0.00	0.00	0.00%
2/04/1998	0.00	7.80	0.00	8.24	5.10	0.00	0.00	0.00%
3/04/1998	0.00	10.40	0.10	10.99	6.80	0.00	0.00	0.00%
4/04/1998	0.00	0.00	35.60	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00%
5/04/1998	17.20	9.60	0.30	10.14	11.73	0.00	0.00	0.00%
6/04/1998	23.40	22.60	0.10	23.87	22.19	0.00	0.00	0.00%
7/04/1998	162.80	159.70	0.10	168.71	155.95	83.51	227.51	36.71%
8/04/1998	18.50	0.00	0.20	0.00	5.86	0.00	0.00	0.00%
9/04/1998	0.00	5.80	0.00	6.13	3.79	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
10/04/1998	20.40	76.40	0.10	80.71	56.41	3.73	311.43	1.20%
11/04/1998	0.00	80.00	0.00	84.51	52.31	2.45	239.06	1.03%
12/04/1998	2.50	28.60	0.10	30.21	19.49	0.00	0.00	0.00%
13/04/1998	3.80	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00%
14/04/1998	22.70	24.40	0.00	25.78	23.14	0.00	0.00	0.00%
15/04/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/04/1998	0.00	1.60	0.00	1.69	1.05	0.00	0.00	0.00%
17/04/1998	0.00	0.60	0.00	0.63	0.39	0.00	0.00	0.00%
18/04/1998	15.30	9.40	0.00	9.93	10.99	0.00	0.00	0.00%
19/04/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/04/1998	7.80	0.00	0.00	0.00	2.47	0.00	0.00	0.00%
21/04/1998	0.00	7.60	0.00	8.03	4.97	0.00	0.00	0.00%
22/04/1998	16.00	8.60	0.00	9.09	10.69	0.00	0.00	0.00%
23/04/1998	21.80	22.80	0.00	24.09	21.81	0.00	0.00	0.00%
24/04/1998	61.70	53.90	0.00	56.94	54.77	3.19	131.31	2.43%
25/04/1998	6.70	3.20	0.00	3.38	4.21	0.00	0.00	0.00%
26/04/1998	0.00	4.30	0.00	4.54	2.81	0.00	0.00	0.00%
27/04/1998	0.00	0.20	0.00	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00%
28/04/1998	20.50	21.70	0.00	22.92	20.68	0.00	0.00	0.00%
29/04/1998	0.00	1.70	0.00	1.80	1.11	0.00	0.00	0.00%
30/04/1998	3.80	2.90	0.00	3.06	3.10	0.00	0.00	0.00%
1/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/05/1998	0.00	0.00	1.80	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
8/05/1998	0.00	0.00	8.70	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00%
9/05/1998	0.00	0.00	4.60	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00%
10/05/1998	0.00	1.10	0.00	1.16	0.72	0.00	0.00	0.00%
11/05/1998	0.00	0.00	0.80	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
12/05/1998	7.60	7.00	0.00	7.39	6.98	0.00	0.00	0.00%
13/05/1998	0.00	5.90	15.60	6.23	4.32	0.00	0.00	0.00%
14/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/05/1998	8.40	8.00	0.00	8.45	7.89	0.00	0.00	0.00%
16/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/05/1998	0.00	0.00	4.80	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00%
19/05/1998	0.00	0.00	13.90	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00%
20/05/1998	0.00	0.00	2.30	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00%
21/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
22/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/05/1998	48.80	45.00	0.00	47.54	44.87	0.78	14.01	5.56%
24/05/1998	16.50	10.00	0.00	10.56	11.76	0.00	0.00	0.00%
25/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/05/1998	0.00	3.20	0.00	3.38	2.09	0.00	0.00	0.00%
27/05/1998	0.00	8.20	0.00	8.66	5.36	0.00	0.00	0.00%
28/05/1998	0.00	1.40	0.00	1.48	0.92	0.00	0.00	0.00%
29/05/1998	0.00	0.40	0.00	0.42	0.26	0.00	0.00	0.00%
30/05/1998	15.10	47.70	0.00	50.39	35.97	0.00	0.00	0.00%
31/05/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/06/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.



Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
3/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/07/1998	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/07/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
14/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/08/1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/09/2016	0.00	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
16/09/2016	0.00	1.20	0.00	1.27	0.78	0.00	0.00	0.00%
17/09/2016	0.00	2.10	0.00	2.22	1.37	0.00	0.00	0.00%
18/09/2016	0.00	1.00	0.00	1.06	0.65	0.00	0.00	0.00%
19/09/2016	0.00	0.30	0.00	0.32	0.20	0.00	0.00	0.00%
20/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/09/2016	0.00	0.60	0.00	0.63	0.39	0.00	0.00	0.00%
23/09/2016	0.00	0.20	0.00	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00%
24/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
25/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/09/2016	0.00	0.80	0.00	0.85	0.52	0.00	0.00	0.00%
30/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/10/2016	0.00	0.30	0.00	0.32	0.20	0.00	0.00	0.00%
3/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/10/2016	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
7/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/10/2016	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/10/2016	0.00	0.60	0.00	0.63	0.39	0.00	0.00	0.00%
12/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/10/2016	0.00	0.40	0.00	0.42	0.26	0.00	0.00	0.00%
15/10/2016	0.00	0.90	0.00	0.95	0.59	0.00	0.00	0.00%
16/10/2016	0.00	0.20	0.00	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00%
17/10/2016	0.00	0.20	0.00	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00%
18/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/10/2016	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/10/2016	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
6/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/11/2016	0.00	0.40	0.00	0.42	0.26	0.00	0.00	0.00%
26/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/12/2016	0.00	0.00	1.20	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00%
6/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/12/2016	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
16/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/12/2016	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
18/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/12/2016	0.00	0.30	0.00	0.32	0.20	0.00	0.00	0.00%
22/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/12/2016	0.00	0.20	0.00	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00%
24/12/2016	0.00	0.70	0.00	0.74	0.46	0.00	0.00	0.00%
25/12/2016	0.40	5.80	2.60	6.13	4.00	0.00	0.00	0.00%
26/12/2016	0.00	0.20	1.30	0.21	0.17	0.00	0.00	0.00%
27/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/12/2016	0.00	0.00	0.40	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
29/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/12/2016	0.20	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00%
1/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/01/2017	0.00	0.40	0.00	0.42	0.26	0.00	0.00	0.00%
3/01/2017	0.00	0.80	0.00	0.85	0.52	0.00	0.00	0.00%
4/01/2017	0.00	0.10	0.20	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
5/01/2017	0.00	0.00	0.50	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
6/01/2017	0.10	0.20	0.10	0.21	0.17	0.00	0.00	0.00%
7/01/2017	0.00	0.10	0.90	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00%
8/01/2017	0.00	0.00	3.50	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00%
9/01/2017	0.00	0.00	2.80	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00%
10/01/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/01/2017	0.00	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
13/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/01/2017	0.00	0.00	1.40	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00%
15/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/01/2017	0.00	0.20	0.00	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00%
21/01/2017	2.70	3.70	0.00	3.91	3.27	0.00	0.00	0.00%
22/01/2017	0.00	0.10	32.30	0.11	1.03	0.00	0.00	0.00%
23/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/01/2017	0.60	23.00	9.10	24.30	15.50	0.00	0.00	0.00%
25/01/2017	13.50	27.30	18.00	28.84	22.66	0.00	0.00	0.00%
26/01/2017	0.00	0.00	1.80	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
27/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/01/2017	3.80	0.50	7.00	0.53	1.74	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
29/01/2017	5.00	5.60	0.30	5.92	5.25	0.00	0.00	0.00%
30/01/2017	21.20	6.40	7.20	6.76	11.11	0.00	0.00	0.00%
31/01/2017	20.00	57.20	108.50	60.43	46.97	1.16	35.34	3.29%
1/02/2017	31.50	53.40	46.10	56.41	46.26	1.03	29.85	3.44%
2/02/2017	19.70	8.20	4.20	8.66	11.72	0.00	0.00	0.00%
3/02/2017	2.80		2.90	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00%
4/02/2017	6.70	2.80	34.40	2.96	4.98	0.00	0.00	0.00%
5/02/2017	1.50	0.10	0.10	0.11	0.54	0.00	0.00	0.00%
6/02/2017	4.30	12.90	1.60	13.63	9.84	0.00	0.00	0.00%
7/02/2017	0.30	3.30	31.00	3.49	3.18	0.00	0.00	0.00%
8/02/2017	3.00	13.90	0.00	14.68	10.04	0.00	0.00	0.00%
9/02/2017	0.60	4.70	68.70	4.97	5.32	0.00	0.00	0.00%
10/02/2017	27.00	31.40	54.60	33.17	30.71	0.00	0.00	0.00%
11/02/2017	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
12/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/02/2017	1.40	0.00	7.40	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00%
14/02/2017	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
15/02/2017	0.00	0.00	17.30	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00%
16/02/2017	3.20	0.80	76.60	0.85	3.83	0.00	0.00	0.00%
17/02/2017	1.10	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00%
18/02/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/02/2017	0.00	0.00	76.60	0.00	2.29	0.00	0.00	0.00%
20/02/2017	22.30	60.20	82.70	63.60	48.89	1.58	86.21	1.83%
21/02/2017	32.50	4.30	1.80	4.54	13.15	0.00	0.00	0.00%
22/02/2017	70.00	6.40	1.20	6.76	26.38	0.00	0.00	0.00%
23/02/2017	3.30	22.00	17.20	23.24	15.94	0.00	0.00	0.00%
24/02/2017	52.30	35.00	61.30	36.97	41.27	0.00	0.00	0.00%
25/02/2017	54.50	24.60	1.70	25.99	33.38	0.00	0.00	0.00%
26/02/2017	0.10	2.20	0.30	2.32	1.48	0.00	0.00	0.00%
27/02/2017	0.10	3.30	2.70	3.49	2.27	0.00	0.00	0.00%
28/02/2017	8.00	14.30	85.10	15.11	14.43	0.00	0.00	0.00%
1/03/2017	29.50	58.00	13.30	61.27	47.66	1.30	90.71	1.44%
2/03/2017	0.10	7.20	90.50	7.61	7.45	0.00	0.00	0.00%
3/03/2017	13.80	51.70	29.10	54.62	39.04	0.00	0.00	0.00%
4/03/2017	18.00	13.90	1.20	14.68	14.82	0.00	0.00	0.00%
5/03/2017	36.10	1.30	3.20	1.37	12.37	0.00	0.00	0.00%
6/03/2017	18.30	80.40	81.10	84.93	60.79	5.35	168.22	3.18%
7/03/2017	62.70	66.20	39.60	69.93	64.31	6.84	180.14	3.80%
8/03/2017	11.30	56.50	41.60	59.69	41.76	0.00	0.00	0.00%
9/03/2017	0.00	1.30	2.30	1.37	0.92	0.00	0.00	0.00%
10/03/2017	20.00	32.10	80.10	33.91	29.71	0.00	0.00	0.00%
11/03/2017	0.40	1.50	0.10	1.58	1.11	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.



Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
12/03/2017	11.20	19.40	21.30	20.49	16.87	0.00	0.00	0.00%
13/03/2017	17.90	9.10	14.20	9.61	12.04	0.00	0.00	0.00%
14/03/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/03/2017	2.40	0.30	16.00	0.32	1.43	0.00	0.00	0.00%
16/03/2017	18.00	11.80	55.30	12.47	15.07	0.00	0.00	0.00%
17/03/2017	3.30	62.60	21.50	66.13	42.62	0.45	130.46	0.34%
18/03/2017	11.60	10.20	19.80	10.78	10.93	0.00	0.00	0.00%
19/03/2017	9.60	15.50	83.50	16.37	15.67	0.00	0.00	0.00%
20/03/2017	6.00	7.40	44.00	7.82	8.05	0.00	0.00	0.00%
21/03/2017	111.60	192.50	210.60	203.36	167.48	96.52	236.95	40.74%
22/03/2017	1.90	1.40	0.10	1.48	1.52	0.00	0.00	0.00%
23/03/2017	1.10	10.30	3.10	10.88	7.18	0.00	0.00	0.00%
24/03/2017	11.60	26.90	5.30	28.42	21.42	0.00	0.00	0.00%
25/03/2017	39.80	34.00	40.80	35.92	36.05	0.00	0.00	0.00%
26/03/2017	1.50	3.70	64.00	3.91	4.81	0.00	0.00	0.00%
27/03/2017	12.30	79.40	19.30	83.88	56.38	3.72	153.47	2.42%
28/03/2017	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
29/03/2017	38.20	80.30	58.90	84.83	66.35	7.78	236.71	3.28%
30/03/2017	26.40	9.30	6.80	9.82	14.64	0.00	0.00	0.00%
31/03/2017	14.40	22.60	0.60	23.87	19.35	0.00	0.00	0.00%
1/04/2017	2.70	0.30	0.00	0.32	1.05	0.00	0.00	0.00%
2/04/2017	0.00	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
3/04/2017	14.50	14.40	42.60	15.21	15.28	0.00	0.00	0.00%
4/04/2017	2.10	0.20	36.60	0.21	1.89	0.00	0.00	0.00%
5/04/2017	0.10	0.00	16.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00%
6/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/04/2017	0.00	17.40	6.20	18.38	11.56	0.00	0.00	0.00%
8/04/2017	0.10	7.10	22.40	7.50	5.34	0.00	0.00	0.00%
9/04/2017	2.00	67.40	47.30	71.20	46.12	1.00	177.70	0.56%
10/04/2017	1.20	1.90	23.10	2.01	2.31	0.00	0.00	0.00%
11/04/2017	0.00	0.00	0.80	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
12/04/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/04/2017	0.00	0.20	3.20	0.21	0.23	0.00	0.00	0.00%
14/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/04/2017	3.00	2.80	76.60	2.96	5.07	0.00	0.00	0.00%
19/04/2017	0.30	4.00	7.70	4.23	2.94	0.00	0.00	0.00%
20/04/2017	0.00	0.00	18.20	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00%
21/04/2017	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
22/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
23/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/04/2017	7.10	1.90	23.40	2.01	4.19	0.00	0.00	0.00%
25/04/2017	0.00	0.40	14.40	0.42	0.69	0.00	0.00	0.00%
26/04/2017	1.50	8.80	44.70	9.30	7.57	0.00	0.00	0.00%
27/04/2017	0.00	0.10	0.00	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00%
28/04/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/04/2017	0.00	0.00	0.90	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
30/04/2017	0.00	0.00	2.30	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00%
1/05/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/05/2017	2.70	5.20	13.90	5.49	4.67	0.00	0.00	0.00%
6/05/2017	13.70	18.40	7.10	19.44	16.58	0.00	0.00	0.00%
7/05/2017	0.00	0.00	1.60	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
8/05/2017	0.10	6.50	30.60	6.87	5.20	0.00	0.00	0.00%
9/05/2017	0.80	8.20	115.30	8.66	9.06	0.00	0.00	0.00%
10/05/2017	3.50	1.20	3.60	1.27	2.00	0.00	0.00	0.00%
11/05/2017	0.10	0.00	20.50	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00%
12/05/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/05/2017	0.20	0.00	13.10	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00%
14/05/2017	1.50	1.10	1.80	1.16	1.25	0.00	0.00	0.00%
15/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/05/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/05/2017	0.00	0.80	0.90	0.85	0.55	0.00	0.00	0.00%
21/05/2017	0.00	0.00	2.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00%
22/05/2017	0.00	0.00	2.40	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00%
23/05/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/05/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/05/2017	0.00	0.00	1.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
1/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/06/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
4/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/06/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/06/2017	0.00	0.00	2.80	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00%
8/06/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/06/2017	0.00	0.00	1.80	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
12/06/2017	0.00	0.00	1.20	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00%
13/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/06/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/06/2017	0.00	0.00	1.70	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00%
17/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/06/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/06/2017	0.00	0.00	0.80	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00%
22/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/06/2017	0.00	0.00	1.40	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00%
24/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/07/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/07/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm³]	Qweb [hm³]	%
16/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/07/2017	0.00	0.00	0.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00%
19/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/07/2017	0.00	0.10	0.40	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00%
21/07/2017	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
22/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/07/2017	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00%
25/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
27/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
3/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
4/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
5/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
6/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
8/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
10/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
11/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
13/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
19/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
20/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
21/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
22/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
23/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
24/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
25/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
26/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

**Continuación Tabla 38. Resultados de volumen de ingreso al reservorio.**

Fecha	Lluvia en Estaciones Pluviométricas [mm]				Lluvia en Cuenca La Solana [mm]	Volumen de ingreso al reservorio Poechos		
	LANCONES	ALAMOR	CIRUELO	ARDILLA	P	Hidrograma Unitario [hm <sup>3</sup> ]	Qweb [hm <sup>3</sup> ]	%
27/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
28/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
29/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
30/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
31/08/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%

Fuente: Elaboración propia.

